

Helene Veien

Integrering av klimagassvurderinger og - beregninger knyttet til materialer i tidligfase prosjektering

Med implementering av verktøyet "LCA Design Tool" og skript for etablering av 3D modeller

Masteroppgave i bærekraftig arkitektur

Veileder: Inger Andresen

Medveileder: Catherine Bryhn

September 2023

Helene Veien

Integrering av klimagassvurderinger og - beregninger knyttet til materialer i tidligfase prosjektering

Med implementering av verktøyet "LCA Design Tool"
og skript for etablering av 3D modeller

Masteroppgave i bærekraftig arkitektur
Veileder: Inger Andresen
Medveileder: Catherine Bryhn
September 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for arkitektur og design
Institutt for arkitektur og teknologi



Kunnskap for en bedre verden

SAMMENDRAG

Det er i tidligfasen av byggeprosjekter det største potensiale for klimagassreduksjon fra materialer ligger, men det krever «riktig miljøprosjektering» for å kunne redusere byggets avtrykk. Manglende kunnskap om metoder og verktøy hindrer integrering av klimagassutslipp, da kostnad, tid og kvalitet dominerer. Denne masteroppgaven har derfor utforsket hvordan klimagassvurderinger og -beregninger kan integreres i tidligfasen av norske byggeprosjekter for mer «miljøriktig» prosjektering.

Det unike og innovative ved tilnærmingen i denne oppgaven er bruken av LCA Design Tool og skript for å integrere klimagassberegninger i programmering- og prosjekteringsprosessen. Ved å koble sammen 3D-modeller med en database og benytte LCA Design Tool, vil oppgaven demonstrere en enkel og effektiv metode for å beregne klimagassutslipp og utføre alternativsvurderinger av bæresystemet. Denne tilnærmingen kan bidra til å øke bevisstheten om klimagassutslipp og gi konkrete verktøy for å ta mer miljøvennlige beslutninger i byggeprosjekter.

Masteroppgaven benytter kvalitativ forskningsmetoder. Via casestudiet Sykehuset i Innlandet gjennomføres pilotering av klimagassberegningverktøyet LCA Design Tool og skript oppretting av 3D-modeller. Erfaringsdata innhentes gjennom deltakelse i møter, analyse av prosjektdokumenter, samt dybdeintervju av prosjektressurser.

Resultatene fra casestudie viser blant annet at prosjektledelse bør integrere kvantifiserte klimagassberegninger i planverk og prosesser i et tidlig stadium. Det bør gjerne knyttes modellutviklingsnivå (LOD) og modellmodenhetsindeks (MMI) til aktivitetene i planverket.

Et annet funn er at ved å benytte klimagassverktøy som er fullt integrert i BIM modellen, som LCA Design Tool tillater, kan RIB selv utføre klimagassberegninger som en del av optimaliseringsprosessen av designet. Videre fremkommer det også at BIM-modellen som benyttes for mengdeinput til screening LCA bør ha ett LOD-nivå på 300 for å øke påliteligheten av klimagassberegninger i tidligfase.

Basert på funnene fra de kvalitative studiene ble det utarbeidet prosessdiagrammer. Diagrammene viser hvordan klimagassvurderinger og -beregninger kan integreres i tidligfasen for å legge til rette for «riktig miljøprosjektering», og beskriver hvilke aktiviteter, metoder og verktøy som kreves for å kunne beregne CO₂-utslipp fra materialer på en effektiv måte.

Denne studien argumentere for at prosessdiagrammene er til dels generaliserbare og dermed kan bidra til å øke kunnskapen om bærekraftig prosjektering i byggebransjen, og potensielt påvirke fremtidige praksiser og retningslinjer for å redusere klimagassutslipp fra materialer i byggeprosjekt.

Gjennom drøfting av hovedfunnene i studien kan det dermed konkluderes med at klimagassvurderinger og -beregninger foreslås å integreres i tidligfasen av norske byggeprosjekter for mer «miljøriktig» praksis gjennom:

1. Prosjekt- og miljøledelse som setter klima i høysetet, og integrerer klimaarbeider i planverket.
2. Ansvarliggjøring av designfagene ved kvantifiserte klimagassberegninger.
3. Bruk av LCA-verktøy som har plugin til BIM-modell, og er enkelt å ta i bruk.
4. Å utføre klimagassberegninger først når modeller har LOD 300.
5. Å ha kvantifisert baseline fra referanseprosjekt.
6. Å betrakte fokusmålene i miljøprogrammet som et budsjettmål, det vil si optimalisering av materialvalg knyttet til CO₂-utslipp, og dermed gjennomføre screening LCA i flere iterasjoner i løpet av tidligfasen.
7. Miljøledelsen bør erverve seg kunnskap om faglige prosesser for å kunne følge opp designfagene til riktig tid.

ABSTRACT

It is in the early phase of construction projects that the greatest potential for greenhouse gas reduction from materials exist, but this requires "correct environmental design". Lack of knowledge about methods and tools prevents the integration of greenhouse gas emissions, as cost, time and quality dominate. This master's thesis has therefore explored how greenhouse gas assessments and calculations can be integrated in the early phase of Norwegian construction projects for a more "correct environmentally" design.

The unique and innovative approach in this thesis is the use of the LCA Design Tool and scripts to integrate greenhouse gas calculations into the programming and engineering process. By connecting 3D models with a database and using the LCA Design Tool, the assignment will demonstrate a simple and efficient method for calculating greenhouse gas emissions and perform alternative assessments of the load-bearing system. This approach can help raise awareness of greenhouse gas emissions and provide concrete tools for making more environmentally friendly decisions in construction projects.

The master's thesis uses qualitative research methods. Through the case study Sykehuset Innlandet, piloting of the greenhouse gas calculation tool LCA Design Tool and script creation of 3D models is carried out. Experience data is obtained through participation in meetings, analysis of project documents, as well as interviews of project resources.

The results from the case study show, among other things, that project management should integrate quantified greenhouse gas calculations into plans and processes at an early stage. It should be preferable to link model development level (LOD) and model maturity index (MMI) to the activities in the plans. Another finding is that by using greenhouse gas tools that are fully integrated into the BIM model, which the LCA Design Tool allows. Furthermore, it is also stated that the BIM model used for quantity input to screening LCA should have a LOD level of 300 to increase the reliability of greenhouse gas calculations in the early phase.

Based on the findings process diagrams were prepared. The diagrams show how greenhouse gas assessments and calculations can be integrated in the early phase to facilitate "correct environmental design" in the early phase. They describe the activities, methods and tools required to calculate CO₂ emissions from materials efficiently.

This study argues that the process diagrams are generalizable and thus contribute to increasing knowledge about sustainable engineering in the construction industry, and potentially influence future practices and policies to reduce greenhouse gas emissions from materials in construction projects.

By discussing the main findings of the study, it can thus be concluded that greenhouse gas assessments and calculations are proposed to be integrated in the early phase of Norwegian construction projects for more "correct environmentally" design through:

1. Project and environmental management that puts climate at the forefront and integrates climate work in the planning.
2. Accountability of design disciplines in quantified greenhouse gas calculations.
3. Use of LCA tools that have a plugin to BIM model and are easy to use.
4. To perform greenhouse gas calculations only when models have LOD 300 level.
5. Having quantified baseline from reference project.
6. To regard the focus objectives of the environmental program as a budget target, i.e., optimization of material selection related to CO₂ emissions, and thus carry out screening LCA in several iterations during the early phase.
7. The environmental management should acquire knowledge of professional processes in order to be able to follow up the design disciplines at the right time.

FORORD

Denne masteroppgaven er et avsluttende forskningsprosjekt av et 2-årig masterløp ved fakultetet for arkitektur og design ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet våren 2023. Oppgaven er normert til 30-studiepoeng og er utarbeidet innen hovedemne bærekraftig arkitektur.

Masteroppgaven er utført av M.Sc student Helene Veien med Inger Andresen som intern veileder ved NTNU, og Catherine Bryhn som ekstern veileder hos Arkitema Architects AS. Det gis derfor en takk til Inger for bistand og veiledning knyttet til akademisk skrivning og struktur av masteroppgaven. Likeledes rettes en takk til Catherine Bryhn for å være inkluderende og behjelpelig, samt bistå med sin bærekraft- og arkitekturfaglige kompetanse.

Resultater innhentet gjennom kvalitative forskningsmetoder er produkter av samarbeid med COWI og Arkitema gjennom casestudie Sykehuset i Innlandet. Det rettes derfor en takk til RIB Petter Hveding, for pilotering av LCA Design Tool og prosjektleder Henning Johansen som har gjort det mulig å pilotere og følge Sykehuset i Innlandet som casestudie. I tillegg gis en takk til ARK Nora Bille, samt RIB Kristian Bruaset for å stille sin fagkompetanse til rådighet, samt følge deres faglige prosesser i konseptfasen.

Læringsutbytte av oppgaven har vært betydelig, og det har vært spennende å utforske masteroppgavens tema på flere plan, både når det gjelder ledelse- og designprosesser.

Trondheim, 03.09.23

Helene Veien

INNHOOLD

FIGURER	VII
TABELLER	VIII
1 INTRODUKSJON	3
1.1 PROBLEMSTILLING	5
1.2 FORMÅL OG FORSKNINGSSPØRSMÅL	5
1.3 SAMARBEID MED ARKITEMA ARKITEKTER OG COWI	6
1.4 AVGRENSNINGER	7
1.5 BEGREPSAVKLARING	8
1.6 LESERVEILEDNING	9
2 TEORI	13
2.1 RAMMEVERK FOR NORSKE BYGGEPROSJEKTER.....	13
2.1.1 <i>Steg og leveranser i byggverkets livssyklus</i>	13
2.2 RAMMEVERK FOR NORSKE SYKEHUSPROSJEKTER	16
2.2.1 <i>Tidligfasen</i>	16
2.2.2 <i>Konseptfasen</i>	17
2.3 PROSJEKTERING AV NORSKE SYKEHUSPROSJEKTER	18
2.3.1 <i>Roller og ansvar</i>	18
2.3.2 <i>Ytelsesbeskrivelser</i>	22
2.3.3 <i>Bygningsinformasjonsmodellering</i>	23
2.4 PROSJEKTERING AV BÆRESYSTEMET I KONSEPTFASEN AV NORSKE SYKEHUSPROSJEKTER	25
2.4.1 <i>Ytelser for ARK og RIB</i>	25
2.4.2 <i>Bygningsinformasjonsmodellering for ARK og RIB</i>	26
2.5 RAMMEVERK FOR LIVSLØPSVURDERINGER I NORSKE BYGGEPROSJEKTER.....	29
2.5.1 <i>Livsløpsvurderinger</i>	29
2.5.2 <i>Metode for klimagassberegninger</i>	32
2.5.3 <i>Bygningsinformasjonsmodellering og livsløpsvurderinger</i>	33
2.5.4 <i>Beregningsverktøy</i>	33
2.6 RAMMEVERK FOR KLIMA OG MILJØ I SYKEHUSPROSJEKTER	36
2.7 ARBEID MED KLIMAVURDERINGER- OG BEREGNINGER I KONSEPTFASEN AV NORSKE SYKEHUSPROSJEKTER.....	37
2.7.1 <i>Prosjekt- og miljøledelse</i>	38
2.7.2 <i>Ytelser for RIM</i>	38
2.7.3 <i>ARK og RIB sin påvirkning på CO₂-utslipp fra materialer</i>	38
2.7.4 <i>Livsløpsvurderinger og modellutviklingsnivå</i>	39
3 METODE	43
3.1 CASESTUDIE	43
3.1.1 <i>Om prosjektet - Videreutvikling av Sykehuset Innlandet (VSI)</i>	44
3.1.2 <i>Om prosesser og leveranser i VSI-prosjektet</i>	45
3.1.3 <i>Om bruk av LCA Design Tool i VSI</i>	48
3.2 DELTAKERE	48
3.3 METODER FOR INNHENTING AV DATA	49
3.3.1 <i>Dybdeintervju</i>	49
3.3.2 <i>Dokumentstudie</i>	51
3.3.3 <i>Deltakende observasjon</i>	52
3.3.4 <i>En oppsummering av fremgangsmåte for anvendte metoder</i>	53

4	RESULTATER	57
4.1	PROSESS FOR ARBEID MED KLIMAGASSUTSLIPP OG -BEREGNINGER I KONSEPTFASEN FOR VSI	59
4.2	PROSJEKT- OG MILJØLEDELSE I KONSEPTFASEN VSI	61
4.2.1	<i>Miljøprogram og nedbrytning av delmål.....</i>	61
4.2.2	<i>Retningsvalg, utarbeidelse av miljøoppfølgingsplan og preanalyse BREEAM</i>	62
4.2.3	<i>Kreativ miljøprosess</i>	62
4.2.4	<i>Klimagassberegninger RIM.....</i>	63
4.2.5	<i>Andre betraktninger og funn</i>	64
4.3	ARKITEKTENES PROSESS I KONSEPTFASEN VSI	65
4.3.1	<i>Klimagassvurderinger</i>	66
4.4	RÅDGIVENDE INGENIØR BYGG SIN PROSESS I KONSEPTFASEN VSI	67
4.4.1	<i>Skript for oppretting av 3D-modeller</i>	69
4.4.2	<i>Klimagassberegninger og resultater.....</i>	70
4.4.3	<i>Klimagassvurderinger</i>	71
4.5	LCA DESIGN TOOL	72
4.5.1	<i>Oppsett av materialdatabase.....</i>	73
4.5.2	<i>Tilpasninger av LCA Design Tool til VSI.....</i>	74
4.5.3	<i>Modelleringskikk.....</i>	74
4.5.4	<i>Erfaringer og anbefalinger LCA Design Tool.....</i>	75
4.6	SUKSESSKRITERIER FOR INGEGRERING AV ARBEID MED KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALER I TIDLIGFASE PROSJEKTERING	76
5	DISKUSJON.....	79
5.1	FORSKNINGSSPØRSMÅL 1	79
5.2	FORSKNINGSSPØRSMÅL 2	82
5.3	FORSKNINGSSPØRSMÅL 3	85
5.4	FORSKNINGSSPØRSMÅL 4	87
5.5	FORSKNINGSSPØRSMÅL 5	89
6	KONKLUSJON.....	93
7	VIDERE ARBEIDER	95
	REFERANSER	97
VEDLEGG	105	

FIGURER

FIGUR 1. «RIKTIG» MILJØPROSJEKTERING VERSUS NORMAL PROSJEKTERING. ILLUSTRASJONEN ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (RIF,2022, s.11)	3
FIGUR 2. RAPPORTENS DISPOSISJON.	9
FIGUR 3. RAMMEVERK GJENNOMFØRING AV NORSKE BYGGEPROSJEKTER. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (STANDARD NORGE, 2023B, s. 8).	14
FIGUR 4. STEGENE I BYGGVERKETS LIVSSYKLUS. ILLUSTRASJONEN ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (STANDARD NORGE, 2023B, s. 8). BESKRIVELSEN I FIGUR ER HENTET FRA (STANDARD NORGE, 2023B, s. 10).	14
FIGUR 5. AMMEVERK FOR GJENNOMFØRING AV NORSKE SYKEHUSPROSJEKTER. ILLUSTRASJON UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (SYKEHUSBYGG HF, 2021A, s. 10)	16
FIGUR 6. TIDLIGFASEN I SYKEHUSPROSJEKTER. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (SYKEHUSBYGG HF, 2017, s. 4)	16
FIGUR 7. KONSEPTFASEN I SYKEHUSPROSJEKTER. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (SYKEHUSBYGG HF, 2017, s. 9)	17
FIGUR 8. PROSJEKTEIERSKAP I SYKEHUSPROSJEKTER. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (HELSE SØR-ØST RHF, 2022, s. 5)	19
FIGUR 9. PRODUKTETS LIVSLØP. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (LCA.NO, 2023)	29
FIGUR 10. FIRE FASER I LCA DANNER EN ITERASJON (STANDARD NORGE, 2006, s. 12). ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (STANDARD NORGE, 2006, s. 12).	30
FIGUR 12. ULIKE TYPER LCA. ILLUSTRASJONEN ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (MEEK ET AL., 2018, s. 230) (MEEK, HOLLBERG, KNAPEN, HILDEBRAND, & VERBEECK, 2018, s. 230).	30
FIGUR 11. LCA SOM ITERATIV PROSESS. ILLUSTRASJONEN ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (GANTNER ET AL., 2015, s. 36)(GANTNER, WITTSTOCK, LENZ, FISCHER, & SEDLBAUER, 2015, s. 36).	30
FIGUR 13. LIVSLØPSMODULER (DIBK, 2022, s. 7). ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (DIBK, 2022, s. 7)	32
FIGUR 14. BEREGNING AV KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALE. ILLUSTRASJONEN ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (DIBK, 2022, s. 10)	32
FIGUR 15. PRINSIPP LCA DESIGN TOOL. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV MIKKEL PRINTZ, ARKITEMA	34
FIGUR 16. LCA DESIGN TOOL KAN BENYTTES I FLERE FASER. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ ILLUSTRASJONER FRA MIKKEL PRINTZ, ARKITEMA	35
FIGUR 17. LCA DESIGN TOOL RAPPORTER. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ ILLUSTRASJONER FRA MIKKEL PRINTZ, ARKITEMA.	35
FIGUR 18. BYGGETS FORM PÅVIRKER KLIMAGASSUTSLIPPET. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER.	39
FIGUR 19. KONSEPTFASENS STEG VSI. ILLUSTRASJON UTARBEIDET AV MASTEROPPGAVENS FORFATTER BASERT PÅ (MERCCELL, 2022)	44
FIGUR 20. UTREDNING AV ULIKE ALTERNATIVER FOR BÆRESYSTEMET. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ ILLUSTRASJON FRA MIKKEL PRINTZ, ARKITEMA.	46
FIGUR 21. SKRIPT FOR ETABLERING AV TIDLIGFASE 3D MODELL AV BÆRESYSTEMET. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER.	47
FIGUR 22. KLIMAGASSBEREGNINGER AV BÆRESYSTEMET MED LCA DESIGN TOOL. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ ILLUSTRASJONER FRA MIKKEL PRINTZ, ARKITEMA	47
FIGUR 23. DELTAKERE I FORSKNINGSTUDIET.	48
FIGUR 24. ANVENDTE METODER SATT I SAMMENHENG MED FORSKNINGSPØRSMÅLENE. GULE REKTANGEL VISER HVILKEN METODE SOM ER HOVEDKILDEN TIL KVALITATIV DATAGENERERING. GRØNNE REKTANGEL VISER TIL SUPPLERENDE DATAINNSAMLING.	49
FIGUR 25. DYBDEINTERVJUETS FREMGANGSMÅTE.	50
FIGUR 26. FREMGANGSMÅTE FOR ARBEIDET MED MASTEROPPGAVEN.	53
FIGUR 27. FREMGANGSMÅTE FOR ARBEIDET MED MASTEROPPGAVEN.	53
FIGUR 28. HOVEDPROSESS - ARBEID MED KLIMAGASSVURDERINGER- OG BEREGNINGER I KONSEPTFASEN VSI.	59
FIGUR 29. MILJØLEDELSESAKTIVITETER VSI.	61
FIGUR 30. KREATIV MILJØPROSESS VSI.	62
FIGUR 31. ARK ARBEIDSFlyt VSI. (STØRRELSEN PÅ BOKSENE ER IKKE SAMMENFALLENDE MED LENGDEN PÅ DE ULIKE STEGENE. PROSESSDIAGRAMMET ER MENT FOR Å VISE ARBEIDSFlyTEN, DET VIL SI REKKEFØLGEN OG AVHENGIGHETER.)	65
FIGUR 32. RIB ARBEIDSFlyt VSI. (STØRRELSEN PÅ BOKSENE ER IKKE SAMMENFALLENDE MED LENGDEN PÅ DE ULIKE STEGENE. PROSESSDIAGRAMMET ER MENT FOR Å VISE ARBEIDSFlyTEN, DET VIL SI REKKEFØLGEN OG AVHENGIGHETER.)	67
FIGUR 33. AKTUELLE MATERIALER FOR HOVEDBÆRESYSTEMET.	68
FIGUR 34. SKRIPT FOR OPPRETNING AV 3D-MODELLER.	69

FIGUR 35. KLIMAGASSBEREGNINGER AV HOVEDBÆRESYSTEMET MED LCA DESIGN TOOL	70
FIGUR 36. PROSESSDIAGRAM FOR LCA DESIGN TOOL TIDLIGFASE PROSESS	72
FIGUR 37. OPPRETNING AV MATERIALDATABASE.	73
FIGUR 38. TILPASNINGER AV LCA DESIGN TOOL TIL VSI.	74
FIGUR 39. VIDERE ARBEIDER.	95

TABELLER

TABELL 1. MASTEROPPGAVENS AVGRENSNINGER.	7
TABELL 2. RÅDGIVENDE INGENIØRERS FAGOMRÅDER (RIF, 2023).	21
TABELL 3. MMI-NIVÅER BESKREVET FOR MMI 100-175. ILLUSTRASJON ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (EBA, 2022, s. 5).	24
TABELL 4. OVERORDNEDE LOD-NIVÅER (BIMFORUM, 2021, s. 16).....	24
TABELL 5. ARKITEKTENS YTELSE I KONSEPTFASEN. TABELL ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (ARKITEKTBEDRIFTENE, 2023c)	25
TABELL 6. RÅDGIVENDE INGENIØR BYGG YTELSE I KONSEPTFASEN. TABELL ER UTARBEIDET AV FORFATTER BASERT PÅ (RIF, 2019, s. 10).....	26
TABELL 7. LOD-NIVÅ FOR BÆRESYSTEMETS BYGNINGSDELER. TABELL ER UTARBEIDET BASERT PÅ (MT HØJGAARD, 2016).....	27
TABELL 8. GENERELLE BIM KRAVSPESIFIKASJONER FOR KONSEPTFASEN I SYKEHUSBYGGPROSJEKTER (SYKEHUSBYGG HF, 2019, s. 7).	28
TABELL 9. EN OVERSIKT OVER DOKUMENTER ANALYSERT I FORBINDELSE MED CASESTUDIE.	51
TABELL 10. OVERSIKT OVER DELTAKENDE MØTER.	52
TABELL 11. OBSERVASJONSLISTE FOR MØTEDELTAKELSE.....	52

KAPITTEL 1 INTRODUKSJON

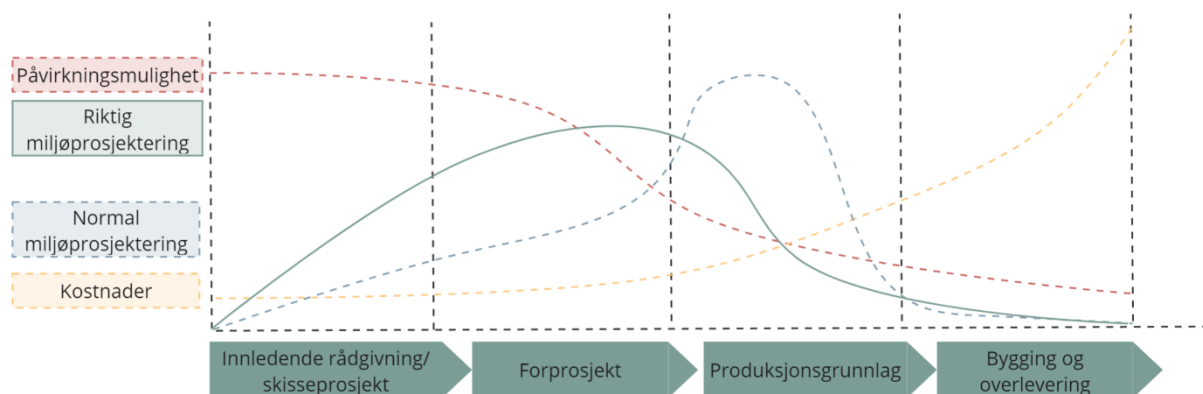
1 INTRODUKSJON

De økende klimaendringene og deres potensielle alvorlige virkninger har fått både nasjonale og internasjonale organisasjoner til å ta fatt i problemet. FN som internasjonal organisasjon har spilt en ledende rolle i å fremme globale tiltak for å begrense klimagassutslipp og bekjempe klimaendringer. Vedtaket av Parisavtalen i 2016 markerer en viktig milepæl i internasjonalt samarbeid, der nesten alle land, forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene sine for å begrense global oppvarming (FN-Sambandet, 2023). Landene skal lage nasjonale planer for hvordan utslippene skal kuttes. For Norge innebærer dette en reduksjon på klimagassutslipp med 50-55% innen 2030 (Regjeringen.no, 2021).

En sektor som påvirkes av dette vedtaket, på grunn av dens betydelige miljøpåvirkning, er byggebransjen (Bygg 21, 2018, s. 8). Klimagassutslippene i sektoren kommer fra inngangsfaktorer som energi, tjenester og materiale, og står ifølge Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg (2022) for 40% av verdens samlede klimagassutslipp (Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg [EBA], 2022, s. 4). Dette tallet forventes å øke med befolkningsveksten og økende urbanisering (Miljødirektoratet, 2023). I den norske bygge- og anleggsektoren utgjør utslippene ifølge Byggenæringens Landsforening (2019) 15,3 %, hvorav byggematerialer står for 54% av utslippene (Byggenæringens Landsforening[BNL], 2019, s. 11). Bygg 21 (2018) presiserer derfor viktigheten av at den norske byggenæringen fokuserer på å få ned utslippene fra materialer (Bygg 21, 2018, s. 8)

En av de største utslippsdriverne fra byggematerialer kommer fra hovedbæresystemet. SINTEF (2016) viser gjennom studier at alternative bærekonstruksjoner kan så mye som halvere klimagassutslippet fra materialer (SINTEF, 2016). For å sikre at miljømålene og kravene skal oppnås forklarer Direktoratet for byggkvalitet (2018) at det er i tidligfase i byggeprosjekter hvor de største mulighetene for reduksjon av klimagassutslipp ligger. Dette skyldes at beslutninger som tas i denne fasen har stor innvirkning på designløsninger, materialvalg og konstruksjonsmetoder (Direktoratet for byggkvalitet[DiBK], 2018, s. 36)

Rådgivende ingeniørers forening (2022) støtter seg på DiBK (2018) og mener at om man skal bygge «miljøriktige» bygg må miljørådgiver og en tverrfaglig prosjektgruppe samarbeide allerede i skisseprosjektet for å finne de mest kritiske faktorene i prosjektet, da det er her påvirkningsmulighetene er størst, se figur 1 (Rådgivende ingeniørers forening[RIF], 2022, s. 11).



Figur 1. «Riktig» miljøprosjektering versus normal prosjektering. Illustrasjonen er utarbeidet av forfatter basert på (RIF,2022, s.11)

Grønn Byggallianse (2020) forklarer at byggebransjens største utfordringer med å få ned utslippet fra materialer, og utøve «riktig miljøprosjektering», er mangel på kunnskap om helhetlig materialkonsepter, metoder og verktøy, samt hva som er lov (Grønn Byggallianse, 2020). Mange aktører i bygge bransjen, inkludert byggherrer, rådgivere og arkitekter, kan ha begrenset bevissthet om betydningen av klimagassutslipp og mangler kunnskap om hvordan man kan kvantifisere og redusere dem (Miljøverndepartementet, 2010). NIBIO (2020) støtter seg på Grønn Byggallianse (2020) og Miljøverndepartementet (2020), og mener at både kompetanse hos miljørådgiver, samt forståelse for andre fag sine arbeider og prosesser er en større barriere enn penger for å få realisert prosjekter (NIBIO, 2020, s. 49). I tillegg fremhever NIBIO (2020) at det er lite utvalg av beregningsverktøy som er enkle nok, og som ser på både hele bygninger og bygningsdeler. Det blir dermed en enda høyere barriere å kvantifisere og redusere utslippene (NIBIO, 2020, s. 63).

Mangelen på insentiver, som karbonprising eller økonomiske fordeler for å redusere klimagassutslipp, gjør det mindre attraktivt for aktørene å prioritere klimagassreduksjon i beslutningsprosessen (NIBIO, 2020, s. 64). En annen utfordring er at byggeprosjekter ofte er drevet av kortsiktige økonomiske mål, der kostnad, tid og kvalitet er de primære fokusområdene. Klimagassutslipp blir ofte betraktet som en lavere prioritet, og integrasjonen av klimagassreduksjon blir dermed mangelfull. Ford et al. (2022) viser at det er en utfordring at dagens byggeprosjekter primært styres etter prosjektriangelet; kostnad, tid og kvalitet. Forfatterne peker dermed på behovet for å revidere det gyldne triangelet til en firkant som inkluderer klimagassutslipp som en av parametrene (Ford et al., 2022, s.443)

Den mangelfulle integrasjon av klimagassutslipp i planverk og tverrfaglige arbeidsprosesser resulterer i at denne viktige dimensjonen ikke blir tilstrekkelig vektlagt i beslutningsprosessen i byggeprosjekter, og dermed fører til normal miljøprosjektering og lavere reduksjon en hva potensiale tilsier (NIBIO, 2020, s. 63).

Myndighetene har nå gitt sektoren ett dytt i riktig retning ved å innføre nye krav til CO₂-utslipp i TEK 17 (Grønn byggallianse, 2023). Det nye kravet gjør at aktørene i byggesektoren må øke sin kompetanse, samt etablerer rutiner for å følge opp kravene (Grønn byggallianse, 2023).

1.1 PROBLEMSTILLING

Litteraturen argumenterer for at det er i tidligfase av byggeprosjekter det finnes størst potensiale for klimagassreduksjon fra materiale (DiBK, 2018, s. 36). Det er funnet studier som viser at for å bygge miljøriktige bygg, så må prosjektet utøve «riktig miljøprosjektering» (RIF, 2022, s. 11). Studier viser også at det er manglende kunnskap om metodikk, verktøy og prosess (NIBIO, 2020, s. 63). Byggeprosjekter har rett og slett utfordringer med å integrere og arbeide med klimagassutslipp i byggeprosjekter fordi det ikke får like mye fokus som kostnad, tid og kvalitet (Ford et al., 2022, s. 443).

Med utgangspunkt i tidligere forskning og manglende kunnskap om metodikk, verktøy og prosess knyttet til klimagassutslipp fra materialer vil denne masteroppgaven undersøke hvordan arbeid med klimagassvurderinger- og beregninger fra materialer kan integreres i tidligfase i norske byggeprosjekter, slik at prosjektene kan utøve «riktig miljøprosjektering».

1.2 FORMÅL OG FORSKNINGSSPØRSMÅL

Formålet med denne masteroppgaven er å øke kunnskapen om hvordan de prosjekterende kan arbeide mer effektivt for å redusere CO₂-utslipp fra materialer i byggeprosjekter. Dette inkluderer metode, verktøy og prosess.

For å nå dette formålet er det nødvendig å operasjonalisere problemstillingen med følgende forskningsspørsmål:

1. Hvordan arbeider aktørene i tidligfasen med klimagassvurderinger- og beregninger knyttet til materialer?
2. Hvilke arbeider må utføres av arkitekter og rådgivende ingeniør bygg for å kunne beregne klimagassutslipp av hovedbæresystemet?
3. Hvordan utføres klimagassberegninger av bæresystemet i tidligfasen?
4. Hvordan kan arbeid med klimagassvurderinger- og beregninger knyttet til materialer integreres i tidligfase prosjektering på en bedre måte enn dagens praksis?

Det første forskningsspørsmålet skal bidra til å forklare hvordan arkitekter, rådgivende ingeniør bygg og miljø, samt miljøledelsen arbeider med klimagassvurderinger- og beregninger i tidligfasen. Spørsmålet skal kartlegge og beskrive hvilke aktiviteter og leveranser som må utføres, samt hvilken avhengighet aktørene har til hverandre. Forskningsspørsmålet skal bidra til en helhetsforståelse av miljøarbeidene i byggeprosjekters tidligfase og synliggjøre samarbeidet mellom aktørene på en overordnet måte.

Det andre forskningsspørsmålet skal bidra til å kartlegge hvilke aktiviteter, prosesser og faglige tilpasninger som gjøres av arkitekter og rådgivende ingeniører bygg for å kunne utføre klimagassberegninger av hovedbæresystemet. Spørsmålet skal også bidra til å forklare arbeidsflyten mellom arkitekter og rådgivende ingeniør bygg ved prosjektering av bæresystem.

Det tredje forskningsspørsmålet skal bidra til å kartlegge arbeidsflyten for hvordan klimagassberegninger av bæresystemet gjennomføres.

Det fjerde forskningsspørsmålet skal bidra til å kartlegge suksesskriterier og hva som må til for integrering av arbeid med klimagassvurderinger – og beregninger i prosjektering på en bedre måte enn dagens praksis.

1.3 SAMARBEID MED ARKITEMA ARKITEKTER OG COWI

Masteroppgaven samarbeidsbedrifter er arkitekt- og rådgiverfirmaene Arkitema og COWI.

COWI og Arkitema er begge internasjonalt rådgivende arkitekt- og byggebedrifter som utarbeider og gjennomfører mange tusen prosjekter verden over. Totalt har COWI 6900 ansatte, hvor 1700 er ansatt i Norge (COWI, 2023a). I 2018 inngikk COWI en avtale med Arkitema om at arkitektbedriften skulle tilegnes COWI for et tettere samarbeid. Arkitektbedriften har sin base i Skandinavia og har totalt 550 ansatte, hvorav 85 er ansatt i Norge (COWI, 2018). Arkitema tilbyr tjenester som urbanplanlegging, infrastruktur og arkitekturtjenester. COWI kan stille med infrastruktur-, miljø-, vann-, energi-, industri-, arkitektur- og planleggingstjenester. Sammen tilbyr firmaene komplette prosjekteringstjenester.

Bedriften beskriver følgende på sine hjemmesider: «sammen med kunder og borgere skaper COWI og Arkitema bærekraftig samfunn» (Arkitema, 2023a). Arkitema og COWI har høye bærekraftige ambisjoner. Det kommer tydelig frem gjennom deres visjoner. Arkitema strukturer sine tiltak i fire hovedspor basert på FNs bærekraftsmål, hvor en av dem er redusert utslipp av karbondioksid gjennom å fokusere på valg av materialer (Arkitema, 2023b). COWI sin visjon er «Togheter, we shape sustainable and livable world». De tar også klimautfordringen på alvor og har utviklet en felles strategi med Arkitema, FUTURE-NOW. Denne innebærer at alle prosjekter innen tre til fem år skal sette seg bærekraftige mål som de skal jobbe mot (COWI, 2023b).

Bakgrunnen for samarbeidet kommer av to behov. Det første behovet er at COWI arbeider i skrivende stund med å etablere gjennomføringsmodell for bygninger. Denne gjennomføringsmodellen skal beskrive hvordan COWI gjennomfører byggeprosjekter. Modellen skal baseres på *NS3467:2023 Steg og leveranser i byggverkets livssyklus*, og skal synliggjøre hvordan firmaet arbeider med bærekraft gjennom byggeprosjekter. Modellen skal beskrive de tverrgående prosessene som viser hvordan prosjekteringsfagene er avhengig av hverandre. Den skal også beskrive de fagvise prosessene, samt deres ytelser og leveranser. Ved utarbeidelse av modellen skal det tas utgangspunkt i beste praksis prosjekter. Utfordringen er at det for tidligfase finnes lite med dokumentasjon av tverrgående prosesser i tidligfase av prosjekter. Det finnes også lite dokumentasjon på hvordan fagene arbeider med bærekraft knyttet til deres ytelser og leveranser. Dette kommer av årsaker som at tidligfase er kompleks del av prosjektet. (H. Hanssen, personlig kommunikasjon, 15. November 2022).

COWI har i den forbindelse ytret et ønske om å lage prosessdiagram for tidligfase som også integrerer bærekraftsarbeider. Forskningsspørsmålene i denne masteroppgaven er derfor utformet på en slik måte at COWI kan dra nytte av resultatene som innspill til gjennomføringsmodellen.

Den andre årsaken kommer at Arkitema og COWI lenge har ytret et behov om å benytte eget utviklet klimagassberegningsverktøy i tidligfase i et norsk byggeprosjekt. Dette verktøyet er utviklet av Arkitema og COWI i Danmark, og er designet for å måle klimagassutslipp for å understøtte prosjektering og beslutningsprosesser. Verktøyet er lansert i Sverige og Danmark, men aldri benyttet i Norske prosjekter. Det er derfor et behov for å pilotere, dokumentere og analysere piloteringen av verktøyet i et norsk prosjekt (E. Rigstad, personlig kommunikasjon, 04. Januar 2023).

På bakgrunn av dette stilles det derfor stilles et femte forskningsspørsmål. Dette lyder som følger:

5. Hvilke erfaringer og anbefalinger kan dokumenteres gjennom bruk av verktøyet LCA Design Tool ved klimagassberegninger av bæresystemet?

Forskningsspørsmålet har som hensikt å bidra til å piloteringen gjennom å fasilitere, gjennomføre, kartlegge, analysere og anbefale for å veilede fremtidig bruk av verktøyet.

1.4 AVGRENSNINGER

Byggeprosjekter er komplekse av flere grunner. Det omfatter utførelse av mange ulike operasjoner som krever ulik kompetanse. Oppgaven har derfor sine begrensninger. Disse er beskrevet i tabell 1.

Tabell 1. Masteroppgavens avgrensninger.

Omfang	Avgrensning
Næring	Norsk bygg , anlegg og eiendomsnæring (BAE), nærmere bestemt bygninger
Type bygg	Sykehusbygg > 500 millioner
Bygningsdel	Bærende konstruksjoner for hovedbæresystemet, herunder bygningsdel 21-29
Steg i byggverkets livssyklus	Tidligfase steg 3 og 4 ihht NS3467:2023 - Steg og leveranser i byggverkets livssyklus, nærmere bestemt konseptfase ihht veileder for tidligfasen i sykehusprosjekter
Prosesser i byggerkets livssyklus	- Ledelsesprosesser, nærmere bestemt bærekraft og BIM - Byggprosess, nærmere bestemt prosesser, aktiviteter og leveranser knyttet til klimagassiltak, vurderinger og beregninger iforbindelse med å redusere utslipp fra byggemateriale
Perspektiv	Utøvende perspektiv, nærmere bestemt aktører som styrer og utfører oppgavene som inngår i prosjektering
Aktører	ARK/RI-gruppens PL, ML, ARK, RIB og RIM
Livsløpsvurderinger	Klimagassvurderinger og -beregninger knyttet til CO ₂ -utslipp fra materialer
Verktøy	LCA Design Tool

Oppgaven avgrenses til prosjektering i konseptfase av norske sykehusbyggprosjekter, og undersøker klimagassvurderinger og -beregninger knyttet til CO₂-utslipp fra materiale. Oppgaven vil ikke inkludere andre aspekter av bygningsdeler enn hovedbæresystemet eller andre kilder til klimagassutslipp som for eksempel transport og energi.

Oppgaven tar for seg det utøvende perspektivet, og vil ikke fokusere på detaljert prosjektledelse, men heller på miljøledelse og integrasjonen av miljøledelse som en naturlig del av prosjektledelse. Oppgaven vil også fokusere på arkitekt- og rådgivende ingeniører byggeteknikk- og miljøfaglige ytelser og leveranser. Andre fagområder kan nevnes for kontekst og helhetsforståelse.

Oppgaven tar ikke for seg alle LCA-verktøy, men avgrenses til kun ett verktøy; LCA Design Tool.

Disse avgrensningene vil bidra til å sikre et tydelig og håndterbart omfang for oppgaven og fokusere på de spesifikke aspektene ved undersøkelse av integrasjonen av arbeid med klimagassvurderinger og -beregninger i tidligfase prosjektering.

Selv om oppgaven har sine begrensninger er det viktig å presisere at det tidvis presenteres kontekst for helhetsforståelse.

1.5 BEGREPSAVKLARING

I masteroppgaven er det benyttet en rekke begreper, disse er hovedsakelig beskrevet gjennom det teoretiske rammeverket i masteroppgaven. Noen begreper er likevel nyttig å beskrive innledningsvis.

Hovedbæresystemet benyttes som en samlebetegnelse for bygningskroppens statiske system. Dette innebefatter alle bygningselementer som har en bærende og stabiliserende funksjon, det vil si evnen til å bære eller å overføre krefter til grunnen (RIF, 2019, s. 9)

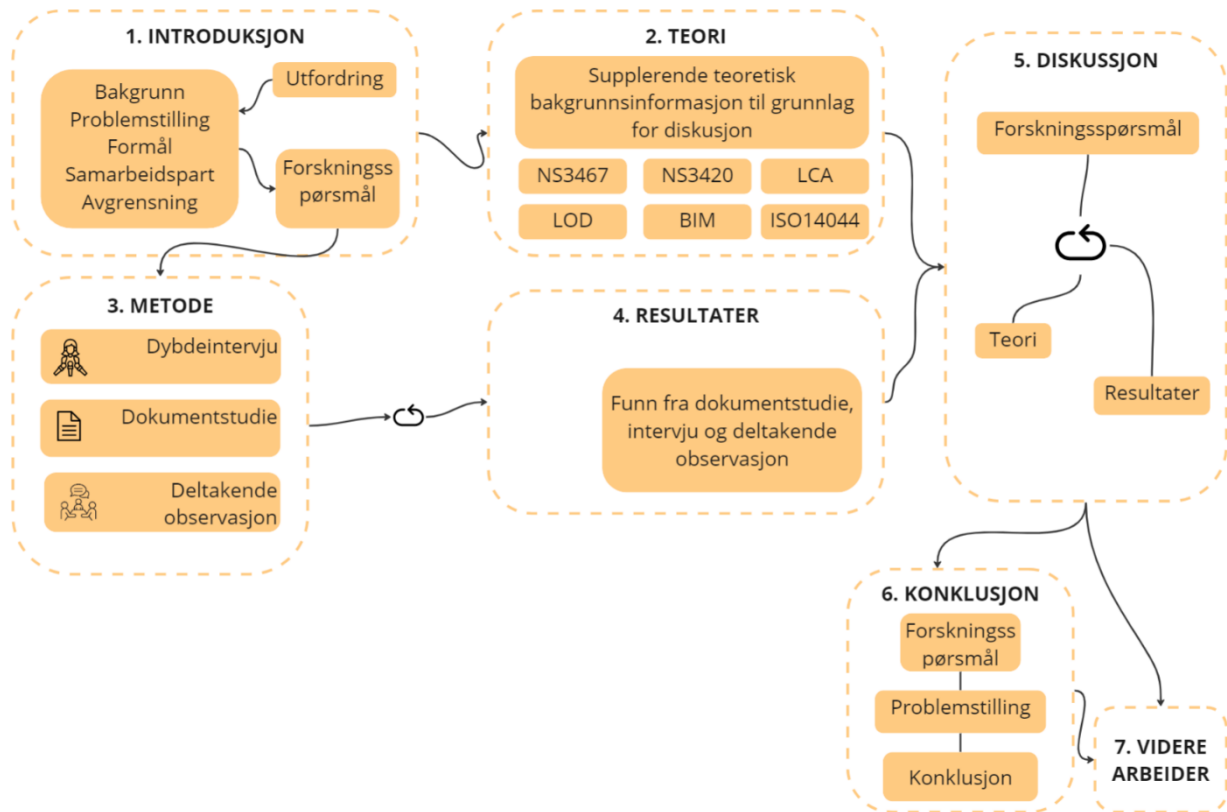
Klimagassbudsjett er et begrep som tas i bruk av direktoratet for byggkvalitet i TEK 17. Direktoratet for byggkvalitet (2023) omtaler klimagassbudsjett som tidlig utarbeidet klimagassregnskap som benyttes aktivt i prosjektering for å redusere klimagassutslippene. Klimagassbudsjett er dermed ment til å følge prosjektet gjennom alle faser og bidrar til å operasjonalisere prosessen med å redusere utslipp (DiBK, 2023a).

Klimagassvurdering er et begrep som benyttes uten at det nødvendigvis utføres livløpsvurderinger med klimagassberegninger. Begrepet er benyttet for å illustrere at det gjøres en rekke vurderinger uten dokumentert utslipp.

«Riktig miljøprosjektering» er en praksis som har til hensikt å fremme gode valg til å øke miljøytelsen i prosjektering av bygg. Praksisen skal engasjere prosjekteringsgruppen til å designe prosjektforslag med miljøfokus, slik at hele teamet er involvert til å tenke på miljø i tidligfase prosjektering (Byggemiljø, 2010, s. 41).

1.6 LESERVEILEDNING

Masteroppgaven er strukturert og utformet i samsvar med NTNU sine retningslinjer til akademisk skriving. Den bygger på de karakteristiske trekkene til en akademisk tekst, og er designet for å sikre en logisk oppbygning tilnærming til presentasjon av forskningsresultater. Målet er å hjelpe leseren å forstå tankegangen og se tydelige sammenhenger mellom de ulike delkapitlene i oppgaven. En illustrasjon av rapportens struktur er gitt i figur 2.



Figur 2. Rapportens disposisjon.

Figuren viser at introduksjonen vil gi leseren en oversikt over bakgrunnen for studiet, problemstillingen, formålet og relevansen av forskningen. Deretter får leser innsikt i det teoretiske rammeverk, som består av de to hovedtemaene for oppgaven; prosjektering og LCA. Videre presenteres metodekapittelet. Her beskrives hvordan empirisk data er innsamlet, samt hvilket casestudie masteroppgaven følger.

Etter anvendte metoder er presentert får leseren innblikk i resultatene og hovedfunnene fra datainnsamlingen. Disse resultatene drøftes så i lys av forskningsspørsmålene og det teoretiske rammeverket. Før masteroppgaven avrundes med en konklusjon og forslag til videre arbeider.

KAPITTEL 2 TEORI

2 TEORI

Dette kapittelet vil ta for seg det teoretiske rammeverket for å understøtte hypoteser. Kapittelet er inndelt i to hovedbolker som hver for seg starter ut bredt, for at leser skal få kontekst og helhetsforståelse. Emnene i hovedbolkene spisser seg mer og mer mot oppgavens problemstilling og forsknings spørsmål.

I første bolk tar oppgaven for seg rammeverket for hvordan norske byggeprosjekter gjennomføres og inndeles. Dette er for å gi leser ett fundament for og knagger å hekte etterfølgende teori på. Etter det generelle rammeverket er presentert vil oppgaven ta for seg hvordan Sykehusbyggprosjekter gjennomføres. Videre får leserne et innblikk i roller, ansvar, ytelse og hvordan BIM benyttes i prosjektering i Sykehusbyggprosjekter. Til slutt vil oppgaven spisses enda mer og ta for seg prosjektering i konseptfasen i norske sykehusbyggprosjekter, herunder prosjekt- og miljøledelse arbeider, ARK, RIB og RIM ytelse i konseptfasen, samt BIM kravspesifikasjoner i sykehusbyggprosjekter.

I den andre bolken legges rammeverket for klimagassvurderinger- og beregninger i norske byggeprosjekter frem. Det er her leseren blir kjent med klimaaspektet. Delkapittelet tar for seg livsløpsvurderinger, norske miljøkrav, beregningsmetoder og retningslinjer. Ulike klimaberegningsverktøy presenteres også. Videre spisses emnet og rammeverket for klima og miljø i norske sykehusprosjekter presenteres. Her får leser innblikk i krav til miljøledelsen i sykehusprosjekter, samt retningslinjer for hvilke hovedleveranser som skal inngå i konseptfasen.

Etter disse to hovedbolkene er presentert vil kapitlet avslutte med å sette emnene i sammenheng, og ta for seg integrasjon av klimagassvurderinger og -beregninger i prosjektering.

2.1 RAMMEVERK FOR NORSKE BYGGEPROSJEKTER

Ifølge Bygg 21 er Norges bygg-, anlegg- og eiendomsbransje (BAE) en svært fragmentert sektor. Med dette så mener foretaket at det er utallige involverte parter som skal samarbeide om å utarbeide ett produkt, og at dette kan gjennomføres på utafattelig mange forskjellige måter. Aktørene som er involvert i byggeprosjekter ønsker ofte å kun ivareta sine premisser, noe som gjerne fører til at de jobber hver for seg, og ikke samarbeider om å skape verdi for prosjektet (Bygg 21, 2016).

ProsjektNorge (2023) viser til at i prosjekter hvor aktørene samarbeider om verdiskaping, og har felles referanserammer som terminologi og rollebeskrivelser, fører dette til bedre kvalitet på byggene, samt lavere prosjektkostnader. Derfor er det vesentlig at det benyttes et standardisert rammeverk for prosjektgjennomføringen (ProsjektNorge, 2023)

I tillegg til ett standardisert rammeverk for gjennomføring av byggeprosjekter, er det også vesentlig med rammeverk for byggverkets inndeling slik at BAE-sektoren har ett felles klassifikasjonssystem som kan benyttes i sammenheng med identifikasjon, bygningsinformasjonsmodellering, bygningsfunksjon, byggebeskrivelser, livsløpsanalyser, med mer (Standard Norge, 2022, s. vi).

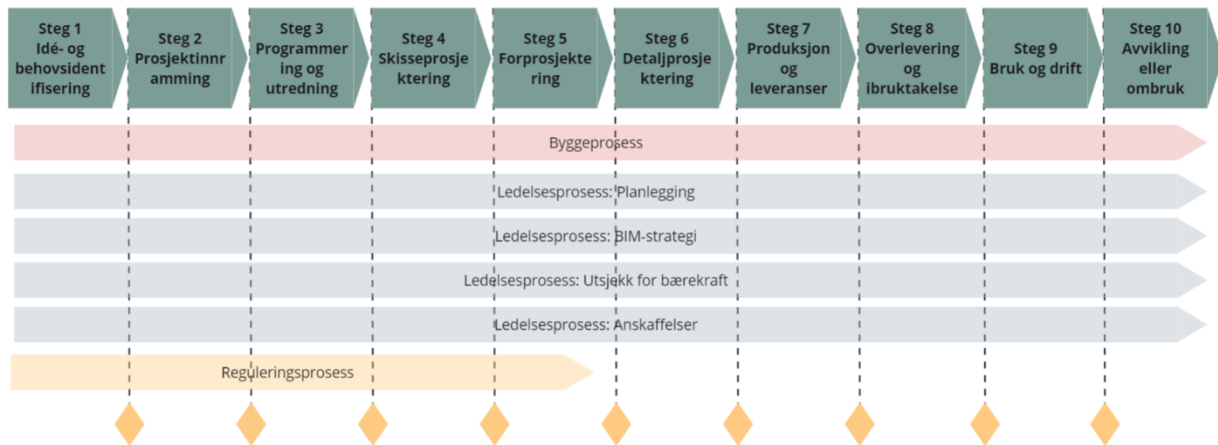
2.1.1 STEG OG LEVERANSER I BYGGVERKETS LIVSSYKLUS

I 2023 lanserte Standard Norge et rammeverk som beskriver steg og leveranser i byggverkets livsløp, *NS3467:2023 – Steg og leveranser i byggverkets livsløp*. Denne standarden har sitt utgangspunkt i Bygg 21 sin fasenorm «Neste steg», og er utarbeidet i samarbeid med ressurser fra blant annet arkitektbedriftene, rådgivende ingeniørers forening – RIF, NTNU, Sykehusbygg, buildingSMART Norge, m. fler (Standard Norge, 2023a).

Standarden gjelder for alle type bygninger i norske byggeprosjekter fra små til store og komplekse, og er ment som en uavhengig gjennomføringsmodell som gir anbefalinger om hvilke leveranser som ligger til grunn for en beslutning, og dermed fremdrift og videreføring av stegene i prosessen. I tillegg beskriver den ulike perspektiver og interesser som må ivaretas i prosjektgjennomføringen (Standard Norge, 2023a).

Hensikten med denne veilederen er blant annet å øke forståelsen for grensesnitt, leveranser og beslutninger slik at informasjonsflyten mellom aktørene bedres, risiko- og konfliktnivå senkes, aktørene kommer inn i prosjektet til riktig tid slik at også deres leveranse blir levert til riktig tid, samt at beslutninger fattes på riktig grunnlag til riktig tid. Rammeverket gir dermed større forutsigbarhet. Et annet viktig aspekt rammeverket er ment å veilede er hvordan bærekrafts krav kan innarbeides i prosesser fra prosjektets oppstart.

Rammeverket og gjennomføringsmodellen er skissert under i figur 3, og omtaler 10 steg som innebærer hovedsakelig tre prosesser; bygge-, ledelses- og reguleringsprosessen. De gulmarkerte diamantene viser til at mellom hvert steg skal det fattes en beslutning om stans eller videreføring av prosjektet, resultatet fra foregående fase er inputen til den neste. (Standard Norge, 2023b, s. 7).



Figur 3. Rammeverk gjennomføring av norske byggeprosjekter. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på (Standard Norge, 2023b, s. 8)

2.1.1.1 STEGENE

For å sikre en forståelse av helheten gis det en kortfattet beskrivelse av stegene og stegenes formål. Denne beskrivelsen er samlet i figur 4.



Figur 4. Stegene i byggverkets livssyklus. Illustrasjonen er utarbeidet av forfatter basert på (Standard Norge, 2023b, s. 8). Beskrivelsen i figur er hentet fra (Standard Norge, 2023b, s. 10)

2.1.1.2 PROSESSER

Prosessene i rammeverket som Standard Norge har utarbeidet er som nevnt bygge- ledelse og reguleringsprosessen.

Byggprosessen handler overordnet om et behov for et fysisk byggverk som deretter må planlegges, prosjekteres, oppføres, brukes og avvikles (Standard Norge, 2023b, s. 7) . Dette innebærer at prosessen har aktiviteter i alle 10 stegene i byggverkets livssyklus. Dette kan være aktiviteter som for eksempel arbeidsprosesser knyttet til funksjonsløsninger og form av bygget. Aktiviteter som er en del av steg 4, skisseprosjektet (Standard Norge, 2023b, s. 19).

Ledelsesprosessene omhandler overordnet styring for å ivareta de strategiske rammene i byggeprosjektet slik at en leder prosjekt frem til beslutningsportene, det vil si de gule diamantene i figur 4. (Standard Norge, 2023b, s. 3). Dette innebærer planlegging, koordinering og styring av aktiviteter som må utføres profesjonelt for å gjennomføre bygg- og reguleringsprosessene på en optimal måte. Som byggeprosessen har ledelsesprosessene derfor aktiviteter i alle 10 stegene av byggverkets livssyklus (Standard Norge, 2023b, s. 7) . Ledelsesprosessene er såpass sentrale i gjennomføringen av byggeprosjekter, at Standard Norge (2023) har delt inn prosessene i fire hovedbolker. Disse er planlegging, BIM- strategi, bærekraft og anskaffelser, se figur 3 (Standard Norge, 2023b, s. 8).

Planlegging i innebærer å definere mål, oppgaver, tidsrammer og ressursbehov for et prosjekt. Dette inkluderer også identifisering av risikoer og utvikling av strategier for å håndtere dem. (Standard Norge, 2023b, s. 8).

BIM- strategi omhandler for ledelsen å lage retningslinjer for den digitale samhandlingen i byggeprosjektet gjennom byggverkets livssyklus. BIM står for bygningsinformasjonsmodellering, og er både en del av bygge- og ledelsesprosessen da dette er en særs viktig informasjonsbærer slik byggeprosjekter gjennomføres i dag (Standard Norge, 2023b, s. 8).

Bærekraftarbeider er også en del av bygge- og ledelsesprosessen, men selve tiltakene er plassert under ledelsesprosesser slik at aktivitetene i byggeprosessen får riktig fokus. Tiltakene er inndelt i økonomisk, sosial og klima og miljømessig bærekraft. Dette er tiltak som for eksempel er knyttet til å redusere utslipp ved miljøriktig materialvalg (Standard Norge, 2023b, s. 8).

Anskaffelsesprosess omhandler gjennomføring av offentlige anskaffelse i henhold til Direktoratet for forvaltning og økonomistyring sin anskaffelsesprosess. Dette innebærer avklaring av behov og forberedelse for konkurransen som å lage kontraktsstrategi, konkurransegjennomføring som å velge tilbud og inngå avtale, samt kontraktsoppfølging som innebærer blant annet kontraktsforvaltning (Direktoratet for forvaltning og økonomistyring [DFØ], 2023).

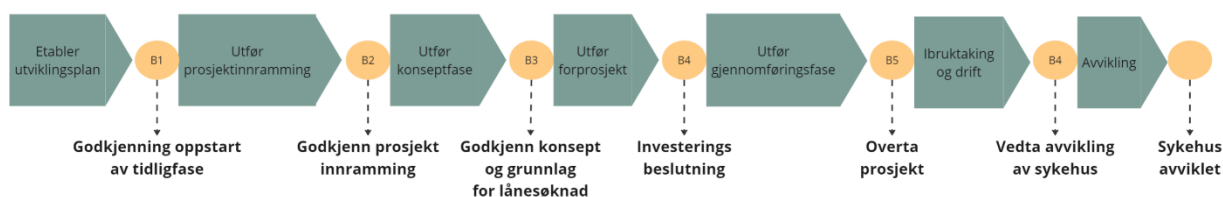
Reguleringsprosessen er i grunn en del av byggeprosessen, men er skilt ut som en egen prosess på grunn av at den norske plan- og bygningsloven legger føringer for hva som er lov å gjennomføre av tiltak i byggeprosessen. Prosessen er med andre ord veldig kritisk for fremgang og videreføring av arbeider i byggeprosjektet (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2008)

2.2 RAMMEVERK FOR NORSKE SYKEHUSPROSJEKTER

Sykehusbygg HF er en av aktørene som har vært med på å utarbeide NS3467, og har blant annet medvirket gjennom sin tidligfase veileder for sykehusprosjekter.

Sykehusbygg HF ble etablert i 2014, med eierskap fra helseregionene. Foretaket ble stiftet for å sikre «et kompetansemiljø for sykehusplanlegging- og bygging på høyt internasjonalt nivå» (Sykehusbygg HF, 2023). Foretaket benyttes som ressursleverandør for sykehuseiere i alle byggeprosjekter over 500 millioner. De utvikler, planlegger og gjennomfører byggeprosjekter på vegne av helseregionene.

Sykehusbygg HF har laget sin egen prosjektmodell som skal sikre kvalitet, forutsigbarhet og en mest mulig standardisert prosjektgjennomføring av sykehusprosjekter. Denne gjennomføringsmodellen er illustrert i figur 5.



Figur 5. ammeverk for gjennomføring av norske sykehusprosjekter. Illustrasjon utarbeidet av forfatter basert på (Sykehusbygg HF, 2021a, s. 10)

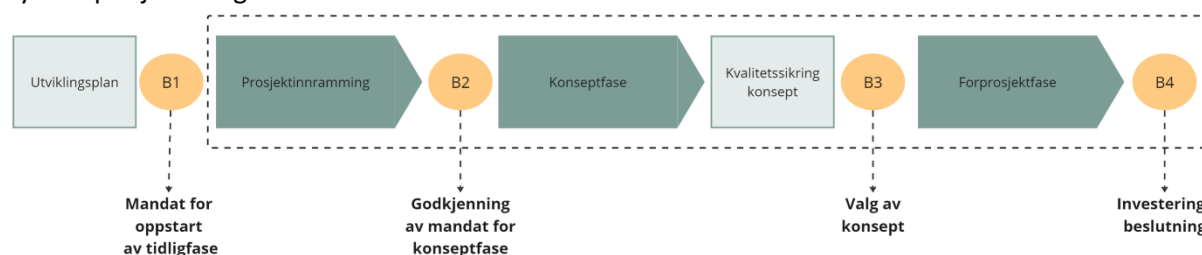
Prosjektmodellen viser i hovedsak 7 overordnede faser, med etterfølgende beslutningspunkter hvor beslutning om prosjektet videreføres til neste fase eller ikke illustreres som gule sirkler.

Sykehusbygg HF har også, på vegne av nasjonale helsemyndigheter, utarbeidet en rekke veiledere som skal bidra i prosjektgjennomføringen og sykehusplanleggingen, slik at en «bygger riktig sykehusbygg riktig». Å bygge riktig sykehusbygg riktig innebærer å oppføre bygget riktig, samt å levere et sykehus som blant annet understøtter god drift og god logistikk. Veileder for tidligfasen i sykehusbyggprosjekter er en av dem (Sykehusbygg HF, 2018, s. 9).

2.2.1 TIDLIGFASEN

Veilederen for tidligfasen i sykehusbyggprosjekter har som formål å kunne velge «riktig sykehusprosjekt» i samsvar med helseforetakets strategi og sørge for en vellykket prosjektgjennomføring av sykehusprosjekter. Veileder fungerer som en retningsveileder på hvordan byggeprosjekter i helseforetakenes regi bør utføres, og fokuserer på å velge riktig bygningsmessige konsepter. (Sykehusbygg HF, 2017, ss. 4-5).

Tidligfasen i henhold til NS3467 strekker seg fra steg 1, idé- og behovsidentifisering, til og med steg 4, forprosjektet. Ifølge tidligfaseveilederen for sykehusbygg avgrenses tidligfasen seg fra et behov er definert i utviklingsplanen til og med levert forprosjekt. Dette er altså i tråd med NS3467 sin definisjon, men veilederen fra Sykehusbygg HF (2017) opptrer med andre begreper som utviklingsplan og konseptfase, se illustrasjon på fasene i tidligfasen av sykehusprosjekter i figur 6.



Figur 6. Tidligfasen i sykehusprosjekter. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på (Sykehusbygg HF, 2017, s. 4)

Tidligfasen er markert med stiplet linje, og innebefatter prosjektinnramming, konseptfase og forprosjektfase. Imellom fasene ligger såkalte beslutningspunkter som illustrerer beslutning om videreføring av prosjektet eller ikke.

I prosjektinnramming skal det utarbeides styringsdokument for prosjektet som rammebetingelser for prosjektet, og som beslutningsgrunnlag for godkjenning av mandat for konseptfase, beslutningspunkt B2. Fasen skal bygge på utviklingsplanen, regional, nasjonal helse- og sykehusplan, samt miljø- og klimakrav, - og skal avklare en rekke spørsmål som for eksempel hvilke økonomiske rammebetingelser skal foreligge, innebærer tiltaket valg av lokalisering? I så fall skal lokaliseringen være avklart før neste fase, og er det andre prosjekter på å ta hensyn til? Det skal også utarbeides kriterier som grunnlag for alternativs vurderinger som gjennomføres i neste fase. Noen av disse kriteriene er byggets kvalitet, fleksibilitet og elastitet, samt bærekraft i form av ytre miljø, energibehov og CO₂-utslipp (Sykehusbygg HF, 2017, ss. 13-14).

Formålet med neste fase, konseptfasen er å lage beslutningsunderlag som gir sikkerhet for valg av riktig konsept og det alternativet som på best måte oppfyller målene som er fastlagt i styringsdokumentet som input til fasen fra prosjektinnrammingen. Når beslutningsunderlaget er utarbeidet skal det til ekstern kvalitetssikring før styringsgruppen i beslutningspunkt 3 velger å videreføre prosjektet eller ikke (Sykehusbygg HF, 2017, s. 18).

Siste fase i tidligfasen er forprosjektfasen. Forprosjektfasen formål er å detaljere det valgte konseptet slik at det danner godt nok underlag for beslutning og gjennomføring av investeringstiltaket. Leveransene som skal sammenfattes i et forprosjekt er en forprosjektrapport med kalkyle, prosjektkrav, romfunksjonsprogram, brutto-netto utstyrsprogram, modeller på romnivå som er beriket med bygningsmessige og tekniske løsninger, samt overordnet IKT program (Sykehusbygg HF, 2017, s. 18).

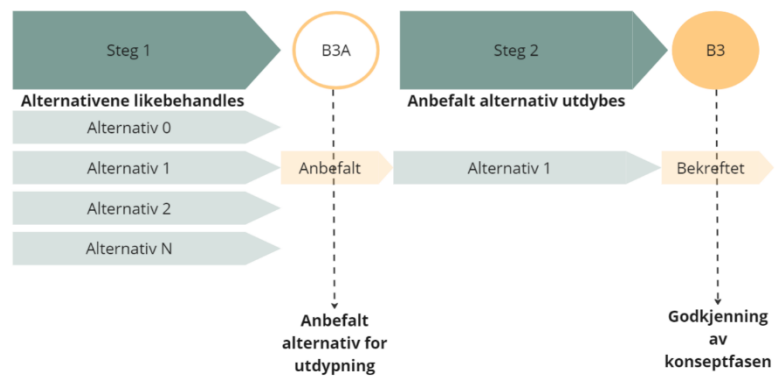
2.2.2 KONSEPTFASEN

Konseptfasen er tidligfase veileder for sykehusbyggprosjekter ytterligere delt inn i to steg, se illustrasjon i figur 7. I steg 1 utredes alternativs løsninger og -konsepter basert på ett hovedprogram. I steg 1 benyttes plan og designkonkurranser. En

prosjekteringsgruppe tiltransporteres deretter prosjektet for å bistå helseforetaket som prosjekteier med å klargjøre premissene i

hovedprogrammet. Dette inkluderer detaljerte beskrivelser av hva virksomheten omfatter, størrelsesmål, funksjonelle aspekter og tekniske spesifikasjoner for bygninger, teknikk og utstyr. (Sykehusbygg HF, 2017, s. 18).

Basert på dette hovedprogrammet starter prosjektgruppen å utarbeide alternativkonsepter. Konseptene som skal utarbeides er ett null alternativ med øvrige sammenlignbare alternativer. Et null alternativ fungerer som et referansepunkt, og tar utgangspunkt i dagens løsning. Med utgangspunkt i hovedprogrammet utarbeider prosjektgruppen alternative løsninger i form av fysiske løsninger. Før det i beslutningspunkt B3A godkjennes ett bygningsmessig hovedalternativ som skal utredes og detaljeres i steg 2 av konseptfasen (Sykehusbygg HF, 2017, s. 20).



Figur 7. Konseptfasen i sykehusprosjekter. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på (Sykehusbygg HF, 2017, s. 9)

Hovedalternativet skal utredes med hovedprogram, skisser, modeller, beskrivelser og kalkyler for å kunne estimere bruttoareal, prosjekt-, bygge- og driftskostnader. Utredningene sammenfattes i en konseptrapport, sammen med en ekstern kvalitetssikring, og danner hovedleveransen i konseptfasen og beslutningsunderlag for valg av konsept, grunnlag for lånesøknad og videreføring av prosjektet til forprosjektfasen (Sykehusbygg HF, 2017, s. 21).

2.3 PROSJEKTERING AV NORSKE SYKEHUSPROSJEKTER

Begrepet prosjektering endrer seg mye, men ifølge *Entrepriseadvokater.no* (2022) som tar utgangspunkt i det rettslige grunnlaget (plan- og bygningsloven, TEK 17, byggesaksforskriften) for hva som innebæffettes i begrepet kan man ta utgangspunkt i at prosjektering er planlegging for «å kunne gjennomføre rasjonelt, forsvarlig og på en slik måte at alle krav til byggeprosessen og ønsket resultat oppnås» (*Entrepriseadvokater.no*, 2022).

Minimums kravene i et byggverk må har for å kunne oppføres lovlig i Norge fremkommer i TEK 17, byggt teknisk forskrift (DiBK, 2017). Hvilke planleggingsaktiviteter, eller prosjekteringsoppgaver som skal gjennomføres i norske byggeprosjekter for å tilfredsstille kravene er generelt og overordnet beskrevet i NS3467. For en mer utdypende beskrivelse henvises det til *NS3418:2023 -Konkurransgrunnlag med ytelsesbeskrivelser for prosjekterings- og rådgivningsoppdrag* (Standard Norge, 2023b, s. 19). Det presiseres også at NS3467 ikke beskriver fagspesifikke aktiviteter, roller eller ansvar (Standard Norge, 2023b, s. 8). I påfølgende delkapitler vil derfor rollene som bistår i prosjektering av byggeprosjekter beskrives. I tillegg vil deres ansvar, ytelser og leveranser presenteres.

For å kunne prosjektere eller planlegge rasjonelt brukes det i de aller fleste store byggeprosjekter i dag BIM. BIM bedrer effektiviteten i samhandling og enklere gjør kommunikasjonen i prosjektet. I tillegg blir det færre feil og reduserte prosjektkostnader (Standard Norge, 2023).

I sykehusprosjekter skal utøvende strukturere arbeidsprosesser og kommunikasjonslinjer slik at det tilpasses bruk av BIM. I henhold til Sykehusbygg HF (2019) sin BIM kravspesifikasjon skal modellen være sentral i all prosjektering av byggverket (Sykehusbygg HF, 2019). Av den grunn tar også dette kapitlet for seg bruken av BIM i prosjektering.

2.3.1 ROLLER OG ANSVAR

Rollene i byggeprosjekter er avhengig av hvordan prosjektet er organisert, størrelsen på prosjektet, hvilken gjennomføringsmodell, altså entrepriseform, som velges og i hvilket steg av byggverkets livssyklus en befinner seg i. Hvordan en organiserer byggeprosjekter er viktig for at beslutninger tas på riktig grunnlag, og at aktører kommer inn tidlig nok i prosessen til å kunne bistå med sine leveranser og kompetanse. Aktørene i byggeprosjektene har dog ikke bare ansvar for sine leveranser, men de skal også forstå grensesnittene, og andre rollers ansvar i byggverkets livssyklus (DFØ, 2023).

Rollene som finnes og er involvert i prosjektering av de fleste sykehusprosjekter, og byggeprosjekter uavhengig av kompleksitet, gjennomføringsmodell og fase er:

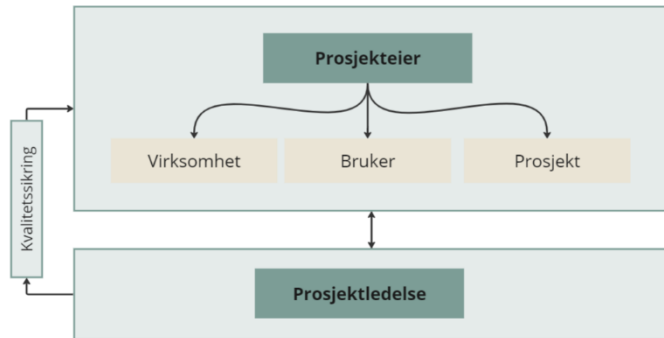
2.3.1.1 BYGGHERRENS ROLLER

Byggherreforskriftens §4 beskriver byggherre som «enhver fysisk eller juridisk person som får utført et bygge- eller anleggsarbeid» (Arbeidstilsynet, 2021) Byggherren er altså den som eier eiendommen, og skal motta ytelser. Byggherren kan også være betegnet som oppdragsgiver eller bestiller (Codex advokat, 2023).

Byggherren har en rekke sentrale roller i byggeprosjekter som prosjekteier, brukergruppe, styringsgruppe og prosjekt- og miljøledelse. Byggherren har også en intern stab med ressurser som brukerkoordinator, grensesnitsansvarlig og kontraktsforvalter. I dette kapitlet beskrives byggherrens sentrale roller.

Prosjekteier

Prosjekteieren står hovedansvarlig for finansiering av prosjektet og om investeringstiltaket gav bruksverdi. Prosjekteier står altså med hovedansvaret for risikoen i prosjektet. Denne rollen ivaretas ofte av det en prosjektsjef som tar beslutninger i tråd med de politiske føringene som er satt for anskaffelsen. Prosjekteier har også ansvar for å godkjenne styringsdokumenter, få politiske beslutninger der hvor det er nødvendig, samt kontrakts strategi og overordnet fremdrift og budsjett i prosjektet (DFØ, 2023).



Figur 8. Prosjekteierskap i sykehusprosjekter. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på (Helse Sør-Øst RHF, 2022, s. 5)

I sykehusprosjekter er prosjekteier det regionale helseforetaket, representert ved en administrerende direktør. Direktøren er bindeleddet mellom virksomhetens ledelse og prosjekt organisasjonen (Helse Sør-Øst RHF, 2022, ss. 5-6). Dette er illustrert i de grønne boksene i figur 8.

Videre illustrerer de gule boksene perspektivene prosjekteier i sykehusprosjekter må ivareta. Virksomhetsperspektivet omhandler verdien for klinisk virksomhet og verdien for investeringstiltaket. Brukerperspektivet i henhold til prosjekteierstyring for sykehusprosjekter i Helse Sør Øst omhandler å bidra til å oppnå de forventede effektene av prosjektet både klinisk, økonomisk og driftsteknisk. Prosjektperspektivet omhandler leveransen av tiltaket, og gjennomføring innenfor vedtatte prosjektrammer (Helse Sør-Øst RHF, 2022, s. 5).

Brukere

Brukere er de personene eller organisasjoner som skal ta i bruk bygget etter at det er ferdigstilt. Brukergruppen bistår med sin kompetanse for å avdekke behovet, og gapet mellom behovet og dagens situasjon, slik at bygget blir tilpasset sluttbrukerne virksomhet. Brukere bør involveres tungt og tidlig i prosjekteringen. Desto tidligere i byggverkets livssyklus brukerne kan påvirke jo mindre kostnadsdrivende blir det å innarbeide behovene deres i prosjekteringen.

Brukere i sykehusprosjekter er ansatte som er arbeider i de berørte klinikkene, dette kan være, avdelingsledere som leger og sykepleiere, driftsteknisk avdeling og renholds avdeling (Helse Sør-Øst RHF, 2022, s. 6). Det er helseforetakets ansvar å opprette medvirkningsprosesser hvor brukere involveres i og har mulighet til å påvirke prosjekteringen (Helse Sør-Øst RHF, 2022, s. 12).

Styringsgruppe

Styringsgruppens ansvar er å beslutte endringer i budsjett, organisasjonsendringer og prosjekts innhold. Styringsgruppen bør bestå av ressurser med tverrfaglig kompetanse for å sikre god vurdering av løsningsalternativene (DFØ, 2023).

I sykehusprosjekter utpekes styringsgruppen av administrerende direktør. Styret får dermed sitt oppdrag gjennom mandat fra Regions helseforetaket (RHF). Styringsgruppen funksjon er å støtte prosjekteier i prosjektinnramming og konseptfasen, og vil derfor veilede prosjekteier i beslutningspunktene B2, B3A og B3, se figur 6. Styringsgruppen sammensettes av roller som ivaretar interessene til virksomheten, de som skal drifte og ta i bruk

funksjonsområdene. Styringsgruppen har egen leder som sitter nært prosjekteier, og er ofte prosjekteier selv. Medlemmene for øvrig i gruppen skal inneha klinisk og økonomisk kompetanse på RHF og HF-nivå, og settes sammen slik at gruppen sikrer et bredt spenn for å kunne ta riktige beslutninger med bruker-, virksomhets- og prosjektperspektiv (Helse Sør-Øst RHF, 2022, s. 9).

Styret skal i tillegg til å fungere som støtte i beslutningspunktene påse at det etableres en prosjektorganisasjon for konseptfasen hvor ressurser fra Sykehusbygg HF inngår, les mer om dette i kapittel 2.4.

Byggherrens prosjektleder og prosjekteringsleder

Prosjektlederen er den som har ansvaret for den daglige oppfølgingen av prosjektet, og er den som forvalter kontrakt. Prosjektlederen skal dermed rapportere til prosjekteier når det gjelder fremdrift, ressursbruk og måloppnåelser (DFØ, 2023).

I sykehusprosjekter skal prosjektleder utnevnes av prosjekteier. Prosjektleder skal etablere og lede prosjektorganisasjonen, og har det operative ansvaret i prosjektet. Dette innebærer at prosjektleder skal sørge for at styringsgruppen har tilstrekkelig informasjon og beslutningsunderlag for å utføre sine oppgaver. Prosjektleder rollen og prosjekteier rollen skal aldri være en og samme person, og skal kun delta i styringsgruppen som saksforbereder (Helse Sør-Øst RHF, 2022, s. 6).

I store byggeprosjekter har ofte byggherren engasjert egen prosjekteringsleder (PRL). Byggherrens PRL skal fungere som et bindeledd mellom byggherren, prosjekteringsgruppen og byggeleder. PRL har som ansvar å administrere og koordinere gjennomføringen av prosjekteringen på vegne av byggherre for å etter beste evne ivareta byggherrens behov knyttet til prosjektering av byggverket (RIF, 2015, s. 8).

Byggherrens miljøkoordinator

I sykehusprosjekter skal byggherren også utpeke og styrke prosjektledelsen med en koordinator for miljø (KM), dette kan også være prosjektleder selv om hen tilfredsstillende kompetansekravene. Miljøkoordinatorer skal nemlig inneha miljøledelse kompetanse og skal sørge for at prosjektets miljøprogram utarbeides og forankres i Helseforetakets miljøstyringssystem. I henhold til Sykehusbygg (2021) sin egen standard for klima og miljø i sykehusprosjekter skal miljøledelse være integrert del av prosjektledelse allerede i tidligfasen (Sykehusbygg HF, 2021b).

2.3.1.2 UTØVENDE ROLLER

En prosjekterende er enhver person som har som oppdrag å tegne, beregne, planlegge eller beskrive byggverket som skal oppføres (Arbeidstilsynet, 2021). Prosjekterende har dermed som ansvar å lage beslutningsunderlag og produksjonsunderlag i form av modell, tegninger og beskrivelser i løpet av byggverkets livssyklus, basert på funksjons- og detaljbeskrivelser som er vedheftet konkurransegrunnlaget. Prosjekterende skal bistå byggherrens prosjektledelse å fremskaffe og forberede saker som skal leveres til styringsgruppen (DFØ, 2023).

De mest sentrale, prosjekt- og gjennomføringsmodelluavhengige, rollene hos utøvende prosjekterende er prosjektleder, prosjekteringsgruppekoordinator, arkitekt, fagrådgiver, samt leverandør og entreprenør.

Prosjekteringsgruppens prosjektleder og prosjekteringsgruppekoordinator

Prosjekteringsgruppens prosjektleder har på oppdrag fra byggherre fått i ansvar å lede gjennomføringen av prosjektet sett fra det utøvende perspektiv. Prosjektlederen forplikter byggherren ovenfor tredjepart i faglige og økonomiske saker (RIF, 2015, s. 8).

Prosjekteringsgruppekoordinatoren (PGK) er den som koordinerer og administrerer selve gjennomføringen av prosjekteringen i prosjekteringsgruppen. PGK skal kommunisere med prosjekteringsgruppens kontraktspart om økonomi, hovedprogram, samt funksjonalitet. PGK skal også være tungt involvert i brukeravklaringer, og sikre tverrfaglighet og fremdrift i prosjekteringen (RIF, 2015, s. 8).

Arkitekt

Arkitektens hovedoppgave er å dekke behovet til brukerne ved å komme med en rekke løsningsalternativer som møter dette behovet og forme de til gode helhetlige konsepter. Arkitektene har sammen med fagrådgiverne et ansvar for å sikre at byggets funksjon og estetiske uttrykk ivaretas og svares opp på best mulig måte. De skal også bistå i utarbeidelsen av beslutnings- og produksjonsunderlag i byggeprosjektet (DFØ, 2023). Arkitektene har ansvar for sykehusets arkitektoniske løsninger, som har stor innvirkning på pasienters helningsprosess, samt arbeidsmiljø for ansatte. De skal skape bygg som er av høyarkitektonisk kvalitet, er varige, som virker og er vakre. Arkitekter for sykehusprosjekter skal ha fokus på bruksverdi, utvikling av romprogrammet, bærekraftig materialbruk og ha en god areal-, energi- og kostnadsutnyttelse og effektivitet (Sykehusbygg HF, 2022).

Fagrådgivere

Det finnes en rekke fagrådgivere, eller rådgivende ingeniører, som er eksperter på ulike fagfelt. I utførelsen har rådgiverne blant annet ansvar for å sette premisser, slik som brann, akustikk og bygningsfysikk. De skal bistå i utviklingen av hovedprogrammet med sin ingeniørfaglige kompetanse og utarbeide beslutningsunderlag og produksjonsunderlag i tråd med kravene for sitt fagfelt, i henhold til TEK 17. (DFØ, 2023).

Rådgivende Ingeniørers forening (2023) deler de rådgivende ingeniørfagene inn i fag- og ansvarsområder og forkortelser som listet opp i tabell 2. RIF har også utarbeidet fagspesifikke ytelsesbeskrivelser som baserer seg på *NS 3418:2020 - Konkurransegrunnlag med ytelses-beskrivelser for prosjekterings- og rådgivningsoppdrag — Struktur og innhold*. Les mer om innholdet i de fagspesifikke ytelsene i kap 2.4.1 og 2.7.2

Tabell 2. Rådgivende ingeniørers fagområder (RIF, 2023).

Fagområde	Forkortelse
Rådgivende ingeniør akustikk	RIA/RIAku
Rådgivende ingeniør bygg- og konstruksjonsteknikk	RIB
Rådgivende ingeniør brannsikkerhet	RIBr
Rådgivende ingeniør bygningsfysikk	RIBfy
Rådgivende ingeniør elektroteknikk	RIE
Rådgivende ingeniør energi	RIEN
Rådgivende ingeniør geoteknikk	RIG
Rådgivende ingeniør miljøgeolog	RIMiljøgeo
Rådgivende ingeniør miljø	RIM
Rådgivende ingeniør sikkerhet	RIS
Rådgivende ingeniør varme-, ventilasjons- og	RIV
Rådgivende ingeniør vann, avløp og overvann	RIVA

Leverandør og entreprenør

En entreprenør eller leverandør er engasjert av oppdragsgiver til å oppføre bygget, og utføre tiltaket. Entreprenøren og leverandøren kan stå som hoved eller underleverandør, forskjellen er om leverandøren har påtatt seg hele, eller deler av ansvaret for å utføre oppdraget (Arbeidstilsynet, 2023). Leverandøren har også en rolle i prosjektering når det gjelder byggbarhet, byggemetode, og ikke minst som material- og produktleverandør. Leverandør kan i flere tilfeller prosjektere selv. Eksempler på leverandører som prosjektere selv er stål og

prefabrikasjons leverandør. Entreprenøren kommer ofte ikke inn i byggeprosessen før i steg 4, detaljprosjekteringen, men dette avhenger av gjennomføringsmodell. I noen tilfeller, som samspillsentrepriser blir entreprenør kontrahert for å samarbeide om å utvikle prosjektet (Sykehusbygg HF, 2017, s. 24).

I sykehusprosjekter er samhandlingen med entreprenør og leverandører i prosjekteringen særs viktig, da dette bidrar til sykehusprosjekters overordnet mål på verditrappen om «riktig sykehusbygg, bygget riktig». Dette innebærer blant annet valg av riktig materiale og produkter. For flere funksjoner som somatikk og spesielt psykiatri er produktvalg viktig med tanke på drit, vedlikehold, renhold, robusthet og ikke minst klima og miljø. Produktvalg er også viktig input for å kunne berike tegninger og modell med riktig informasjon for å kunne ferdigstille arbeidsunderlag og dermed bygge riktig. Det er viktig for å kunne videreføre riktig informasjon til forvaltning, drift og vedlikehold av bygget. Det er også viktig for å kunne beregne faktiske klimagassutslipp fra byggematerialer (Sykehusbygg HF, 2018).

2.3.2 YTELSESBESKRIVELSER

De utøvende prosjekterende, herunder arkitekter og fagrådgivere, har egne veiledere og standarder som beskriver deres leveranser og ytelser i byggverkets livssyklus. Selv om Standard Norge med en rekke samarbeidspartnere har utarbeidet et overordnet rammeverk som *NS3467:2023* og *NS3418:2020* opplever RIF at rådgivere blir engasjert i prosjekter på svært ulike vis. Forventede ytelser og roller er ofte uavklart. Dette bidrar til at rådgiverne konkurrerer på forskjellige rammevilkår. RIF har derfor utarbeidet en rekke veiledere som inneholder fagspesifikke ytelser. Dette for å øke forståelsen for de ulike fagfeltene slik at man har et felles utgangspunkt (RIF, 2023).

Ytelsene baserer seg på *NS3418*, er inndelt i programmeringsytelser, skisseprosjektytelser, forprosjektytelser, ytelser ved utarbeidelse av produksjonsunderlag for ulike gjennomføringsmodeller, ytelser ved oppføring av bygget, ytelser i forbindelse med ferdigstilling og overtagelse, samt ytelser i driftsperioden. Veilederen forholder seg de fagspesifikke kravene i TEK 17, og baserer seg på *NS 3418:2020 - Konkurransesgrunnlag med ytelsesbeskrivelser for prosjekterings- og rådgivningsoppdrag — Struktur og innhold* (RIF, 2023).

Arkitektbedriftene (AY) har sammen med flere arkitektbedrifter utarbeidet lignende ytelsesbeskrivelser. De ønsker også å kunne konkurrere på samme rammevilkår, samt avklare og identifisere ytelsene i de ulike prosjektene. AY har av den grunn utarbeidet arkitektbedriftenes arkitektfaglige ytelsesbeskrivelse AY10 (Arkitektbedriftene, 2023e). AY10 beskriver blant annet hvordan arkitektene arbeider med reguleringsprosess og myndigheter, den beskriver administrative ytelser som ansvarlig prosjekterende, den beskriver også ytelser under byggverkets livssyklus, samt utredning. AY10 deler inn byggverkets ytelser veldig likt med RIF sine ytelsesveiledere. Ytelsene er strukturert innenfor skisseprosjektfase, forprosjektfase, detaljprosjektfasen og utførelsesfasen. (Arkitektbedriftene, 2023f). Programmering er strukturert som en egen del av utredningsarbeidene. Med utredning så menes i AY10 fasen fra oppdragsgiver har definert et behov til plan og prosjektgrunnlag, samt ytre rammevilkår foreligger som grunnlag for skisseprosjektet. Dette samsvarer med steg 3, programmering og utredning fra *NS3467*, se fig 4. AY10 sammen med MAKS, modell for arkitektkontorenes kvalitetssystem, ivaretar lovkravene i SAK10 (byggesaksforskriften) og TEK17 (byggteknisk forskrift), samt krav til kvalitet- og miljøledelse ihht ISO 9001:015 og ISO14001:2015 (Arkitektbedriftene, 2023a).

Når det gjelder fasespesifikke ytelser og leveranser i sykehusbyggprosjekter tar ei heller rammeverket til Sykehusbygg HF for seg fagspesifikke aktiviteter. Sykehusprosjekter benytter nemlig *NS3418* som konkurransegrunnlag når de anskaffer prosjektering- og rådgivertjenester (DFØ, 2022).

2.3.3 BYGNINGSINFORMASJONSMODELLERING

Ifølge *NS-EN ISO 19650-1:2018 Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM)* innebærer bygningsinformasjonsmodellering «å ta i bruk en delt digital framstilling av et byggverk for å legge til rette for prosjektering, bygging og driftsprosesser slik at det kan dannes et pålitelig grunnlag for beslutninger» (Standard Norge, 2018b, s. 5)

3D modeller benyttes ofte til visualiseringer av prosjektert bygg. Visualisering er et nyttig og sterkt verktøy i brukerprosesser. Dette vil si at BIM benyttes som kommunikasjonsmateriale for å understøtte beslutninger (EBA, 2014, s. 4). BIM-modell kan også benyttes som arbeidsunderlag for produksjon. Beskrivelser og lister med informasjon som er prosjektert i modell kan hentes ut fra modell og benyttes som arbeidsunderlag. Ofte benyttes også modellen i seg selv som digitalt arbeidsunderlag, slik som digital armering. Eller til mengdeuttak, for eksempel bruk av BIM til kostnadskalkyle eller bruk av BIM til klimagassberegninger (EBA, 2014, s. 3). Mer om sistnevnte i kapittel 2.5.3.

I alle BIM prosjekter skal det opprettes en BIM gjennomføringsplan. Innholdet kan varieres ut ifra prosjektets størrelse og kompleksitet, men noen vanlige elementer er å inkludere BIM-krav som filformater og informasjonsutvekslingsprosedyrer, prosjektorganisasjonen, modelleringstandarder, koordineringsprosess som tverrfaglig modellkontroller, informasjon om verktøy, BIM-leveranser og samhandlingsplattform. Det stilles også krav til 3D koordinering og samhandling. Det opprettes derfor egne samhandlingsplattformer for å lette deling, utveksling og samarbeid rundt BIM-data. Store prosjekter har også tilegnet egne BIM-koordinator som har ansvar for den digitale samhandlingen i prosjektet. (EBA, 2014, s. 4).

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) har med andre ord blitt et viktig hjelpemiddel for å håndtere og forvalte informasjon, samt produsere beslutnings- og produksjonsunderlag for å oppføre og drifte byggverket (Standard Norge, 2023). Formålet med BIM er rett og slett å effektivisere den tverrfaglige koordineringen og samhandlingen i byggeprosjektet, samt å bedre kommunikasjonen mellom de ulike aktørene. I de neste kapitlene beskrives derfor modellkommunikasjonsmetodene; modellmodenhetsindeks og modellutviklingsnivå, samt bruken av BIM i sykehusbyggprosjekter.

2.3.3.1 BIM I SYKEHUSBYGGPROSJEKTER

I alle sykehusbyggprosjekter skal det utarbeides en prosjektspesifikk BIM gjennomføringsplan (BEP), som forteller hvordan prosjekteringsgruppen skal samhandle og kommunisere ved bruk av BIM. Avhengig av gjennomføringsmodell og fase vil BEP skifte ansvarlig gjennom prosjektets forløp. (Sykehusbygg HF, 2019, s. 4) Gjennomføringsplanen skal beskrive hvordan BIM arbeidene er strukturert og den skal tydeliggjøre kommunikasjonslinjer. Dokumentet har minimumskrav til å inneholde; organisering av BIM-arbeidet, nedbrytnings- og modellstruktur, BIM samhandling, herunder grensesnitt og modellutvekslingsrutiner. Den skal også tydeliggjøre modell-leveransekrav og krav til kvalitetskontroll, samt spesielle forhold knyttet til leverandørprosjektering og benyttede modelleringsverktøy (Sykehusbygg HF, 2019, s. 5).

I tillegg til en BIM gjennomføringsplan skal alle sykehusprosjekter forholde seg til prosjektspesifikke BIM-krav. Sykehusbygg (2019) har forfattet og definert generelle utviklingsnivå på modeller i BIM kravspesifikasjon strukturert etter faser og bygningsdelstabell NS3451.

2.3.3.2 MODELLMODENHETSINDEKS OG MODELLUTVIKLINGSNIVÅ

EBA et al. (2022) beskriver modellmodenhetsindeks (MMI) som «modningsgraden av objektene i byggverksmodeller gjennom bruk av omforente tallkoder» (EBA, 2022, s. 3). Indeksen eller tall-nivåene viser til hvor modent et objekt i bygningsinformasjonsmodellen er i forhold til prosjektutviklingen, det vil si en prosessstatuskode.

MMI benyttes i norske byggeprosjekter som hovedsakelig en ledelse og kommunikasjonsmetode, og skiller mellom krav til informasjon, geometrisk detaljeringsnivå på objekter og krav til prosess. MMI-nivåene må etterstrebe en lineær utvikling, det vil si i takt med prosjektgjennomføringen. Relasjonen mellom MMI-nivåene og stegene i byggverkets livssyklus har ingen direkte relasjon, og må derfor tilpasses prosjektspesifikt (EBA, 2022, s. 4). MMI-nivåene er delt inn på primær og sekundærnivå, dette er illustrert i tabell 3. Fargene i tabellen viser til fargene modellobjektene skal inneha for å kommunisere modenhet. Tabellen viser modellobjektetsfargene og beskriver prosjektutviklingsnivåene

Tabell 3. MMI-nivåer beskrevet for MMI 100-175. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på (EBA, 2022, s. 5).

MMI-nivå	Navn	Beskrivelse
MMI 100	Grunnlagsinformasjon	Objekter og informasjon etablert som grunnlag for utvikling av prosjektet
MMI 125	Etablert prinsipielle løsninger	Konsepter er etablert og danner grunnlag for koordinering fram til utført tverrfaglig kontroll
MMI 150	Tverrfaglig kontrollert konsept	Tverrfaglig kontroll er gjennomført og eventuelle avvik er rettet til akseptabelt nivå
MMI 175	Valgt konsept	Konseptuelle løsninger valgt og klar for beslutning om videre utvikling

Modellutviklingsnivå (LOD) er et mål for detaljnivået for de ulike bygningsdeler i BIM-modellen, og beskriver hvilken informasjon bygningsdelene skal berikes med. LOD for bygningsdeler består av relabiliteten av informasjonen som er angitt (LOR), den geometriske representasjonen (LOG) og egenskapsdataen koblet til bygningsdelen (LOI) (BIM7AA, 2022). LOD er inndelt i seks forskjellige nivåer som er definert av BIMforum (2021), disse er navngitt, listet opp og beskrevet i tabell 4. (BIMForum, 2021, s. 16).

Tabell 4. Overordnede LOD-nivåer (BIMForum, 2021, s. 16)

LOD-nivå	Navn	Beskrivelse	Typisk
LOD 100	Konseptuell	Objektet er grafisk representert i modellen som generisk masse. Mengder og dimensjoner er ikke definert	ARK
LOD 200	Forventet geometri	Objektet er grafisk representert som et generisk objekt med tilnærmede mengder, størrelser, dimensjoner, plassering og orientering. Overordnet funksjon er beskrevet. Modellen er oppdelt i fagmodeller	ARK + RI
LOD 300	Fastlagt geometri	Objektet er grafisk representert som et spesifikt objekt med mengder, størrelser, dimensjoner, plassering og orientering. Objektets overordnede funksjon, yteevne og materiale er beskrevet.	ARK + RI
LOD 350	Endelig geometri	Objektene er grafisk representert som et leverandørspesifikt objekt med mengder, størrelser, dimensjoner, plassering og orientering. Objektene er detaljert i sammenbygninger med andre bygningsdeler. Produktinformasjon som dataspesifikasjoner og FDV er tilegnet objektene	ARK + RI
LOD 400	Endelig detaljert	Objektene er grafisk representert evt. som et leverandørspesifikt objekt med mengder, størrelser, dimensjoner, plassering og orientering. Objektene inneholder installeringsinformasjon, og er detaljert til fabrikkasjon, montasje og prefabrikasjon.	UE/LEV
LOD 500	Som bygget	Objektens mengder, størrelser, dimensjoner, plassering og orientering er bekreftet på byggeplass.	ENT

LOD er utarbeidet som et resultat fra samarbeid mellom Molio, BIM7AA og Dikon, hvor både Arkitema og COWI har vært bidragsytere. LOD har som hensikt å understøtte prosjekteringsprosessen og forteller hvilken informasjon de modellerte bygningsdelene skal inneholde underveis i prosessen, samt hvem som har ansvaret for delene. LOD kan også være nevenyttig når aktørene skal være entydig om pålitelighet, geometri og tilhørende egenskapsdata på ett gitt tidspunkt i prosjekteringsprosessen (BIM7AA, 2022, s. 3).

2.4 PROSJEKTERING AV BÆRESYSTEMET I KONSEPTFASEN AV NORSKE SYKEHUSPROSJEKTER

Som beskrevet i kapittel 2.2, fokuserer veileder for tidligfase i sykehusbyggprosjekter på å velge riktig bygningsmessige løsninger og konsepter. Dette er viktig for å sikre en vellykket prosjektgjennomføring og verdi for investeringstiltaket (Sykehusbygg HF, 2017, s. 4).

I dette kapittelet skal leseren få en dybdekunnskap om prosjektering i konseptfasen. Dette innebefatter byggeprosessens ytelser og leveranser for utøvende fagene ARK og RIB i henhold til NS3467, NS3418, AY10 og RIF ytelsesbeskrivelser. Byggeprosessen vil i dette kapittelet ta for seg aktiviteter og ytelser som direkte, eller indirekte er knyttet til bygningsdelselementer for hovedbæresystemet. I tillegg forklares hva BIM i prosjektering av bæresystemet innebærer for de respektive fagene både i konseptfasen generelt og i henhold til Sykehusbygg HF sine kravspesifikasjoner.

2.4.1 YTELSE FOR ARK OG RIB

Konseptfasens byggeprosess har en rekke viktige aktiviteter som leder frem mot leveranser og til slutt en sammenstilt konseptrapport. Her er det mange bidragsytere fra prosjekteringsgruppen, deriblant ARK og RIB. RIB er det faget som omfatter etablering av hovedbæresystemet for byggverket. Dette innebærer beregninger av krefter i konstruksjoner, styrke og laster av byggverket og byggematerialer (RIF, 2019, s. 4).

Prosjektering av bæresystem krever et godt samarbeid mellom flere fagområder i et byggeprosjekt. Spesielt arkitektene. Grunnlaget for prosjektering av bæresystemet er en modell av hovedgeometri for byggverket, som etableres av arkitektene i samarbeid med byggeteknikkerne gjennom programmerings- og skisseprosjektfasen (RIF, 2019, s. 4). Arkitektene har hovedansvaret for å etablere hovedgeometrien. Dette er kompleks prosess da det krever involvering av og samarbeid med mange aktører. I tillegg er det mange rammevilkår som skal avklares (Standard Norge, 2023b, s. 15). I tabell 5 er derfor arkitektens ytelser og ansvar knyttet til etablering av hovedgeometri, og med grensesnitt mot etablering av hovedbæresystemet, listet opp.

Tabell 5. Arkitektens ytelser i konseptfasen. Tabell er utarbeidet av forfatter basert på (Arkitektbedriftene, 2023c).

	Programmering	Skisseprosjekt
Byggeprosess ARK AY10	<p>Funksjonsprogram:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Forutsetninger om generalitet, fleksibilitet og elastisitet - Behov for fellesfunksjoner og sambruk av areal eller funksjoner - Vurderinger av effektivitet og logistikk i avdelinger og mellom disse - Krav til planløsninger og til nærhet eller adskillelse mellom avdelinger og funksjoner - Funksjonelle og tekniske krav til rom og avdelinger - Overordnede krav til tekniske kapasiteter og ytelser 	<p>Byggeprogram:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rammebetingelser, vilkår knyttet til sted, tomt og forutsetninger for gjennomføringer av oppdraget. - Brukerfunksjoner, beskrivelse av hvilke virksomheter som skal foregå i bygget og krav knyttet til disse - Bygningsfunksjoner, arealoppstilling for alle rom, krav knyttet til bygningsdeler og tekniske installasjoner (Utstyrprogram) - Fysiske løsninger, spesifisering av krav der spesifikke fysiske løsninger er bestemt
	<p>Romprogram:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utarbeide dimensjoneringsgrunnlag for viktige funksjoner og romtyper - Beskrive romlige krav knyttet til maskiner og produksjonsutstyr - Angi mål eller rammer for areal og volum etter NS for arealberegninger - Lage arealsammenstillinger 	

Hovedgeometri etableres gjennom programmeringsfasen ved utarbeidelse av funksjons- og romprogram, samt byggeprogrammet som videre utvikles gjennom skisseprosjektet (Arkitektbedriftene, 2023f). I funksjons- og romprogrammet beskrives kravene til funksjonaliteten, arealer, bygningsutforming, inventar, tekniske ytelser og miljøforhold. Det er i denne fasen dimensjonerende størrelser, romhøyder og laster fastsettes. Ved utvikling av byggeprogrammet skal arkitekten avklare arkitektonisk og bygningsmessig konstruksjoner og materialer. Dette innebefatter blant annet tekniske strukturer og miljøløsninger (Arkitektbedriftene, 2023d).

Ved prosjektering av hovedbæresystemet er tydeliggjøring av grensesnitt mellom fagene viktig (RIF, 2019, s. 5). I tabell 6 er derfor typisk ansvarsforhold for RIB ved etablering av hovedbæresystemet i programmering og skisseprosjektet listet opp.

Tabell 6. Rådgivende ingeniør byggtelser i konseptfasen. Tabell er utarbeidet av forfatter basert på (RIF, 2019, s. 10)

Byggeprosess	Programmering		Skisseprosjekt	
	Aktiviteter	Bygningsdel	Aktivitet	Grensesnitt
	RIB har i denne fasen liten egenproduksjon, og gir eventuelt konstruksjonstekniske råd basert på omriss av byggverket, for eksempel ARK-skisser. RIB gjennomfører som regel ingen egne analyser eller beregninger i programmeringsfasen, men kan gi input til en oppsummerende rapport/byggeprogrammet.	Belastninger	Hovedbelastninger og særlige laster identifiseres.	BH,ARK
21 Grunn og fundamenter		Definere mulige løsninger for fundamentering. Avklare dreneringsnivå og løsninger for vanntette konstruksjoner i grunnen, for eksempel kjeller. Avklare forhold i forbindelse med tilstøtende konstruksjoner.	RIG	
22 Bæresystemet		Hovedprinsipp for bæresystemet avklares, beliggenhet av avstivende bæresystemer og prinsipp for nedføring av vertikale krefter. Materialet i bærekonstruksjoner vurderes. Tverrsnittstørrelser baseres i stor grad på tabeller og enkle overslagsberegninger.	ARK/RIBfy/RIV/RIE	
23 Yttervegger		Fastlegge hvilke yttervegger som er kritiske mht. bæresystem og stabilitet. Der yttervegger er en del av bæresystemet, avdekkes kritiske områder mht. lastoverføring, eksempelvis ved store vindusflater etc.	ARK/RIBfy	
24 Innervegger		Fastlegge hvilke innervegger som er kritiske mht. bæresystem og stabilitet.	ARK/RIBfy	
25 Dekker		Konstruktiv oppbygning av dekker vurderes. Laster på dekker avklares.	ARK/RIV/RIAku	
26 Yttertak		Overslagsberegning av nødvendige tverrsnittdimensjoner.	ARK/RIBfy	
27 Fast inventar		Fastsette laster fra fast inventar, særlig oppmerksomhet knyttet til vibrasjoner.	ARK/RIV	
28 Trapper,mm		Vurdere innfestninger/bæremåte.	ARK	
29 Andre deler		Behov for store statiske utvekslinger identifiseres.	ARK	

Tabellen viser de typiske prosjekteringsaktiviteter for RIB. Aktivitetene er prosjektavhengig og må tilpasses og avklares i hvert oppdrag. I tillegg må det utarbeides en prosjekteringsplan som forteller hvilke aktiviteter som avhenger av hverandre, og hvilken rekkefølge disse ytelsene har (RIF, 2019, s. 8). I programmeringsfasen vil RIB vanligvis gi innspill til ARK som hensyntar dette ved prosjektering av hovedgeometri og form på byggverket (RIF, 2019, s. 9).

I skisseprosjektet skal de prosjertede løsninger videreutvikles til en hovedsystemløsning. En skal rett og slett kvalitetssikre løsninger fra foregående fase. Det skal på veien mot en anbefaling av hovedbæresystemet utarbeides flere mulige alternativer for bæresystem med tilhørende materialvalg. Det må derfor fremskaffes en rekke informasjon som vist i tabell 7, som lastforutsetninger, hovedakser, beregninger av vertikale og horisontale laster, mm. BIM underlaget utarbeidet av ARK er videre utgangspunktet for etablering av egen RIB-modell i skisseprosjektfasen (RIF, 2019, s. 11).

2.4.2 BYGNINGSINFORMASJONSMODELLERING FOR ARK OG RIB

Selv om MMI-nivået på modellen ikke har direkte relasjon til stegene i byggverkets livssyklus. Er det likevel et godt utgangspunkt for å kunne omforene nivåene i prosjektet. Typisk kan en sette MMI 100-200 i sammenheng med konseptfasen, og diskutere om dette er et hensiktsmessig nivå for modellfremdrift i disse fasene for prosjektet (EBA, 2018, s. 8)

2.4.2.1 LOD FOR BÆRESYSTEMET

LOD- nivåene i «Bygningsdeskatalog» er heller ikke avstemt mot prosjektfasene, da dette er avhengig av når aktørene typisk prosjekterer de ulike bygningsdelene i prosjektet. Dette avhenger av fremdrift og rekkefølger for prosjektering, og vil dermed være prosjektspesifikt (BIM7AA, 2022, s. 3).

I tabell 7 er modellutviklingsnivå for et utvalg av hovedbæresystemets bygningsdeler for LOD 100-300, illustrert og beskrevet.

Tabell 7. LOD-nivå for bæresystemets bygningsdeler. Tabell er utarbeidet basert på (MT Højgaard, 2016)

LOD	LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 100	LOD 200	LOD 300
Utvalgte bygningsdeler	Elementdekker			Betongvegger		
LOR	Overflategeometri og form med tilnærmet geometri	Generisk objekt med tilnærmet utforming for mengde, størrelse, form, plassering og orientering	Reelle mengder, dimensjoner og form. Plassering, orientering og utsparinger >Ø500 fremgår.	Flate med tilnærmet geometri	Generisk objekt med tilnærmet utforming for mengde, størrelse, form, plassering og orientering	Reelle mengder, dimensjoner og form. Plassering, orientering hull før dører, vindu og føringsveier >Ø350 fremgår.
LOI	Type Tverrsnitt (ca.)	Type Dimensjoner Koter Klassifikasjon Materiale	Type Dimensjoner Koter Klassifikasjon Materiale	Type Dimensjoner (ca.)	Type Dimensjoner Koter Klassifikasjon	Type Dimensjoner Koter Klassifikasjon Materiale
Utvalgte bygningsdeler	Betongbjelker			Stålsøyler		
LOR	Overflategeometri og form med tilnærmet geometri	Generisk objekt med tilnærmet utforming for mengde, størrelse, form, plassering og orientering	Reelle mengder, dimensjoner og form. Plassering, orientering og utsparinger fremgår. Bygningsdetaljer avklart.	Overflategeometri og form med tilnærmet geometri	Generisk objekt med tilnærmet utforming for mengde, størrelse, form, plassering og orientering	Reelle mengder, dimensjoner og form. Plassering og orientering fremgår. Bygningsdetaljer avklart.
LOI	Type Dimensjoner (ca.)	Type Dimensjoner Koter Klassifikasjon Materiale	Type Dimensjoner Koter Klassifikasjon Materiale	Type Dimensjoner (ca.)	Type Dimensjoner Koter Klassifikasjon Materiale	Type Dimensjoner Koter Klassifikasjon Materiale Brannkrav

LOD er også definert for fundamenter og trapper. I tillegg skiller «Bygningsdeskatalog» mellom elementproduksjon og plastøppte konstruksjoner (MT Højgaard, 2016).

2.4.2.2 BIM-KRAVSPESIFIKASJONER I SYKEHUSPROSJEKTER

I sykehusprosjekter har Sykehusbygg etablert kravspesifikasjoner for BIM-modellens innhold. I tabell 8 er kravspesifikasjonene for RIB ved modellering av knyttet til hovedbæresystem i konseptfasen listet opp.

Tabell 8. Generelle BIM kravspesifikasjoner for konseptfasen i sykehusbyggprosjekter (Sykehusbygg HF, 2019, s. 7).

		Bygningsdel	Beskrivelse av modellnivå
Konseptfase	Generelt	2	<p>Volumer med bruttoareal av:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etasjer delt opp på naturlige fløyer - Funksjonelle avsnitt eller avdelinger i samsvar med delfunksjonsprogram - Hovedkommunikasjoner, sentrale tekniske rom <p>Sentrale tekniske føringer</p>
	Generelt	2	<p>Alle objekter skal være generiske og forenklede. Tak, yttervegger, vinduer, ytterdører og deres arealer skal være riktige nok for enkel visualisering og nøkkeltallsberegninger</p> <p>Bygning og etasjer: Prosjektnedbrytningsstruktur bestemmes i samarbeid med byggherre og prosjektledelse</p> <p>Rom: Alle programmerte rom. Det kan avtales å benytte sammenhengende funksjonsavdelinger i enkle områder. Rom eller funksjonsavdelinger skal ha entydig ID i samsvar med romdatabase.</p>
Konseptfase steg 2	RIB	21	Byggegrupp som har betydning for framdriftsvurderinger og byggbarhet skal modelleres inkludert midlertidige støttekonstruksjoner (spunt). Hvis grunnforhold krever peling, skal dette modelleres tilstrekkelig for kalkyle og risikovurderinger.
		22	Modell for strukturell analyse og beregninger. Hovedbæring, dvs. søyler, bjelker, avstivende konstruksjoner som er nødvendig for arealvurderinger og kalkyle
		23	Hovedbæring, dvs. konstruktive yttervegger som er nødvendig for arealvurderinger og kalkyle
		24	Hovedbæring, dvs. konstruktive innervegger som er nødvendig for arealvurderinger og kalkyle.
		25	Forenklede sammensatte dekker med alle sjikt. Skal være gode nok for arealbasert kalkyle.
		26	Det avtales om RIB eller ARK skal modellere forenklet sammensatt tak som ett objekt. Må være godt nok for kalkyle på grunnlag av takarealer og volumbetraktninger (reguleringsplan).
		28	Det skal modelleres tilstrekkelig til å forstå og illustrere vertikal kommunikasjon og sikre at det er satt av tilstrekkelig arealer til trapper.

I Sykehusbygg (2019) sin BIM kravspesifikasjon forklares det at BIM skal benyttes i tidlig konseptfase til volummodeller. For skisseprosjektet skal objektene være representert som generiske objekter med omtrentlige mengder, dimensjoner, form, lokalisering og plassering. Det er ikke krav til en detaljert modell, men at det etableres en komplett modell på ett standardrom, som f.eks sengerom (Sykehusbygg HF, 2019, s. 2).

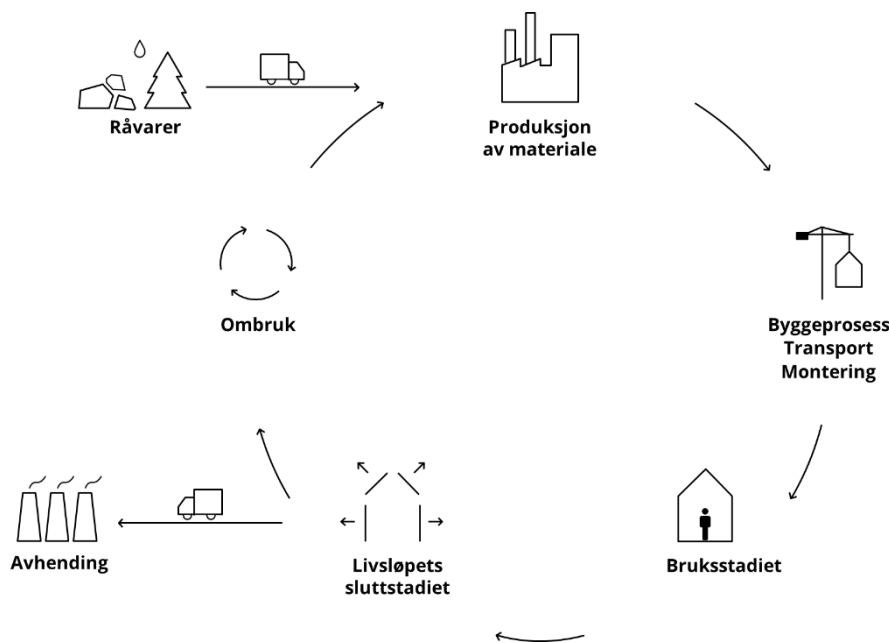
2.5 RAMMEVERK FOR LIVSLØPSVURDERINGER I NORSKE BYGGEPROSJEKTER

De siste 10 årene har fokuset på å redusere utslippene i byggesektoren stadig fått mer og mer oppmerksomhet (BNL, 2019, s. 4). Dette kommer av flere årsaker, som internasjonale og nasjonale klimamål, i tillegg til nye krav, og metoder for vurderinger og beregninger av forbruk knyttet til produktmaterialer. I dette kapittelet vil derfor leser få en innføring i metoder og verktøy for å kunne vurdere og beregne klimagassutslipp fra materiale i bygninger i henhold til nye krav fra TEK 17.

2.5.1 LIVSLØPSVURDERINGER

For å kunne vurdere miljøpåvirkningene fra materialer i byggeprosjekter på en objektiv måte benyttes livsløpsvurdering (LCA) som metode. Livsløpsvurderinger (LCA) er standardisert gjennom *NS-EN ISO 14040:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk* og er definert som en «sammenstilling og evaluering av inngangsfaktorer, utgangsfaktorer og de potensielle miljøpåvirkningene til et produktsystem gjennom dets livsløp» (Standard Norge, 2006, s. 4). Hvor et produkt er en vare eller en tjeneste som for eksempel materialer i et byggeprosjekt.

LCA tar for seg alle fasene i et produkt eller produktsystem livsløp. Det innebefatter livsløpsvurderinger fra vugge til grav, altså vurderinger fra anskaffelse av produktets råmateriale til endelig avhending, se figur 9 (Standard Norge, 2006, s. 3).



Figur 9. Produktets livsløp. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på (LCA.no, 2023)

LCA regnes som en internasjonalt anerkjent metode som benyttes for å kartlegge, klassifisere, karakterisere og forbedre miljøpåvirkningene i et produktsystems livsløp på en systematisk måte (Standard Norge, 2006, s. 10). Metoden skal fungere som et hjelpemiddel for å kunne identifisere og forbedre miljøprestasjoner, i tillegg til å opplyse beslutningstakere i prosjekter (Standard Norge, 2006, s. 2).

Metoden består av fire faser som danner en iterasjon, se figur 10.



Figur 10. Fire faser i LCA danner en iterasjon (Standard Norge, 2006, s. 12). Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på (Standard Norge, 2006, s. 12).

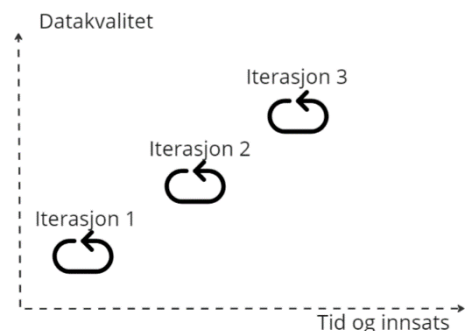
I første trinn fastsettes formålet og omfanget av livsløpsvurderingen, inkludert identifisering av systemgrenser og detaljeringsnivå. Denne definisjonen må være nøyaktig og sammenlignbar for å muliggjøre en effektiv sammenligning av ulike systemer. I neste fase gjennomføres et livsløpsinventar (LCI), der materialdata samles inn, og en oversikt utarbeides over inngangs- og utgangsdata for det elementet eller produktet som studeres, i tråd med det fastsatte formålet og omfanget (Standard Norge, 2006, s. 3). I byggebransjen finnes materialdatabaser av miljødeklarasjon, eller EPDer. EPD er et dokument som beskriver miljøprofilen til et element, eller et produkt og benyttes for å kunne utføre livsløp regnskap (EPD-Norge, 2023a).

I den tredje fasen utføres livsløpseffektvurderingen (LCIA). Dette innebærer at systemets input og output analyseres for å kunne vurderer miljøpåvirkning og forstå resultatene fra LCI bedre (Standard Norge, 2006, s. 3).

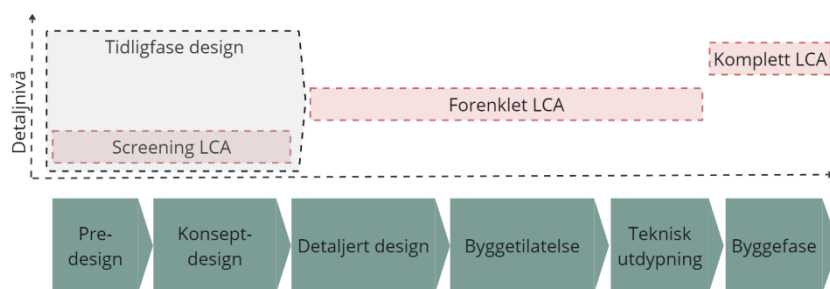
I det siste steget i rammeverket tolkes LCA resultatene. Her blir de kritiske bidragsytterne identifisert og vurdert. Tolkningene sammenfattes i et sammendrag av resultatene fra LCI og LCIA som danner grunnlag for beslutninger (Standard Norge, 2006, s. 3).

Etter hvert som prosjektet skrider frem og livløpsvurderinger utføres dannes det viktige inngangsfaktorer som for eksempel produktforbedring for neste fase. Resultatene inklusive arbeidene som leder frem til resultatene er viktige iterasjoner som bidrar til konsistens i resultatene (Standard Norge, 2006, s. 11). Iterasjonene er illustrert i figur 11. s

Med utgangspunkt i iterasjonene definerer Gartner et al. (2015) ulike typer livsløpsvurderinger; Screening, forenklet og komplett livsløpsvurdering, se figur 12. Disse er satt i sammenheng med stegene i byggverkets livssyklus. De har derfor ulikt omfang som kan gi ulike definisjon av systemgrensene, som igjen reduserer muligheten for å kunne sammenligne resultatene. En må derfor være obs på grensevurdering i de ulike typende LCA (Meek et al. (2018)



Figur 12. LCA som iterativ prosess. Illustrasjonen er utarbeidet av forfatter basert på (Gartner et al., 2015, s. 36)



Figur 11. Ulike typer LCA. Illustrasjonen er utarbeidet av forfatter basert på (Meek et al., 2018, s. 230)

Den første typen livsløpsvurderinger som kan benyttes i et byggeprosjekt er Screening LCA. Screening korresponderer med den første iterasjonen i den iterative LCA prosessen, se figur 12. Denne typen benyttes for å kunne gi raske klimagassutslippsoverslag. Hvis det er ønskelig å sammenligne tidligfase overslaget med den forenklete livsløpsvurderingen anbefales det å benytte de samme systemgrensene. Ved anvendelse av screening LCA benyttes det i hovedsak generisk data, og det fokuseres på utslipp fra de store klimagassutslippsdriverne, som bæresystemet. ARK og RI har stor påvirkningsgrad på valgene i tidligfasen, det vil derfor være nyttig at disse faggruppene selv utfører screening LCA for å aktivt arbeide med klimagassreduksjon (Gantner et al., 2015)

Hvis vi følger de iterative stegene, skal resultatene fra overslagsberegningene kunne benyttes for å ta beregningene et steg videre og dermed øke detaljnivået i den forenklete livsløpsvurderingen. Gjennomføringen av den forenklete LCA utføres i løpet av detaljering av designet, etter hvert som prosjektet har mer om mer tilgjengelig informasjon om valgte løsninger og design. Gantner et al. (2015) anbefaler at denne livsløpsvurderingen innebefatter bygningskroppen, da den utgjør nesten 80% av klimagassutslippet i en bygning (Gantner et al., 2015). Det bør utføres sammenligner på et overordnet og generelt nivå gjennom å teste ulike sammensetninger av bygningsdeler og ulike typer materialer. Resultatene i den forenklete livsløpsvurderingen kobles til iterasjon to i den iterative LCA prosessen.

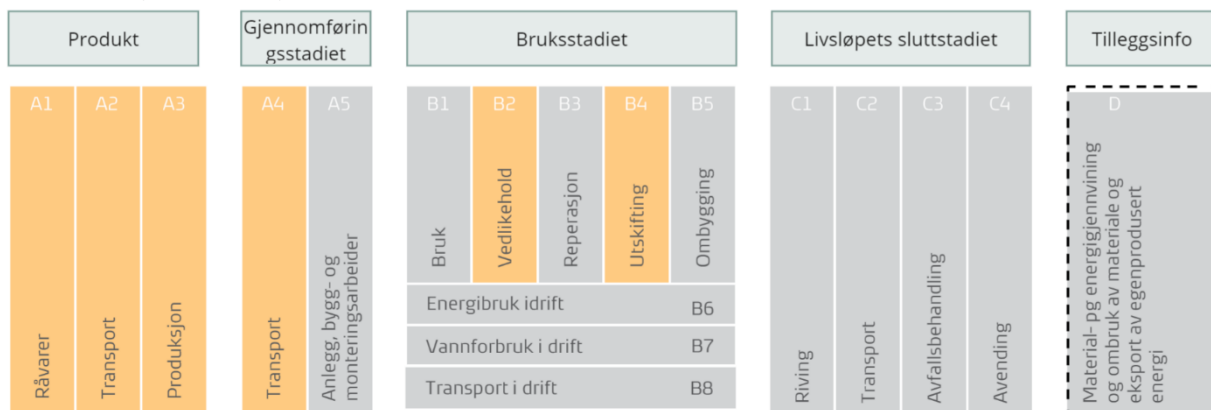
Når designet er detaljert og bygget er i produksjonsfasen foreslås det av Gantner et al. (2015) å gjennomføre den komplette livsløpsvurderingen. På dette tidspunktet har prosjektet tatt mange beslutninger, designet har satt seg, materialer er valgt og leverandører har oppgitt sine produkter (Gantner et al., 2015). I denne livsløpsvurderingen må fremgangsmåter gitt i ISO 14040 og 14044 benyttes, samt at beregninger må gjennomføres etter nye krav i TEK 17. Denne typen er knyttet til den tredje og siste LCA iterasjonen.

Selv om det er den komplette beregningen som må gjennomføres i henhold til kravene, bør som nevnt systemgrensene defineres så likt som mulig for de to andre typene LCA for å kunne sammenligne resultatene, Avvikene i resultatene fra de ulike typene varierer. Ifølge Meek et al. (2018) kan den forenklete LCA kan avvike med 20%, imens screeningen kan avvike med 30% (Meek et al., 2018)

Metoden kan dermed benyttes som en iterativ prosess for å vurdere miljøpåvirkninger fra bygninger i byggverkets livssyklus som gjør det mulig å sammenligne belastninger mellom bygningsdeler imens prosjektet skrider frem. Dette er vesentlig på grunn av bygningers kompleksitet. Bygninger har nemlig lang levetid og består av mange ulike bygningsdeler som igjen består av flere ulike produkter som hver har sin miljødeklarasjon med hver sin livssyklus. Dette gjør livsløpsvurderinger av bygninger utfordrende (Cavalliere et al., 2018).

2.5.2 METODE FOR KLIMAGASSBEREGNINGER

For å kunne oppføre bygg lovlig i Norge i dag, må aktørene overholde kravene i TEK 17. Ny revisjon av kravene tilsier at fra juli 2022 stiller TEK 17 krav om at det skal utføres klimaregnskap for materialer for yrkesbygninger. Klimagassberegningene skal utføres basert på *NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger*, og skal minimum innbefatte A1–A4, B2 og B4, se gulmarkerte bokser i figur 13. Regnskapet omfatter bygningsdelene 22-26, 215 og 216, i henhold til NS3451, se kapittel xx. Utelatte materialer skal ikke overskride 5% av bygningens totale vekt (DiBK, 2023b).



Figur 13. Livsløpsmoduler (DiBK, 2022, s. 7). Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på (DiBK, 2022, s. 7).

NS3720 angir en beregningsmetode basert på regnskaps-LCA, samt krav til metoden fra bygningens eller bygningsdelens livsløp (Standard Norge, 2018a). Beregningen for klimagassutslipp for bygningen eller en bygningsdel er en summering av materialmengde multiplisert med utslippsverdi, se regnestykke i figur 14.

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Klimagassutslipp} \\ \hline \text{kgCO}_2\text{e} \\ \hline \end{array} = \sum \begin{array}{|c|} \hline \text{Materialmengde} \\ \hline \text{kg,m,m}^2\text{,m}^3\text{,stk} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{Utslippsverdi} \\ \hline \text{kgCO}_2\text{e pr mengdeenhet} \\ \hline \end{array}$$

Figur 14. Beregning av klimagassutslipp fra materiale. Illustrasjonen er utarbeidet av forfatter basert på (DiBK, 2022, s. 10)

Regnskaps-LCA søker å allokere utslippene jevnt mellom ulike produkter eller løsninger ved å bryte ned utslippene i den fysiske verdikjeden. Ofte er dette CO₂ utslippsverdi fra EPDer (EPD-Norge, 2016).

EPDer kan deles inn i tre hovedkategorier: Produktspesifikke EPDer, som er utarbeidet av en leverandør for sitt produkt; prosjektspesifikke EPDer, som er tilknyttet spesifikke byggeprosjekter; og bransje-EPDer, som er resultatet av samarbeid mellom flere aktører innenfor en bransje, for eksempel EPD-Norge. Det er verdt å merke seg at bransje-EPDer kan ha en variasjon på opptil +/- 10% i forhold til produktspesifikke EPDer. (EPD-Norge, 2023b). Tilgangen på EPDer er ifølge DiBK (2022) ikke optimal da alle EPDene ennå ikke er tilgjengelig på ett sted, selv om de fleste miljødeklarasjonene er tilgjengelig på produsentens nettside (DiBK, 2022, s. 17).

EPDer oppgir en utslippsekivalent, CO₂e, som angir det globale oppvarmingspotensiale, GWP. Denne verdien skal brukes som faktor for å beregne klimagassutslippene i forhold til mengden av materialet. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at det kan være ulike Global Warming Potential (GWP) verdier oppført i Environmental Product Declarations (EPD-er). I samsvar med §17-1 for klimagassregnskap, skal verdier basert på prinsippet om umiddelbar oksidasjon benyttes for materialer som inneholder biobaserte råvarer. For norske EPDer vil dette si GWP-IOBC. For EPDer fra det internasjonale EPD systemet skal verdien GWP-GHG benyttes, imens for utenlandske EPDer skal GWP total adderes med beregnet GWP-BC (DiBK, 2022, s. 21).

Materialmengden som inngår i regnskapet, kan hentes ut på ulike måter. De kan hentes fra tegninger, økonomisk kalkyle, faktura eller BIM-modell. (DiBK, 2022, s. 26). Dette avhenger av tilgjengelighet i prosjektet, steg i byggverkets livssyklus, samt omfang og hensikt av beregningene. I all hovedsak benyttes BIM-modeller til mengdeuttak for klimagassberegninger.

2.5.3 BYGNINGSINFORMASJONSMODELLERING OG LIVSLØPSVURDERINGER

Antón & Díaz (2014) presenterer to ulike fremgangsmåter for integrering av BIM og LCA. Den første tilnærmingen er basert mengdeuttak direkte fra BIM-modellen. Når mengdene manuelt er hentet ut fra modell utføres klimagassberegninger. Disse beregningene gjøres for hele bygget, men også for enkelt bygningsdeler. En svakhet ved denne fremgangsmåten er at det er en manuell tilnærming, som krever at prosjekterende kontinuerlig revidere dataen i livsløpsvurderingen ved endringer og utvikling av modell (Antón & Díaz, 2014). Den andre fremgangsmåten Antón & Díaz (2014) beskriver knytter materialdata til objekter i modell. Dette er en mer automatisert arbeidsmetode, hvor prosjekterende kan velge materialer basert på miljødata. Ved å ta i bruk denne fremgangsmåten blir materialvalg en naturlig del av beslutningsprosessen gjennom tidligfase prosjektering (Antón & Díaz, 2014).

Antón & Díaz (2014) påpeker at det er nødvendig å endre arbeidsprosedyrer i byggebransjen, og argumenterer for at innføringen av et integrert LCA-verktøy kan være katalysator for denne transformasjonen (Antón & Díaz, 2014). Implementeringen av BIM har allerede vist seg å ha mange fordeler, og har blitt mer og mer akseptert blant interessentene i byggebransjen (Knotten et al., 2015). Dersom man integrerer LCA i BIM-rammeverket, vil dette kunne stimulere til økt bruk av LCA i de tidlige stadiene av byggeprosjekter (Antón & Díaz, 2014).

2.5.4 BEREGNINGSVERKTØY

Flere LCA-verktøy utviklet for klimagassberegninger av bygninger er tilpasset prosjektert og as-built regnskap. Bruken i tidligfase prosjektering er av den grunn svært begrenset (Meek, Hollberg, Knapen, Hildebrand, & Verbeek, 2018, s. 229). Meek et al. (2018) forklarer med brukerutfordringer for ikke LCA-eksperter slik som arkitekter (Meek et al., 2018)

Brukerutfordringene er knyttet til kompleksiteten i vurderingen, detaljert informasjon om byggematerialer, tid og det faktum at det er nødvendig med kunnskap om metodikken for å utføre beregninger på riktig måte. Dette er noe de fleste arkitekter ikke har ifølge (Meek et al., 2018, s. 229). Derfor mener Meek et al., (2018) at det er vesentlig å innføre en referanse eller indikator som kan viser det totale utslippet for bygget og kvantifiserer resultatet fordelt på bygningsdeler slik at arkitekter selv kan utføre klimagassberegninger i tidligfase prosjektering. Da arkitektene har størst innflytelse i tidligfasen av byggeprosjekter (Meek et al., 2018, s. 232) (Meek, Hollberg, Knapen, Hildebrand, & Verbeek, 2018, s. 232)

Bruken av referanse, eller baseline understøttes av Bruce-Hyrkäs et al. (2018), gjennom spørreundersøkelser hvor 90% av deltakerne svarte at for å kunne sammenligne utslippene og benytte resultatene som beslutningsunderlag er det vesentlig med en referanse (Bruce-Hyrkäs et al., 2018, s.233)

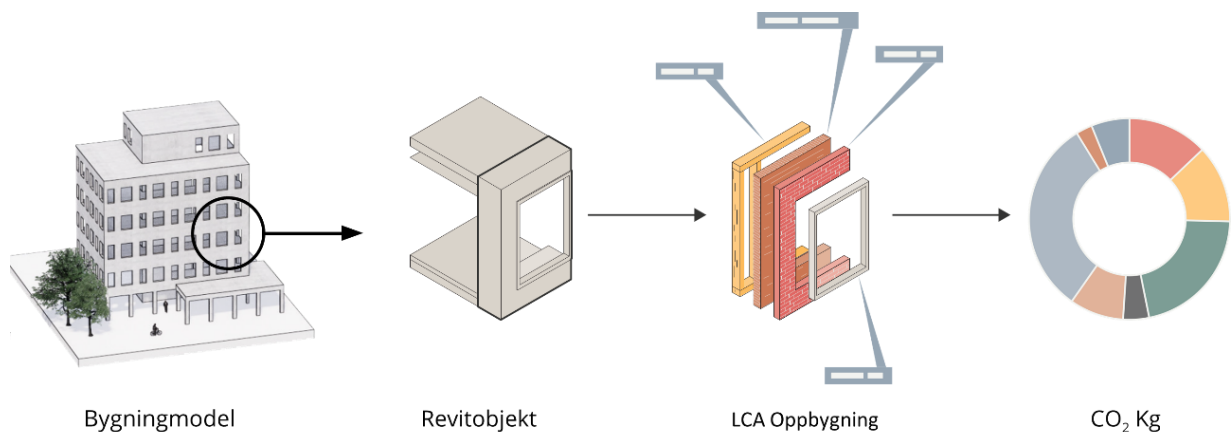
Meek et al. (2018) mener også at tidsbruken bør være så lav som mulig, da fokuset ligger på å utvikle flere designalternativer sammen med brukerne, og at det derfor er vesentlig at det benyttes andre verktøy som integrert funksjon for å lette arbeidet (Meek et al., 2018, s. 233).

LCA-verktøyene One Click og LCA Design Tool introduserer BIM-integrasjon med en ekstern materialdatabase for tidligfase klimagassberegninger. For One Click LCA integreres BIM-modell i programvaren (One Click LCA, 2023b). For LCA Design Tool integreres klimagassverktøyet som en plugin i verktøyet (Intranett COWI,2023).

2.5.4.1 LCA DESIGN TOOL

LCA Design Tool er et klimagassberegningsverktøy utviklet av Arkitema i samarbeid med COWI. Verktøyet er utviklet for å måle CO₂ avtrykk på tidligfase skissemodeller, og skal understøtte prosjektering og beslutningsprosesser gjennom byggverkets prosjekteringsprosess mot et mer klimavennlig bygg. Tanken er at verktøyet skal benyttes som et prosessverktøy av ikke LCA-eksperter (Intranett COWI,2023).

Verktøyet lar prosjekterende tildele miljøegenskaper til individuelle bygningskomponenter i prosjektets modell og dermed raskt kartlegge bygningens karbonavtrykk, se figur 15.

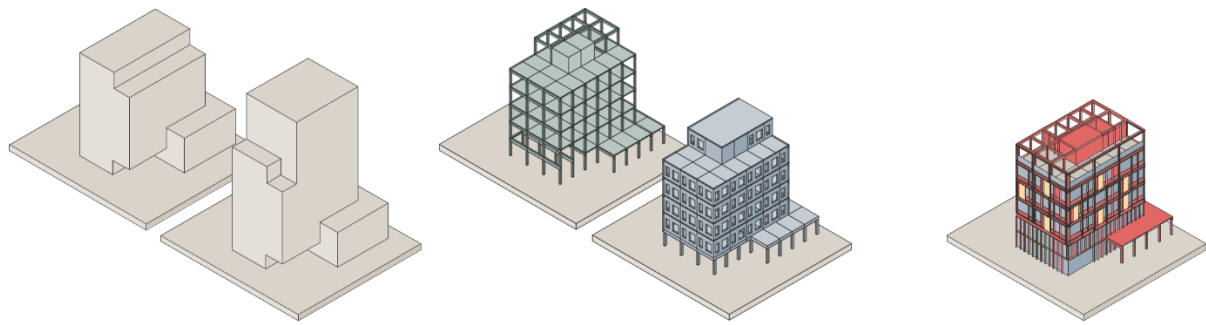


Figur 15. Prinsipp LCA Design Tool. Illustrasjon er utarbeidet av Mikkel Printz, Arkitema

Verktøyet er utviklet som plugin for designprogrammet Revit, og benytter innebygde modellkategorier og parametere for å lese informasjon om modellobjekter og -mengder direkte fra BIM-modellen. LCA Design Tool gir prosjekterende muligheter til å velge fra et materialbibliotek med utslippsdata.

Når disse materialene er tilegnet en bygningsdel, får verktøyets bruker en oversikt over klimagassutslippet fra materialene. Verktøyet kan benytte referansedata for bygningsdelskategorier som ikke er modellert, typisk for tidligfase beregninger (Intranett COWI,2023). Etter hvert som modeller berikes og prosjektet skrider frem vil det bli færre og færre referanseverdier. Disse blir byttet ut med modelldata.

I dag er verktøyet tilpasset dansk prosjekteringsprosess, og er i samsvar med dansk og svensk byggeforskrift med et dansk materialbibliotek fra LCA byg Danmark. Materialdatabasen kommer i JSON-format. Dette er en enkel tekstbasert standard for å formatere dokumenter som benyttes for datautveksling (hentet fra intranett COWI/Arkitema). LCA Design Tool kan benyttes i flere faser, fra tidligfase prosjektering til detaljprosjekter og produksjon av bygg, se figur 16.



Volummodell

På volumnivå kan verktøyet tidlig analysere designets innvirkning på den totale livsløpsanalysen.

Bæresystem

Strukturen er ofte den største bidragsyteren til bygningens totale karbonavtrykk. Verktøyet gir en rask oversikt over strukturens totale karbonavtrykk og potensielle besparelser som følge av eventuelle justeringer av strukturen.

Detaljering

Prosjekterende kan løpende følge bygningsdelers CO₂ utslipp, og måle effektene av variasjoner.

Figur 16. LCA Design Tool kan benyttes i flere faser. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på illustrasjoner fra Mikkel Printz, Arkitema

Figuren illustrerer bruken av LCA Design Tool gjennom detaljeringen BIM-modellene, fra tidligfase hvor volummodeller etableres av arkitekter, og bæresystem etableres ved et tverrfaglig samarbeid mellom ARK og RIB til modeller berikes, og LOD nivået på modellene øker detaljeringsgraden og komplett LCA kan utføres.

Verktøyet legger til rette for å gjennomføre iterative LCA prosesser gjennom stegene i byggverkets løp, og kan etablere baseline hvor man løpende kan sammenligne med alternativer, samt beregne besparelse, en kan også etablere forskjellige scenarioner eller alternativer slik at man får laget en tiltaksliste for å kartlegge hvordan en skal forsøke å nå prosjektspesifikke klimamål. De iterative prosessene kan dokumenteres i rapporter, dette er illustrert i figur 17.

Rapporter Baseline Tiltaksliste Alternativer



Figur 17. LCA Design Tool rapporter. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på illustrasjoner fra Mikkel Printz, Arkitema

2.5.4.2 ONE CLICK LCA NORGE

One Click er verdensledende programvare for livsløpsvurderinger, og benyttes av de fleste aktører i Norge i dag (Symetri, 2023). Store offentlige bedrifter som Statsbygg benytter One Click som standard verktøy (Statsbygg, 2022). Verktøyet følger den nye norske standarden NS3720, og genererer klimagassregnskap for lokaliseringvalg og karbonutslipp. For beregning av karbonutslipp kan One Click LCA utføre tidligfase beregninger med «Carbon Designer», prosjektert regnskap og as-built regnskap (One Click LCA, 2023a).

For å utføre tidligfaseberegninger med One Click opprettes et standard referansebygg, hvor materialsammenstillingen representeres av standard konstruksjonstyper og materialvalg for gitt bygningstype. Dette innebærer at One-Click benytter bransje-EPDer, og ikke prosjektspesifikke EPDer for tidligfaseberegninger, noe som gir grovt estimat for utslippsdata som kan benyttes som prosjektets baseline (One Click LCA, 2023a).

For å utføre klimagassregnskap for et prosjektert bygg oppretter man ett eller flere bygg i verktøyet. For hvert bygg tilegnes input om type bygningsmaterialer med leverandør EPDer, levetid og bygningsarealer. Denne informasjonen innhenter RIM fra andre aktører i prosjektet som entreprenør og arkitekt (One Click LCA, 2023a).

For å utføre som bygget beregninger gjøres dette på samme måte som ved prosjektert bygg. Ved som bygget beregninger må entreprenør gi RIM oppdatert informasjon om faktiske benyttede produkter og materialmengder, hvis det da er gjort endringer underveis i byggefasen (One Click LCA, 2023a).

Verktøyet fremstiller resultater i tabell som kan eksporteres ut til excel hvor en kan fremstille resultater slik en selv ønsker. Verktøyet finnes også som BIM programvareintegrasjon, hvor en kan importere BIM modeller til One Click LCA, og støtter programvarer som Autodeks Revit, Solibri, Tekla og 16 andre integrasjoner (One Click LCA, 2023b).

2.6 RAMMEVERK FOR KLIMA OG MILJØ I SYKEHUSPROSJEKTER

Sykehus er store offentlige prosjekter som har et betydelig ansvar for å forebygge og redusere klimagassutslipp. Dette er også forankret i nasjonal sykehusplan (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 34). Nyttige hjelpemidler som norske standarder bidrar til å lage gode byggverk og arbeide med klima og miljø i byggeprosjekter, men i tillegg til dette grunnet deres ansvar som store aktører har Sykehusbygg HF forfattet en egen standard for klima og miljø i sykehusprosjekter. Denne veilederen beskriver hvordan sykehusprosjekter skal arbeide aktivt med klima og miljø, og er ment for byggherrer, prosjektledelse, arkitekter og rådgivere (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 7).

Hensikten med denne standarden er å innføre tiltak i sykehusprosjektene, slik at RHF og HF bidrar til at Norge som nasjon når sine klimamål. Standarden baserer seg på tre viktige prinsipper (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 7).

Det første prinsippet er at miljømål alltid skal etableres i tidligfasen. De prosjektspesifikke målene skal ta utgangspunkt i standardens hovedmål som for eksempel mål om å redusere klimagassutslipp fra materiale med 50% fra referansebygget Sykehuset Østfold Kalnes som har en verdi på 451 kg CO₂e/m² BTA (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 21). Målene skal også danne utgangspunktet og retningen for miljøledelsen i prosjektet. Miljøledelsen skal tidlig integreres som en del av prosjektledelse for å aktivt kunne styre prosjektet mot miljømålene. Dette er standardens andre prinsipp. Det siste og tredje prinsippet omhandler at klima- og miljøhensyn skal vektlegges betydelig i beslutning angående lokalisering (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 7).

Sykehusbygg (2021) sine erfaringer fra tidligere prosjekter viser at prosjektene ofte starter med godt definerte miljøambisjoner, men at fokuset dabber av i gjennomføringen av prosjektet. Sykehusbygg hevder at miljøoppfølgingsplaner ikke blir jevnlig revidert, og at klimagassregnskap kun brukes som en omfattende livsløpsvurdering (LCA) og dokumentasjon ved ferdigstilling av bygget, uten å fungere som et verktøy for

beslutningsstøtte.. Ved evalueringer oppdager man at klima og miljø ikke har fått nok plass i prosjektet, og det antas at dette har rot i at det ikke oppleves viktig nok, samt at det ikke tilegnes ressurser og tilstrekkelig med tid (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 33).

For å lykkes med å nå klimamålene mener Sykehusbygg (2021) at aktørene må samarbeide for å finne de beste løsningene. Dette betyr at miljøstyring skal være sømløst integrert i hele ledelsesprosessen gjennom prosjektmøter, samarbeid med prosjekteier, arkitekter og rådgivere. Det innebærer også at byggherrens miljøstyring aktivt arbeider med å oppfylle kravene som gjelder for gjennomføringen av prosjektet, med mål om å fremme de mest hensiktsmessige løsningene. (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 33).

De fem viktigste kravene for gjennomføring av prosjektene er krav til byggherrens prosjektorganisasjon, miljøprogrammet, miljøoppfølgingsplan, klimagassberegninger, samt prosjektrapportering (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 12).

Gjennom standard for klima og miljø i sykehusprosjekter stilles det derfor krav til at ved oppstart av prosjekter skal prosjektledelsen styrkes med en rolle som har ansvar med å etterleve og følge opp miljøkravene. Denne rollen skal inneha riktig miljøkompetanse, og er i Sykehusprosjekter kalt prosjektets miljøkoordinator (KM) (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 34)

Det stilles også krav til at det utarbeides et miljøprogram (MP) som er prosjektspesifikt og forankret i miljømålene i standarden. MP utarbeides av KM, skal godkjennes av prosjekteier og danner premissene for prosjekteringsgruppens arbeid med klima og miljø. I tillegg til MP skal det også utarbeides en oppfølgingsplan, kalt miljøoppfølgingsplan (MOP). Denne skal identifisere tiltak for å kunne innfri kravene i miljøprogrammet. MOPen er et levende dokument som må videreføres og oppdateres i prosjektets forløp (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 34).

I prosjektgjennomføringen skal også klimagassberegninger benyttes som beslutningsstøtte fra tidligfase. Beregningene skal oppdateres med prosjektets berikelse og fremskritt. I tillegg må byggherrens prosjektledelse sikre at prosjekteringsgruppen har tilgang til en ressursperson med relevant kompetanse (RIM) som de kan rådføre seg med. Denne personen har også ansvaret for å følge opp at foreslåtte løsninger tar hensyn til miljøplanen (MP), og de skal aktivt fremme diskusjoner om klima og miljø i prosjekteringsmøtene for å gi prosjekteieren regelmessige statusrapporter. (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 34).

I tillegg gir standarden en rekke retningslinjer for hvilke leveranser som inngår i de ulike fasene. Dette er nærmere beskrevet i neste kapittel.

2.7 ARBEID MED KLIMAVURDERINGER- OG BEREGNINGER I KONSEPTFASEN AV NORSKE SYKEHUSPROSJEKTER

Sykehusbygg (2021) forklarer at noen ganger tas de viktigste beslutningene som har innvirkning på klima og miljø før miljøfaglig kompetanse er tilgjengelig (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 37).

Dette kapitlet tar derfor for seg hvordan miljøledelsen og RIM arbeider med klimagassvurderinger- og beregninger i konseptfasen av sykehusprosjekter i henhold til Sykehusbygg sin standard for klima og miljø, samt RIF ytelsesbeskrivelse for RIM. I tillegg forklares ARK og RIB sin påvirkning på klimagassutslippet i forbindelse med prosjektering av hovedbæresystemet, samt integrasjonen av BIM og livsløpsvurderinger i tidligfase. Kapitlet bygger videre på og bør ses i sammenheng med rammeverket for norske sykehusprosjekter når det gjelder gjennomføring og prosjektering, kapittel 2.1-2.4, samt rammeverket for LCA i norske sykehusprosjekter, kapittel 2.5-2.6.

2.7.1 PROSJEKT- OG MILJØLEDELSE

En del av ledelsesprosessen i sykehusprosjekter er å lede prosjekteringsgruppen gjennom konseptfasen og drive frem sluttrapporten for fasen, og dermed valg av anbefalt konsept. Dette innebærer å lage og følge opp rammer, mål og plan for prosjekteringsgruppen.

Miljøledelsens hovedansvar i konseptfasen er for steg 1 å sørge for at «et miljømessig ufordelaktig alternativ ikke velges». For steg 2 er det å bidra til godt beslutningsgrunnlag for valg av riktig konsept. Miljøledelsens ansvar i konseptfasen er også å oppdatere miljøprogrammet. Oppdateringen i konseptfasens steg 1 omhandler å supplere miljøprogrammet med risikoreducerende tiltak for konseptfasen. I konseptfasen gjennomføres en vurdering av risikoen knyttet til muligheten for å oppnå klima- og miljømålene for denne fasen. Basert på denne vurderingen vedtas tilhørende tiltak som setter standarden for de kommende fasene. I den andre delen av konseptfasen oppdateres miljøprogrammet med delmål og hovedstrategier for å oppnå målene i de påfølgende miljøoppfølgingsfasene. Samtidig blir risikovurderingen fra den første delen av fasen revidert, og eventuelle nye krav blir integrert i planen. (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 39).

2.7.2 YTELSE FOR RIM

Ifølge RIF (2022) ytelsesbeskrivelse for RIM innebærer denne rollen en rekke miljøfaglige utfordringer. Arbeidsoppgavene til en miljørådgiver varierer avhengig av flere faktorer, inkludert hvordan ansvarsfordelingen er regulert i henhold til plan- og bygningsloven, størrelsen på prosjektet, valgt gjennomføringsmodell, kompetansen til prosjekteringsgruppen og oppdragsgiveren, samt de miljømålene som er satt for prosjektet. Denne rollen krever bred kunnskap innenfor alle miljørelaterte områder for å kunne ha en helhetlig tilnærming til oppgavene. Dette er særlig viktig for å kunne gi kvalifiserte råd i den tidlige fasen av prosjekteringen. RIM legger nemlig premisset for prosjektet sammen med oppdragsgiveren (RIF, 2022, s. 8).

RIM sine ytelser deles inn i faseuavhengige og faseavhengige ytelser. Dette refererer til tjenester som er knyttet til ulike trinn i byggeprosessen, samt tjenester som ikke er spesifikt knyttet til en bestemt fase av byggets livssyklus. Faseuavhengige tjenester inkluderer oppgaver som koordinering, kommunikasjon og deltakelse i møter for å sikre at miljøkravene blir ivaretatt. Med andre ord, faseuavhengige tjenester innebærer håndtering av lovbestemte krav som gjelder for hele prosjekteringsgruppen, for eksempel byggherreforskriften og oppdragsgivers miljøkrav. RIM fungerer som prosjekteringsgruppens miljøleder, samarbeider tett med byggherren, og kan ofte bistå byggherrens miljøledelse (RIF, 2022, s. 13). Faseavhengige ytelser for RIM knyttet til CO₂-utslipp fra materialer er dokumentasjon av miljøfaglige vurderinger, miljøkonsekvensanalyse, klimagassregnskap for lokalisering, overordnede materialvurderinger, samt innspill til BIM (RIF, 2022, s. 15)

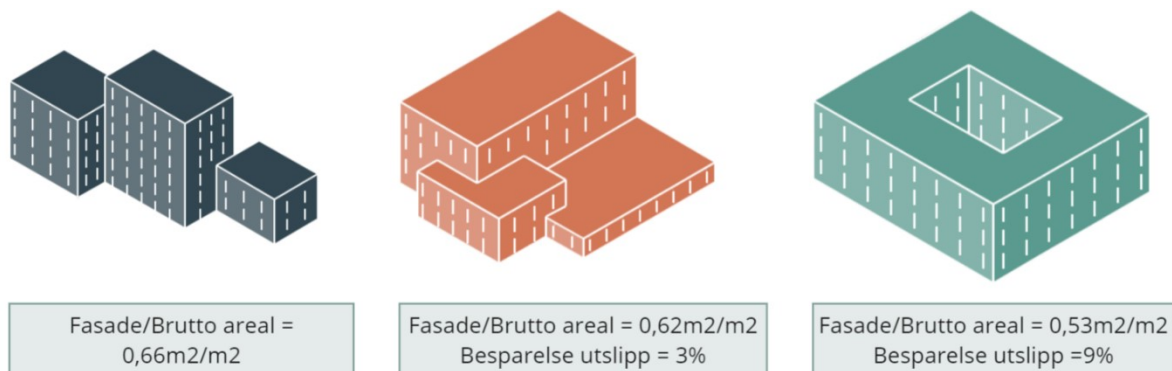
I standard for klima og miljø i sykehusbygg er RIM sine hovedleveranser å utføre klimagassberegninger for alle utbyggingsalternativene i steg 1, samt gjennomføre en miljøstatus-analyse for å danne et bilde av den foreløpige miljø-prestasjonen (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 39)

2.7.3 ARK OG RIB SIN PÅVIRKNING PÅ CO₂-UTSLIPP FRA MATERIALER

Arkitekter har en ledende rolle i tidligfase prosjektering, hvor de kommer med en rekke designalternativer, materialforslag og lokaliseringsanbefaling. Underveis i utarbeidelsen av byggeprogrammet har arkitektene en rekke krav til fysiske løsninger av byggverket. Deriblant krav til materialbruk og konstruksjoner. Det er flere aspekter å tenke på når arkitektene velger materialer og konstruksjoner som bygningstekniske prinsipper og løsninger, funksjonsbehov og klimavurderinger (Arkitektbedriftene, 2023b).

Når det gjelder materialvalg bør arkitekter fokusere på å bruke holdbare, resirkulerbare og økonomiske materialer som krever lite vedlikehold, og er lokalt tilgjengelig. Arkitekter bør også vurdere materialer som enkelt demonteres og gjenbrukes eller resirkuleres for å redusere CO₂-utslipp (Sagheb et al., 2011)

Når det gjelder designalternativene, og byggets form, har arkitektene stor innvirkning på klimagassregnskapet. Forholdet mellom byggets fasade og byggets gulv areal er en vesentlig del av rammen for klimagassberegninger. For eksempel kan tre bygninger med samme høyde, samme konstruksjoner, men ulik form føre til mindre fasadeareal i forhold til m² BRA, se figur 18. Dette er kostnadsbesparende på grunn av mindre mengder fasadelement. Mindre mengder gir også redusert CO₂-utslipp (Haneefa, 2023).



Figur 18. Byggets form påvirker klimagassutslippet. Illustrasjon er utarbeidet av

Bygningens bæresystem utgjør den største delen av CO₂-utslippet fra materialer. Bærende konstruksjoner står for 43% av denne klimabelastningen i sykehusprosjekter (Multiconsult, 2023). RIB har dermed også stor innvirkning på klimagassregnskapet i tidligfase. I skisseprosjektfasen utarbeider RIB sammen med ARK forslag til bæresystem med tilhørende dimensjoner. Dette innebærer at RIB i skisseprosjektstadiet kan påvirke klimagassregnskapet med å slanke konstruksjoner. På lik linje med fasade; desto slankere konstruksjon, jo mindre mengder, og dermed lavere CO₂-utslipp. Det er også her materialvalg vurderes. Skal en benytte massivtre, stål, lav karbonbetong A eller B? (RIF, 2019, s. 10).

2.7.4 LIVSLØSVURDERINGER OG MODELLUTVIKLINGSNIVÅ

I tidligfasen av byggeprosjekter er ikke modellutviklingsnivået spesielt presist; geometrinivået er lavt og informasjon som må til for å utføre klimagassberegninger er ikke tilgjengelig i modell enda. En BIM-basert vurdering i de tidlige stadiene krever derfor betydelig manuell inndata, noe som gjør prosessen komplisert og tidskrevende. Dette er grunnen til at flertallet av studier som bruker BIM for LCA utfører en enkelt vurdering etter at prosjektet er fullført (Röck et al., 2018). Modellutviklingsnivået for objekter blir dermed også en vesentlig parameter i integreringen av BIM og LCA, ettersom det har innvirkning på nøyaktigheten av beregningene (Soust-Verdaguer et al., 2017)

Soust-Verdaguer et al. (2017) argumenterer for at et BIM integrert LCA-verktøy kan anvendes for en forenklet Screening LCA i tidligfasen av prosjektet. Forfatterne mener at LOD 300 er det laveste modellnivået som er egnet for å utføre screening LCA (Soust-Verdaguer et al., 2017). Dette synspunktet blir utfordret av Dupuis et al. (2017), som introduserer en metode for LCA som opererer allerede på LOD 100. Likevel, mener Dupuis et al. (2017) at LOD >350 er det optimale utviklingsnivået for å gjennomføre screening LCA. Forfatterne argumenterer for at informasjonshullet mellom 100 til >300 skal lukkes må det benyttes generisk data som baserer seg på erfaringstall og en standard oppbygning av relativt like bygg. I tillegg presenterer de en analyse av sannsynligheten for valg mellom ulike bygningsstrukturer og designalternativer. Dette muliggjør en vurdering av usikkerheten i beregningene, og dermed kan resultatene anslås med en viss grad av pålitelighet (Dupuis et al., 2017)

KAPITTEL 3 METODE

3 METODE

Ved innsamling og analysing av data i denne forskningsoppgaven benyttes dybdeintervju, deltakende observasjon og dokumentanalyse. Metodene egner seg for å systematisere tolkninger, ytringer og erfaringer, noe som vil være fordelaktig for å kunne besvare oppgavens problemstilling.

For innsamling av kvalitativ informasjon til denne forskningsrapporten anvendes dokumentstudier, intervju og deltagende observasjon (De nasjonale forskningssetiske komiteene [FEK], 2022). Metodene er nærmere beskrevet i kapittel 3.3; metode for innhenting av data.

For innsamling og bearbeidelse av den empiriske dataen som stammer fra den kvalitative forskningsmetode er det fundamentalt å ha en forskningsstrategi. Dette studiet følger derfor en casestudie, som gjennomføres i skrivende stund.

3.1 CASESTUDIE

Masteroppgaven følger byggeprosjektet Sykehuset i Innlandet (VSI). Bakgrunnen for dette valget kommer av at prosjekteringsgruppen består av de eksterne samarbeidspartene COWI og Arkitema. I tillegg er VSI-prosjektet i gang med å gjennomføre tidligfasen. Siden det er i tidligfasen de store påvirkningsmulighetene ligger, var det essensielt å kunne følge VSI-prosjektet. Det er jo her, ifølge RIF (2022), prosjektene skal utøve «riktig miljøprosjektering».

VSI-prosjektet arbeider med å planlegge og prosjektere en fremtidig sykehusstruktur. Prosjektet er nå i konseptfasen, - og ledes av Sykehusbygg HF (SB), som er et underforetak av oppdragsgiver Helse Sør-Øst RHF (Helsenorge, 2023).

Helseforetaket har inngått avtale med Ratio arkitekter AS, Arkitema AS, COWI AS og Asplan Viak AS (rådgiverne), - som solidarisk påtar seg å levere prosjekteringstjenester for å videreutvikle Sykehuset Innlandet HF – Konseptfase.

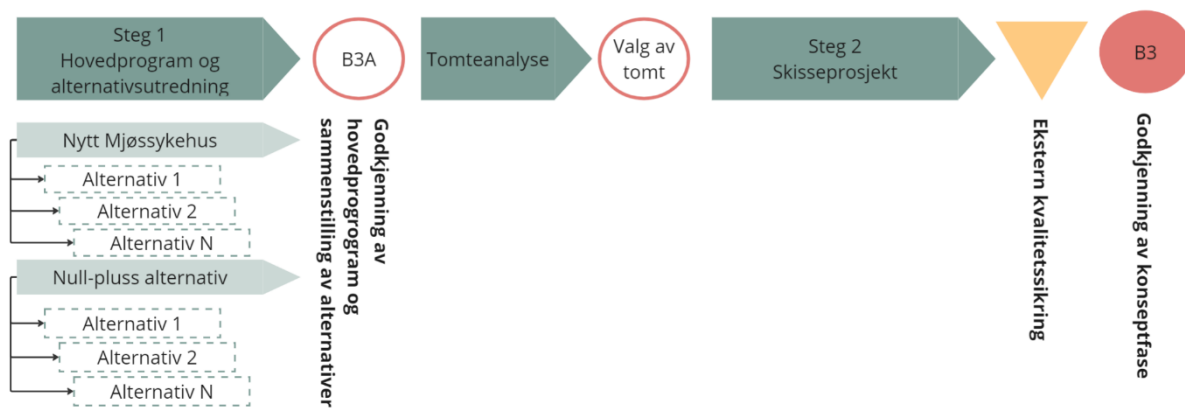
Dette casestudiet vil hovedsakelig følge to spor i VSI-prosjektet. Hovedsporet følger leveranser, aktiviteter og prosesser i prosjektet som leder frem til og inkluderer klimagass tiltak, -vurderinger og -beregninger av hovedbæresystemet. Delsporet følger bruken av LCA Design Tool som prosess- og klimagassberegningsverktøy. Verktøyet er ikke tatt i bruk i norske byggeprosjekter tidligere, det er derfor hensiktsmessig å dokumentere erfaringer. Mer om dette følger i underkapitlene, men først litt relevant informasjon om VSI.

3.1.1 OM PROSJEKTET - VIDEREUTVIKLING AV SYKEHUSET INNLANDET (VSI)

I mai 2021 behandlet styret i Helse Sør-Øst RHF "Videreføring av planer for utviklingen av Sykehuset Innlandet HF" og besluttet å fortsette arbeidet med å utvikle Sykehuset Innlandet til konseptfasen. (Merzell, 2022, s. 3). Helseforetaket utlyste dermed åpen anbudskonkurranse for arkitektledet rådgiversteam primo 2022. Ratio, Arkitema, COWI og Asplan Viak ble dermed kontrahert og kunne sette i gang oppdraget i løpet av første kvartal 2022.

Prosjektets oppdrag består av tre deloppdrag. Deloppdragene er beskrevet under og illustrert i figur 19, og viser stegene i konseptfasen for VSI-prosjektet.

- Steg 1: Utarbeidelse av løsningsalternativer som grunnlag til beslutning i beslutningsport B3A
- Steg 2: Utarbeidelse av skisseprosjektet og grunnlag for beslutning i beslutningsport B3
- Tomteanalyse



Figur 19. Konseptfasens steg VSI. Illustrasjon utarbeidet av masteroppgavens forfatter basert på (Merzell, 2022)

I første del av konseptfasen, steg 1, inkluderer oppgavene utvikling av hovedprogrammet samt utarbeidelse av konseptuelle løsninger for virksomheten som påvirkes av den nye sykehusstrukturen. Prosjekteringsgruppen skal nøye vurdere to alternative tilnærminger. For begge alternativene skal det gjennomføres uavhengige studier av utforming, funksjonalitet, design og byggbarhet, uavhengig av den spesifikke tomten.

Disse alternativene er:

1. Nytt Mjøssykehus på Moelv, herunder et samlende sykehus med somatiske funksjoner, psykisk helsevern, akuttsykehus, poliklinikk, dagkirurgi, luftambulans, mm. Sykehuset er estimert til ca. 110 000kvm BTA
2. Null pluss alternativ, herunder erstatningssykehus for sykehuset på Hamar. Dagens sykehus er på ca. 22.000 kvm BTA

Dette steget avsluttes med anbefaling til hovedalternativ.

I konseptfasens andre fase, etter nøye vurdering av tomtalternativene og valg av en tomt i samsvar med beslutning B3A, skal det utarbeides et skisseprosjekt for det primære alternativet på den valgte tomten. Dette innebærer en detaljert planlegging av tekniske aspekter, miljø- og klimahensyn, adkomst, utendørs områder og grunnleggende infrastruktur for å kunne bekrefte at konseptet er bærekraftig når det gjelder funksjon, miljø og økonomi (Merzell, 2022, s. 7).

3.1.2 OM PROSESSER OG LEVERANSER I VSI-PROSJEKTET

Hovedsporet til denne forskningsoppgaven vil ta for seg miljø- og prosjektledelsens, arkitektenes og rådgivende ingeniør bygg og miljø sine leveranser gjennom konseptfasens steg 1 og 2. Dette innebærer aktiviteter og prosesser som er knyttet til, leder frem mot og inkluderer klimagassvurderinger- og beregninger av bæresystemet. Dette er viktige hovedaktiviteter som formstudier, hovedgeometri, og arkitektens input til konstruksjonsteknikkeren, RIB sine overslagsberegninger og vurderinger for bærelinjer og -system, hvordan prosjekt- og miljøledelsen gjennomfører de ulike ledelsesprosessene, og ikke minst hvordan RIM skal kunne utføre sine klimagassberegninger.

For å kunne besvare forskningsspørsmålene i denne oppgaven, vil oppgaven tilegne seg data gjennom følgende prosesser og leveranse i VSI-prosjektet:

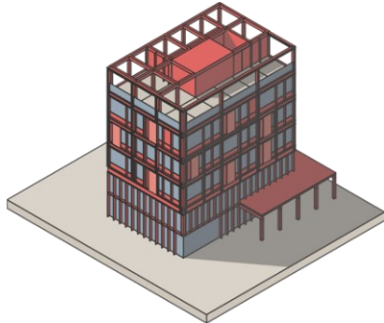
- Ledelsesprosesser, herunder prosjekt- og miljøledelse
- RIM prosess
- ARK prosess
- RIB prosess
- Alternativsvurderinger og klimagassberegninger for bæresystemet

Tanken er å følge ledelsesprosesser knyttet til BIM og miljøarbeider. I tillegg hefter studiet seg på RIM, ARK, og RIB for å se hvordan disse fagene arbeider med klimavurderinger og beregninger knyttet til materialer. Hvilke metoder som benyttes for å tilegne denne dataen er nærmere beskrevet i kapittel 3.3

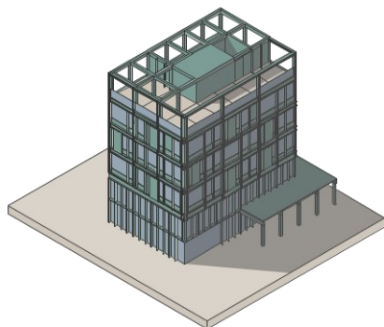
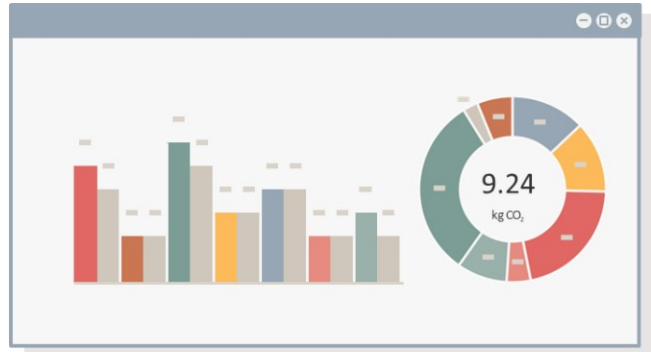
I tillegg til å følge ovennevnte prosesser skal studiet følge med og dokumentere arbeidet i leveransen; alternativsvurderinger og klimagassberegninger for hovedbæresystemet.

RIB skal i samarbeid med ARK utrede ulike alternativer for hovedbæresystemet, det vil si materialvalg og ulike typer materialsenarioer. RIB skal deretter utføre tidligfase klimagassberegninger for disse alternativene. Klimagassberegningene som skal utføres inkluderer bæresystem over terreng. Dette inkluderer ikke gulv på grunn og kjeller etasjer, da det i forfattende stund ikke foreligger grunnundersøkelser.

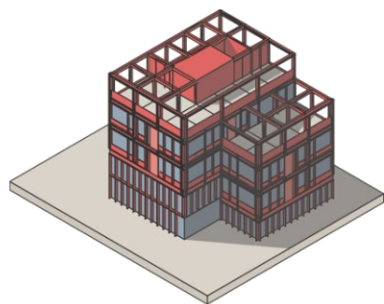
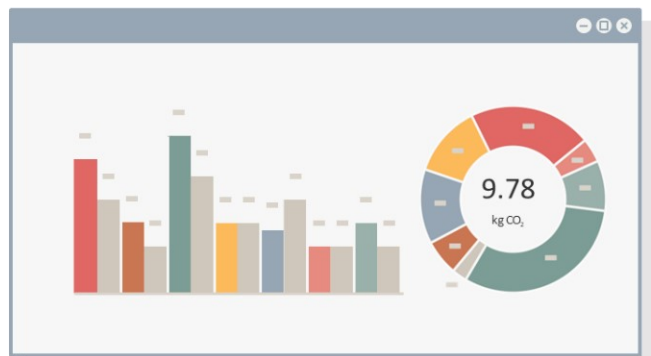
Det skal også etableres baseline for prosjektets klimagassutslipp for bæresystemets materialer, se illustrasjon i figur 20. Denne baselinen eller referansetallet fungerer som en sammenligningsindikator for klimagassberegningene for hovedbæresystemet i VSI.



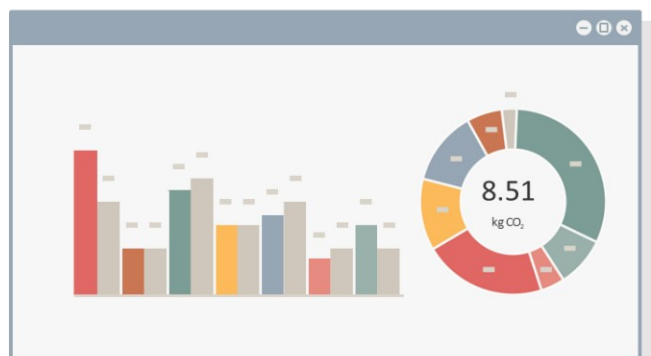
Baseline for bæresystemet



Alternativ B for bæresystemet

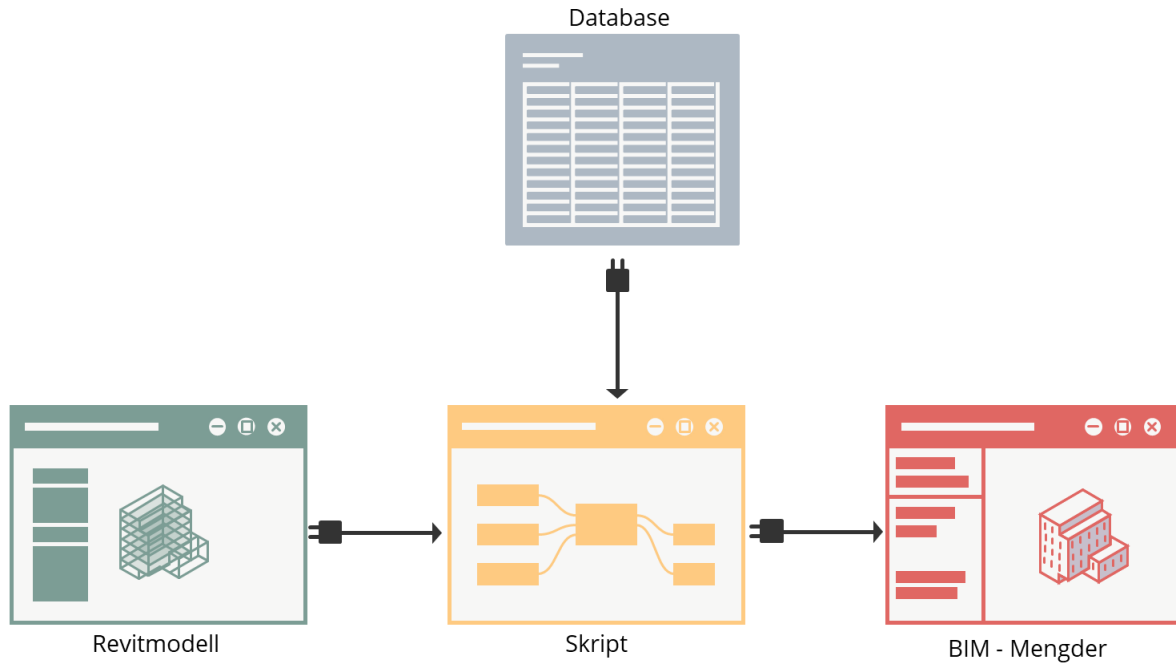


Alternativ C for bæresystemet



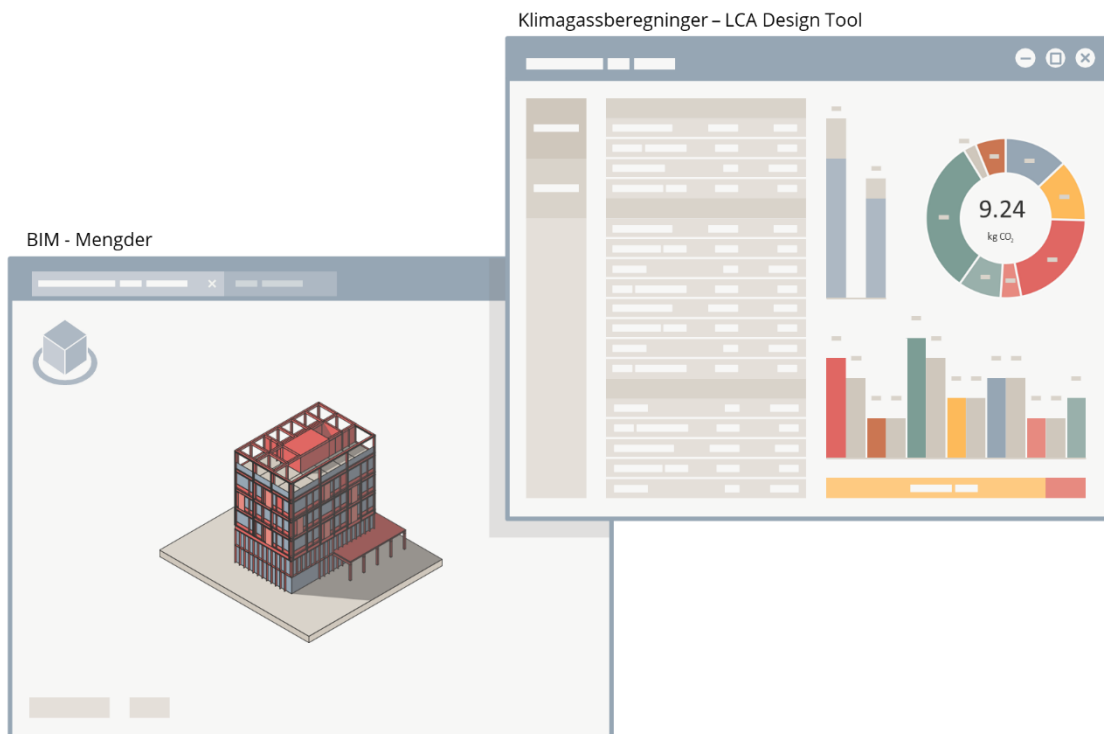
Figur 20. Utredning av ulike alternativer for bæresystemet. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på illustrasjon fra Mikkel Printz, Arkitema.

For å øke både presisjon mht. mengder og en effektiv gjennomføring vil det benyttes script for etablering av 3D modeller. Skriptet er tilpasset tidligfase arkitektmodell og tar utgangspunkt i modelloppsett med dimensjoner, bærelinjer (akser), etasjehøyder og materialer, og er koblet til en database med nødvendige dekketykkelser basert på materiale og spennvidder. Dette skriptet sammen med databasen gir VSI mengder for dekker, bjelke og søyler i ulike materialer, se illustrasjon i figur 21.



Figur 21. Skript for etablering av tidligfase 3D modell av bæresystemet. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter.

Klimagassberegningene utføres med LCA Design Tool. Verktøyet er BIM-integrert plugin hvor objekter tilegnes materiale direkte i 3D modellene, se illustrasjon i figur 22.



Figur 22. Klimagassberegninger av bæresystemet med LCA Design Tool. Illustrasjon er utarbeidet av forfatter basert på illustrasjoner fra Mikkel Printz, Arkitema

Dette bringer oppgaven videre til delsporet; Bruk av LCA Design Tool i et norsk byggeprosjekt.

3.1.3 OM BRUK AV LCA DESIGN TOOL I VSI

Det har seg slik at LCA Design Tool aldri har blitt tatt i bruk i et norsk byggeprosjekt før. Det er kun benyttet i Arkitema prosjekter i Danmark og Sverige. Arkitema og COWI har ei heller arbeidet sammen om å bruke verktøyet i et prosjekt før. Siden verktøyet ikke er tatt i bruk i norske prosjekter tidligere er det dermed heller ikke integrert i prosjekteringsprosessen (R, Sandholm, personlig kommunikasjon, 05.mai 2023).

Verktøyet er også av dansk av opprinnelse, dette innebærer at det må gjøres en rekke tilpasninger til norske forhold, både i Revitmodell og til selve verktøyet. Dette er tilpasninger som må gjøres i VSI-prosjektet for at en skal kunne utføre klimagassberegninger av bæresystemet (E, Rigstad, personlig kommunikasjon, 04.januar 2023)..

Det er dermed av flere årsaker vesentlig å dokumentere bruken av LCA Design Tool. Det er dette casestudiens delspor skal kartlegge. Dette innebærer da hvilke aktiviteter og faglige tilpasninger som må gjøres for at verktøy kan benyttes i et norsk prosjekt, samt kartlegging av erfaringer og anbefalinger ved bruk av verktøyet i et norsk prosjekt. Dette for å kunne ta i bruk verktøyet i fremtidige prosjekter, som en integrert del av prosjekteringsprosessen.

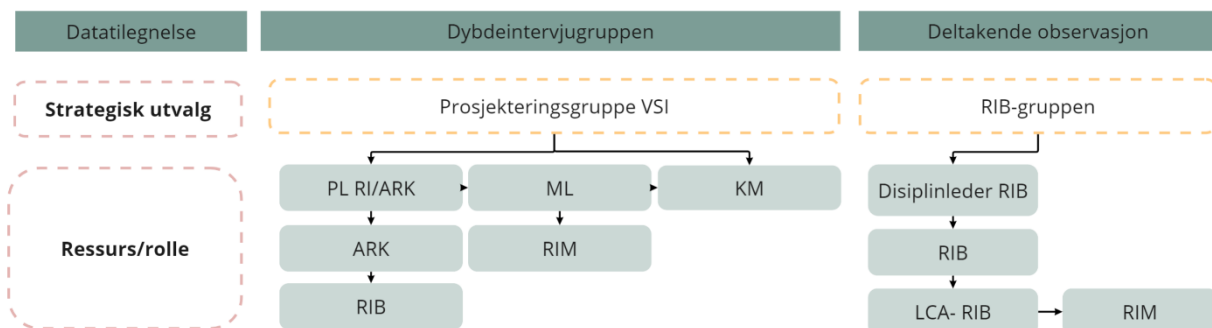
3.2 DELTAKERE

Utvalget av intervjuobjekter til denne masteroppgaven er valgt basert på strategisk utvelging. Dette innebærer at en basert på faglig skjønn velger ut et avgrenset antall undersøkelsesobjekter som er relevante for forskningsemnet. Dette er informanter som er godt egnet til å besvare problemstillingen i forskningsrapporten (Grønmo, 2023).

For denne prosjektoppgaven innebærer dette at deltakerutvalget er sentrale ressurser i casestudiet, VSI. Disse ressursene er valgt på bakgrunn av sin erfaring, prosjekttrolle, samt tilgjengelighet, - og deltar hovedsakelig i dybdeintervju. Dette inkluderer ressurser hos kontraktspartene Arkitema, COWI og Sykehusbygg. De sentrale ressursene har roller som prosjekt- og miljøledere (PL og ML) for prosjekteringsgruppen, byggherrens miljø koordinator (KM), arkitektenes prosjektleder (ARK), rådgivende ingeniører for bygg og miljø (RIB og RIM).

Den andre gruppen som er utvalgt til å bidra som informanter i denne forskningsoppgaven er utøvende rådgivende ingeniør bygg (RIB). Dette vil si disiplinleder og RIB ressurser i prosjektet, den såkalte RIB gruppen. RIB gruppen er utvalgt for deltakende observasjon, mer om dette i kapittel 3.3.3

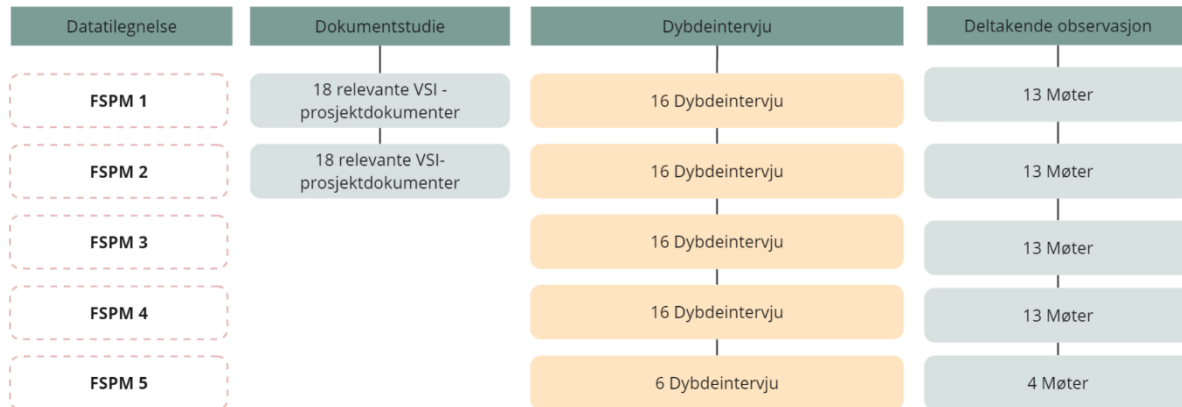
Deltakerne i dette kvalitative forskningsprosjektet er fremstilt i figur 23, hvor sammenhengen mellom deltakere og datatilegnelse illustreres.



Figur 23. Deltakere i forskningsstudiet.

3.3 METODER FOR INNHENTING AV DATA

Den empiriske dataen i casestudier kan samles inn ved bruk av alle former for kvalitativ datagenerering. Tjora (2021) presiserer at det bør benyttes flere ulike kilder for innhenting av data for å kunne understøtte informasjonen, samt for å øke påliteligheten til den empiriske dataen (Tjora, 2017, s. 41). I denne masteroppgaven er det derfor tatt i bruk metoder som dokumentstudier, dybdeintervju, i tillegg til deltakende observasjon. Dette for å kunne høste empirisk data fra casestudiet for å kunne besvare oppgavens forskningsspørsmål. I påfølgende figur 24 er det illustrert hvilke forskningsspørsmål som besvares ved hjelp av de ulike anvendte datainnsamlingsmetoder.



Figur 24. Anvendte metoder satt i sammenheng med forskningsspørsmålene. Gule rektangel viser hvilken metode som er hovedkilden til kvalitativ datagenerering. Grønne rektangel viser til supplerende datainnsamling.

I påfølgende kapittel 3.3.1 -3.3.4 er anvendte datainnsamlingsmetoder beskrevet nærmere.

3.3.1 DYBDEINTERVJU

For å samle inn detaljert erfaringsdata har intervjuer av utvalgte prosjekterende blitt tatt bruk. Dette for å få en bedre forståelse av prosesser, utfordringer og erfaringer som har relevans for å besvare forskningsspørsmål. Som den mest brukte metoden innenfor kvalitativ forskning muliggjør intervjuer innhenting av data med forskjellige synsvinkler, erfaringer, meninger og betrakningsmåter (Tjora, 2017, ss. 113-114).

Intervjutyper som benyttes i denne oppgaven er dybdeintervju. Dybdeintervju er i denne oppgaven anvendt for å besvare alle forskningsspørsmål; forskningsspørsmål 1-5.

Metoden krever forberedelse som rekruttering av deltakere, etablering av intervjuguide, samt spørsmålsmatrise. For masteroppgaven ble deltakere rekruttert gjennom sin rolle i VSI, samt sin rolle i Arkitema og COWI. Les mer om deltakere i kap 3.2. Det ble også utarbeidet et informasjonsskriv med intervjuguide og tilhørende spørsmålsmatriser i forkant av intervjuene. Informasjonsskrivet og intervjuguiden hadde som hensikt å informere intervjuobjektet om bakgrunn, formål, personvern og praktisk informasjon om selve gjennomføringen av intervjuet. Denne intervjuguiden er vedlagt masteroppgaven som vedlegg 1.

Spørsmålsmatrisen ble vedheftet informasjonsskrivet slik at intervjuobjektene hadde anledning til å forberede seg og reflektere over spørsmålene i forkant av intervjuene. Det ble fokusert på å stille så åpne spørsmål som mulig, slik at informanten kunne gå i dybden hvor det måtte ønskes.

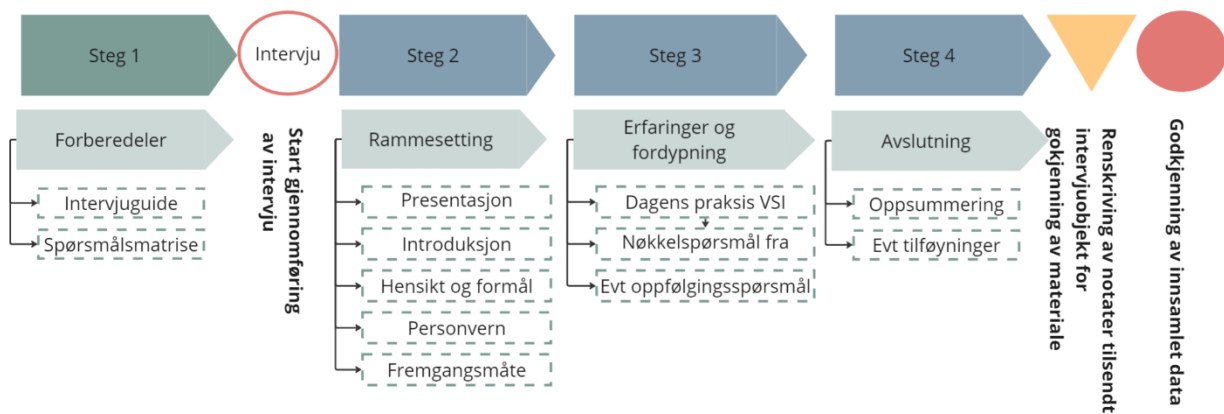
Det ble utarbeidet ulike matriser avhengig av rolle i prosjektet. Total ble det utarbeidet 6 spørsmålsmatriser;

1. Dybdeintervju arkitekt
2. Dybdeintervju rådgivende ingeniør bygg
3. Dybdeintervju LCA Design tool (Intervju av roller som var involvert ifb. bruk av verktøyet, herunder RIB og RIM)
4. Dybdeintervju rådgivende ingeniør miljø og miljøledelse

Spørsmålsmatrisene 1- 4 er vedlagt masteroppgaven i sin helhet i vedlegg 2.

Selve gjennomføringen av intervjuet gikk i hovedsak via videosamtaler på plattformen teams. Med bakgrunn i at intervjuobjektene hadde ulike geografiske lokasjoner. Teams gir mulighet til å gjennomføre intervjuet ansikt til ansikt, selv om deltakerne befinner seg på forskjellige steder, samt mulighet til effektiv gjennomføring av dybdeintervjuet.

Intervjuet forløp seg gjennom fire steg, se illustrasjon i figur 25. Med påfølgende milepæler som renskrivning og godkjenning av innsamlet og nedskrevet materiale.



Figur 25. Dybdeintervjuets fremgangsmåte.

Steg 1 innebærer å forberede deltakeren, samt gi deltakeren mulighet til å forberede seg til intervjuet ved å sende intervjuguide med tilhørende spørsmålsmatriser i god tid før intervjuet skal gjennomføres, som beskrevet tidligere i kapitlet. Videre illustrerer steg 2-4 selve intervjuets gjennomføring fra rammesetting og introduksjon av emnet til fordypning gjennom svar på nøkkelspørsmål fra matrise for å til slutt oppsummere og avrunde intervjuet.

Rammen som ble satt opp for gjennomføring av steg 2-4 var på 2 timer pr. intervju, slik at intervjuobjektene skulle ha tilstrekkelig med betenkningstid. Dette inkluderer ikke tid til renskrivning og analyse av resultater.

For å registrere svarene som kommer frem gjennom intervjuene ble teams videoopptak benyttet, samt at intervjuer transkriberte svarene. Etter intervjuet fikk deltakerne tilsendt transkripsjon av svarene, slik at de kan få muligheten til å revidere og komme med tilbakemeldinger om de eventuelt ønsket å justere svarene sine, samt samtykke til bruk av informasjonen i denne masteroppgaven.

Det ble totalt gjennomført 16 dybdeintervju for å besvare forskningsspørsmål 1-4, samt 6 dybdeintervju for å besvare forskningsspørsmål 5. Tre intervju knyttet til matrise 1, tre intervju knyttet til matrise 2, tre intervju knyttet til matrise 3, tre knyttet til matrise 4, ett knyttet til matrise 5 og tre knyttet til matrise 6.

3.3.2 DOKUMENTSTUDIE

For å kunne understøtte og forsterke resultatene fra de 16 dybdeintervjuene ifb. forskningsspørsmål 1 og 2 ble det utført dokumentstudier. Dette er en systematisk metode for å analysere og evaluere dokumenter av relevans for oppgaven. På lik linje med andre analytiske forskningsmetoder innen kvalitativ forskning, må informasjonen studeres, forstås og tolkes for å kunne gi begrep og danne mening for å kunne tilegne seg den empirisk kunnskap (Bowen, 2009, s. 28).

De elektroniske dokumentene som har blitt analysert og bidratt til data i forskningsstudiet er listet opp i dokumentoversikt under, se tabell 9

Tabell 9. En oversikt over dokumenter analysert i forbindelse med casestudie.

Dokumentliste	Dokumentnr
Konkurransbestemmelser - Arkitektledet rådgiverteam - VSI	Dok 001
Tilbud Arkitema, COWI, Ratio, Asplan Viak - Arkitektledet kreativt prosjekteringsteam til utvikling av VSI	Dok 002
Prosjektgjennomføringsplan konseptfase	Dok 003
VSI steg 1 status - funksjon + form = bygningskonsept	Dok 004
Framdriftsplan brukermedvirkning VSI Steg 2	Dok 005
VSI OneClick-resultater basert på arealer fra ARK	Dok 006
Miljødata massivtre og limtre, prefabrikkert betong, konstruksjonsstål, isolasjon og TRP, armeringsstål	Dok 007
VSI Miljøprogram	Dok 008
Ideer kreativ prosess_fokusmål_CO2-reduksjon	Dok 009
Alternativer hovedbæresystem - LCA-beregning	Dok 010
Kalnes Sykehus - referanse - Total RIB	Dok 011
VSI - Miljøvurderinger ved retningsvalg	Dok 012
Saksfremlegg evalueringskriterium - Bærekraft i form av ytre miljø, energibehov, CO2-utslipp	Dok 013
BIM gjennomføringsplan (BEP) VSI - Konseptfasen	Dok 014
Vurderingsmatrise bæresystemer og dekker	Dok 015
VSI - Møte med styringsgruppa 24.06.22 - Miljø	Dok 016
Medvirkningsmøter	Dok 017
Evalueringsmodell alternativ_SI_mulighetsstudier	Dok 018

Dokumentene er utviklet som interne prosjektdokumenter i VSI i perioden 2021-2023, og er tilgjengelig for medlemmer av VSI-prosjektet. Dokumentene er brukt som sekundærdata for å komplementere resultater fra intervjuer, og er anbefalt lektyre fra intervjuobjektene. Dette for å gi en fordypende forståelse for dagens praksis.

Etter anbefaling fra de sentrale informantene ble det avtalt og gitt tilgang til prosjekthotellet slik at en kunne samle inn relevante data for å deretter kunne analysere og tolke dokumentene. Totalt ble 18 av mer eller mindre relevans analysert.

3.3.3 DELTAKENDE OBSERVASJON

I tillegg til dokumentstudie som understøttende fremgangsmåte for å besvare forskningsspørsmål 1 og 2. Ble metoden deltakende observasjon tatt i bruk. Denne metoden ble også benyttet for å understøtte forskningsspørsmål 3-5.

Denne forskningsmetoden bygger på at forskeren skal delta og observere på samme tid. Ved deltakende observasjon studerer man det folk gjør, imens ved intervjuer studerer det folk sier at de gjør. Tjora (2021) mener at en kombinasjon av intervju og deltakende observasjon er gunstig for å gi forskningen ekte og pålitelig tilleggsdata. Nær kontakt kan sikre innpass og løpende informasjon som kan benyttes i forskningsrapporten (Tjora, 2017, s. 53).

I dette casestudiet følger forsker RIB-gruppen, se figur 23. Dette innebærer at forsker er deltakende observatør i RIB sine prosjekteringsmøter. Hvilke møter dette gjelder er listet opp i tabell 10.

Tabell 10. Oversikt over deltakende møter.

Deltakende i møter	Agenda	Møtenr
17.01.23 Møte PL/ML/RIB	Omfang klimagassberegninger med LCA Design Tool vs One Click	M 001
02.03.23 - RIB - Planlegge arbeider	Tilpasse bæresystem til romløsning, spennvidder, overvannshåndtering	M 002
11.04.23 - ARK/RIM - klimagassvurderinger	Alternative bæresystem/byggematerialer	M 003
12.04.23 ARK /RIB - Grunnlag for bæresystem	Fleksibilitet, elastitet og genrealitet	M 004
11.05.23 VSI - Arbeidsmøte Innlegg RIB	Sprang i fasade, låse grid, avstivende elementer, utkragende bygningsdeler	M 005
30.05 - Møte ARK/RIB	Stabilitet, tverrsnitt, utveksling modeller	M 006
06.06 - Møte ARK/RIB	Aksesystem revisjon	M 007
Møte RIB/RIB LCA/PL/ML	Status modellering, klimagassvurderinger og - beregninger	M 008
Møte RIB/RIB LCA - Tilpasninger	RIB modell klar for mengdeuttak? Verktøy tilpasset?	M 009
Møte RIB/RIB LCA/RIM - Materialdatabase bæresystem	Type materiale og kvaliteter - database GWP	M 010
Møte RIB/RIB LCA - Alternativsvurderinger	Skript og RIB modell	M 011
Møte RIB/RIB LCA - Klimagassberegninger	Resultater VSI, Kalnes referansebygg	M 012
Møte RIB LCA/RIM - KS klimagassberegninger	Kvalitetssikring	M 013
Møte RIB, RIM, PL og BH	Presentasjon av klimagassberegninger for	M 014

Det ble deltatt på totalt 14 møter, hvorav 10 møter har datarelevans for forskningsspørsmål 1-4 og 4 møter har relevans for forskningsspørsmål 1 til og med 5. Før møtet ble det forberedt en stikkordsliste over emner av relevans for oppgaven, se tabell 11.

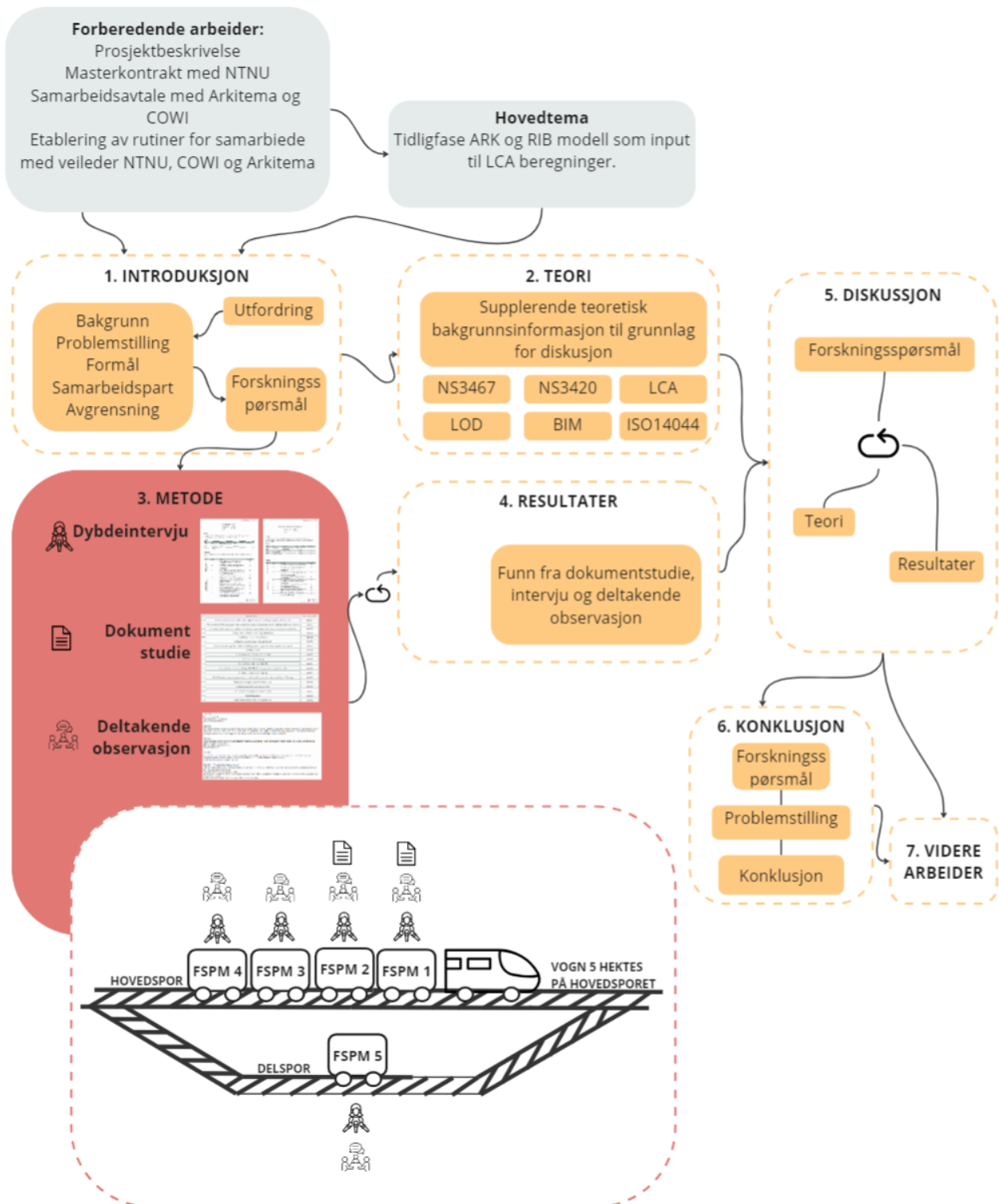
Tabell 11. Observasjonsliste for møtedeltakelse.

Observasjonsliste
Prosess: Faglig prosess, og tverrfaglig samarbeid. Oppgave fordelinger
Metode: Iterasjoner, fremgangsmåter, arbeidsprosess
Verktøy: Bruk av One Click og LCA Design Tool
Samhandling med RIM
Prosjekt- og miljøledelse - Synlighet, innvolvering, tydelighet, prosessforståelse

Informasjonen fra møtene som hadde relevans ble notert og strukturert. Informasjon brukt i forskningsoppgaven ble sendt til RIB-gruppen for gjennomlesning, verifikasjon og godkjenning for bruk i studiet.

3.3.4 EN OPPSUMMERING AV FREMGANGSMÅTE FOR ANVENDTE METODER

For å systematisere datatilegnelsen er påfølgende figur 26 utarbeidet, illustrasjon viser fremgangsmåten for arbeidet med forskningsstudiet.



Figur 26. Fremgangsmåte for arbeidet med masteroppgaven.

KAPITTEL 4 RESULTATER

4 RESULTATER

I denne masteroppgaven har det gjennom kvalitative forskningsmetoder fra ett casestudie blitt innhentet erfaringsdata på hvordan aktørene i tidligfase arbeider med klimagassvurderinger og -beregninger knyttet til materialer. Det har også blitt innhentet data på hvordan arkitekter og rådgivende ingeniør bygg arbeider for at en skal kunne utføre klimagassberegninger av hovedbæresystemet i tidligfase. Dette er henholdsvis forskningsspørsmål 1 og 2 i denne masteroppgaven. Resultatene som er innhentet for å svare på disse forskningsspørsmål vil presenteres i kapittel «prosess for miljøarbeider i konseptfasen i VSI», som viser den tverrfaglige hovedprosessen og avhengigheter til andre fag. I tillegg vil forskningsspørsmålene besvares i kapittel 4.2, 4.3 og 4.4, hvor hovedprosessen brytes ned i faglige prosesser som viser hvordan aktørene arbeider med klimagassvurderinger- og beregninger i tidligfase, samt viser hvilke arbeider som må utføres av ARK og RIB for å utføre klimagassberegninger av bæresystemet.

Videre har det blitt innhentet erfaringsdata for hvordan klimagassberegninger av hovedbæresystemet utføres i tidligfase, samt hvordan arbeid med klimagassvurderinger- og beregninger knyttet til materialer kan integreres i tidligfase prosjektering på en bedre måte enn dagens praksis. Dette er forskningsspørsmål 3 og 4. Datamateriale er også her innhentet gjennom casestudiet og kvalitative metoder. Den empiriske informasjonen innhentet til forskningsspørsmål 3 er presentert i kapittel 4.4.2, imens resultater for forskningsspørsmål 4 er presentert i kapittel 4.6

I tillegg har det gjennom casestudiet blitt ervervet erfaringsdata i forbindelse med pilotering av LCA Design Tool. LCA Design Tool er som kjent gjennom beskrivelse av casestudiet benyttet for å utføre klimagassberegningene. Forskningsspørsmål 5 er derfor knyttet til de øvrige forskningsspørsmål. Dette kommer frem av resultatene som er sammenfattet i kapittel 4.5.

De metodiske tilnærmingene benyttet for å innhente resultater har både styrker og svakheter. Fordelen med kvalitative studier er at de gir muligheten til å svare fleksibelt og dermed innhente nyanserte empiri. De gir holistisk perspektiv, legger til rette for en økt forståelsen for prosjektgruppens erfaringer, og dermed muliggjør en overføringsverdi til andre prosjekter. Utfordringen med metoden er at innhenting av dataen er ressurskrevende, i tillegg er det mye kompleks informasjon som skal struktureres.

I dette kapittelet vil dermed resultatene som er innhentet forsøkes å presenteres på en systematisk måte for å redegjøre for oppgavens hovedfunn.

Hovedfunnene som er kartlagt gjennom kvalitative studier er:

Forskingsspørsmål 1:

- Kunde tar klimagassutfordringer på alvor, samarbeider tett med miljøledelsen i prosjektet og tilegner prosjektet kostnadsbudsjett for å utføre klimagassberegninger av alternative hovedbæresystem, for å optimalisere designet med tanke på klimagassutslipp.
- Miljøledelse er tungt involvert i prosjektledelsen i tidligfasen i VSI
- Rådgivende ingeniør miljø trenger underlag fra arkitekt for å kunne utføre totale klimagassberegninger for tidligfase. RIM etterspør underlaget på ett for tidlig stadiet i forhold til hvor langt i prosessen ARK har kommet.
- Arkitektene arbeider aktivt med klimagassvurderinger underveis i sin prosess, og integrerer vurderinger som en naturlig del av sine evalueringskriterier når de prosjekterer selv om de ikke nødvendigvis

dokumenteres eller utføres klimagassberegninger er det likevel høyt fokus på reduksjon av klimagassutslipp fra materialer

- Rådgivende ingeniør bygg arbeider også aktivt med klimagassvurderinger som en del av sin prosess mot å utarbeide forslag til bæresystem sammen med arkitektene. I likhet med arkitektene har også RIB dette som en del av sine evalueringskriterier når de prosjekterer, det er bare det at det ikke nødvendigvis dokumenteres.

Forskningsspørsmål 2:

- Arkitekter og rådgivende ingeniør bygg samarbeider for å drive frem forslag til bæresystem i tidligfase, og er avhengig av flere beslutninger og andre aktører for å kunne komme med fornuftige forslag som modelleres og dermed gir mengder for klimagassvurderinger. Det er en kompleks prosess med mange foregående aktiviteter og grensesnitt.
- Rådgivende ingeniør bygg gjennomfører en modellsprint for å berike RIB- modell til et nivå som fører til at klimagassberegninger blir mer pålitelige i et tidlig stadium.

Forskningsspørsmål 3:

- Med LCA Design Tool kan RIB selv utføre klimagassberegninger, og benytte verktøyet som en del av optimaliseringsprosessen av designet. RIB benytter dermed verktøyet som et budsjetteringsverktøy for å jobbe aktivt med å redusere klimagassutslippet for de ulike forslagene av bæresystem. De utfører klimagassregnskapet som et budsjett og dermed komme med en rekke alternative løsninger som sammenligner desigialternativene med tanke på reduksjon opp mot et utslippstall fra et referansesykehusprosjekt.

Forskningsspørsmål 4:

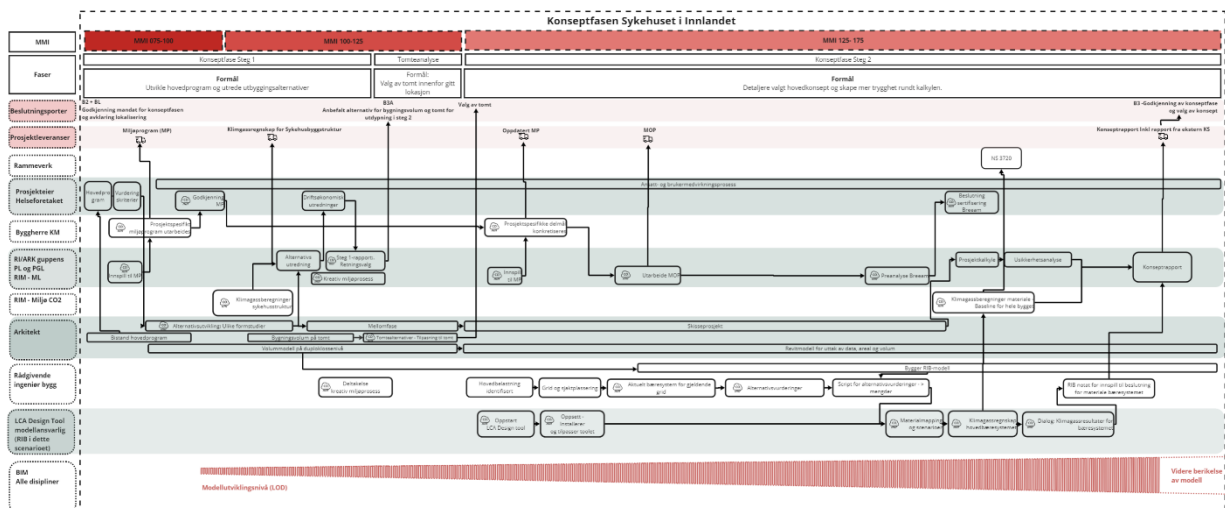
- Total tidligfase klimagassberegninger bør utføres av RIM i slutten av konseptfase steg 2, men kvantifiserte klimagassberegninger bør utføres ved et tidligere stadium i konseptfasen, og bør utføres av ARK og RIB.
- Kompetanseheving av livsløpsvurderinger i tidligfase, herunder metode og verktøy
- Kompetanseheving av faglige og tverrfaglige prosesser.
- Prosjektledelse bør integrer kvantifiserte klimagassberegninger i planverk og prosesser i et tidlig stadium. Det bør gjerne knyttes modellutviklingsnivå til aktivitetene i planverket, samt synliggjøring av at RIM bør bistå i aktiviteten.
- Benytte LCA verktøy med plugin til BIM
- Modell bør ha LOD 300. Modellsprint og bruk av skript bidrar til dette, og øker dermed påliteligheten av klimagassberegninger
- Miljøledelsen bør gjennomføre kreativ miljøprosess i tidligfasen for å forankre målene i miljøprogrammet

Forskningsspørsmål 5:

- Intuitivt verktøy som totalt sett er mindre tidkrevende enn å involvere en ekstra aktør, RIM, for å utføre klimagassberegninger – og budsjetter i tidligfase.
- Standard RIB-modelleringskikk er god nok
- Oppsett for LCA-tall (GWP – KgCO₂eq) er ikke basert på LCA Byg som i den danske versjonen. Det er derimot basert på et manuelt oppsatt materialbiblotek.

4.1 PROSESS FOR ARBEID MED KLIMAGASSUTSLIPP OG -BEREGNINGER I KONSEPTFASEN FOR VSI

Gjennom deltakende observasjon, dokumentstudier og dybdeintervju er det innhentet data for hvordan prosjekt- og miljøledelse, RIM, RIB og ARK arbeider med klimagassvurderinger – og beregninger knyttet til materiale i tidligfasen av Sykehuset Innlandet. Denne dataen er fremstilt og utarbeidet av forfatter som et prosessdiagram som viser hvilke hovedaktiviteter de ulike aktørene gjennomfører i konseptfasen, hvilken rekkefølge disse aktivitetene har, samt hvilke avhengigheter de har til andre aktiviteter. I tillegg er det også kartlagt når det utføres arbeider knyttet til klimagassutslipp fra materialer gjennom å tilegne et eget CO₂ ikon på gjeldende aktiviteter. Prosessdiagrammet er ment til å gi en oversikt over de tverrfaglige arbeidene som utføres i tidligfase, og frem til forslag for bæresystem er utarbeidet, samt å synliggjøre hvilke arbeider med klimagassutslipp fra materialer som utføres i løpet av prosessen. Denne prosessen er illustrert i figur 28. En forstørret, lesbar versjon, er vedlagt denne oppgaven i A3-format som vedlegg 3.



Figur 28. Hovedprosess - Arbeid med klimagassvurderinger- og beregninger i konseptfasen VSI.

Prosessdiagrammet er inndelt i svømmebaner for de ulike aktørene i tidligfasen; prosjekteier, byggherrens miljøkoordinator, prosjekt- og miljøledelse, RIM, ARK, RIB og LCA Design Tool modellansvarlig. Diagrammet inneholder også en svømmebane for miljøleveranser og beslutningsporter i konseptfasen. I tillegg til dette viser diagrammet hvilke aktiviteter som utføres i henholdsvis konseptfase steg 1, tomteanalyse og konseptfase steg 2, med tilhørende formål for de ulike fasene. Prosessdiagrammet viser også hvilke MMI-nivåer modell forventes å ha, samt at når modeller opprettes og berikes i tråd med prosjektets fremgang.

Selve arbeidsflyten kan en se på som en tredelt prosess, grunnet prosjektet sine tre beslutningsporter. Dette er B3A; anbefalt alternativ for bygningsvolum og tomt for utdypning i steg 2, valg av tomt og B3; godkjenning av konseptfase og valg av tomt.

Prosjekteringsgruppen med byggherre og prosjekteier skal sammen til beslutningsport B3A levere steg 1 rapport med retningsvalg for nytt Mjøssykehus og null plus alternativ. Konseptfasen starter med et hovedprogram hvor flere fag bistår, deriblant arkitektene. Videre arbeider arkitektene med alternativsutvikling hvor de utvikler mange ulike formstudier sammen med brukerne, og basert på en rekke vurderingskriterier, som klimagassutslipp vurderinger, ref. CO₂ merke. Samtidig som arkitektene arbeider med formstudier utfører miljørådgiveren klimagassberegninger for sykehusstrukturen. Les mer om dette i kapittel 4.2. Dette er innspill til

alternativsvurderinger som skal driftsøkonomisk utredes av prosjekteier, og sammenstilles til et steg 1 rapport om anbefaling av retningsvalg for bygningsvolum og tomt for utdypning i steg 2.

Underveis i steg 1 utarbeides også miljøprogrammet for VSI. Her kommer prosjekteringsgruppen miljøleder med sine innspill, sammen med byggherrens miljø koordinator, før MP skal godkjennes av prosjekteier. I steg 1 ble det også utført en kreativ miljøprosess, les mer om denne i kapittel 4.2.3.

I mellomfasen ble det i VSI gjennomført tomteanalyser av arkitektene. Alternative bygningsvolum blir da plassert på tomt. Her spiller arbeid med klimagassutslipp en viktig rolle, da valg av tomt er viktig for hvor mye areal av bygget som ligger under terreng. Dette fører til mer masseuttak og mer betong, ergo større klimagassutslipp. Les mer om denne mellomfasen i kapittel 4.3.

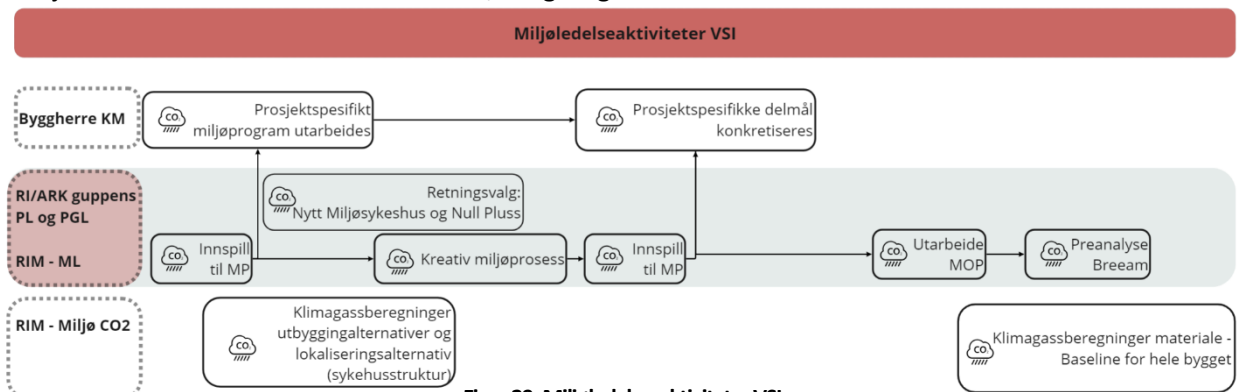
I konseptfasen steg 2 arbeider arkitektene med skisseprosjekt, RIB involveres mer ved å identifisere hovedbelastninger av bygningsformen, grid og sjaktplasseringer, lage forslag til bæresystem og alternativs vurdere materialvalg, les mer om dette i kapittel 4.4.

Miljørådgiver og -ledelse oppdaterer miljøprogrammer, og utarbeider miljøoppfølgingsprogram, samt utfører en preanalyse for Breeam sertifisering som skal til beslutning til prosjekteier. RIM utfører også klimagassberegninger for hele byggeriet. RIB notat, sammen med skisseprosjektets leveranser, prosjektkalkyle, usikkerhetsanalyse utgjør konseptrapport som skal inn til ekstern kvalitetssikring før den eventuelt godkjennes og prosjektet kan videreføres til et forprosjekt stadiet.

I de påfølgende delkapitlene vil de ulike svømmebanene beskrives fra de ulike aktørenes perspektiv, samt deles i ytterlige steg, som ikke bare forklarer hvordan fagene arbeider med klimagassutslipp fra materialer, men forteller hvilket arbeid som kreves for å kunne utarbeide forslag til bæresystem. De påfølgende kapitlene er derfor inndelt i miljø- og prosjektledelse, arkitektens prosess, rådgivende ingeniør bygg sin prosess, samt prosess for klimagassberegninger med LCA Design Tool.

4.2 PROSJEKT- OG MILJØLEDELSE I KONSEPTFASEN VSI

I henhold til hovedprosessen og informasjon innhentet via dybde intervju kommer det frem at prosjekt- og miljøledelsen i hovedsak har seks aktiviteter, se også figur 29.



Figur 29. Miljøledelseaktiviteter VSI.

Flere av disse aktivitetene er i tett samarbeid med byggherrens miljøkoordinator. I tillegg kommer det frem gjennom dybde intervju at RIM i VSI prosjektet har flere roller. Det er nemlig tilegnet to ressurser for å bistå med miljøkompetanse i prosjektet, hvorav den ene skal bistå prosjektledelsen med miljøledelse kompetanse, mens den andre skal utføre klimagassberegninger. Det er derfor valgt å skille mellom disse rollene i arbeidsflyten. I de påfølgende delkapitlene vil de ulike aktivitetene til RIM beskrives basert på den innhentede erfaringsdataen, og analyse av dokumenter. Dette for å få innsikt i hvordan «RIM – miljø», prosjekt- og miljøleder arbeider i konseptfasen. Kapittelet vil avsluttes med å fremstille hovedfunnene knyttet til aktørenes erfaringer i VSI-prosjektet.

4.2.1 MILJØPROGRAM OG NEDBRYTNING AV DELMÅL

Det ble utarbeidet et prosjektspesifikt miljøprogram (MP) tidlig i VSI prosjektet. Miljøprogrammet er byggherres ansvar, men miljøledelsen fra prosjekteringsgruppen samarbeider tett med byggherrens miljøkoordinator ved utarbeidelsen.

MP bygger på standard for klima og miljø i sykehusprosjekter, reguleringsbestemmelser, statlig og kommunal miljøpolitikk gitt i lover og forskrifter som er relevant for prosjektet, samt FNs bærekrafts mål. I MP ble det definert 6 miljømål som er premissgivende for hele prosjektet. En av disse 6 miljømålene er relevant for klimafotavtrykket. Dette målet innebærer å redusere CO₂-utslipp fra materialer med 40% i forhold til referansebygg til 271kg CO₂ eq/m² bruttoareal. Intervjuobjektene presiserer at dette målet er relativt ambisiøst, men at det er fullt mulig å kunne oppnå det. De fremhever også at det er stort fokus på å redusere klimagassutslipp fra materialer som kommer fra betong, da mer enn 50% av utslipp fra materialer i sykehusprosjekter kommer nettopp fra betongen.

Når et utkast til miljøprogram ligger klart, skal det til godkjenning hos prosjekteier i VSI. Videre brytes MP ned i delmål, som er KMs neste aktivitet. Også her bistår prosjekt- og miljøledelsen i utarbeidelsen. Intervjuobjektene påpeker at dette er vesentlig for forankring i prosjektorganisasjonen for videre oppfølging av målene i konseptfasen. Når det gjelder hovedmålet knyttet til LCA-materialet er dette målet brutt ned i fem delmål;

1. Bruke lavkarbonbetong som reduserer utslippene mot 50% mot relativt til vanlig betong
2. Redusere mengden av betong (for eksempel redusere areal under bakken)
3. Bygge for en lengre levetid
4. Øke bruken av tre
5. Gjenbruke materialer

Intervjuobjektene fremhever at disse miljømålene skal for konseptfasen ses på som en ambisjon, retningsleder og et mål å strekke seg mot, snarere enn krav.

4.2.2 RETNINGSVALG, UTARBEIDELSE AV MILJØOPPFØLGINGSPLAN OG PREANALYSE BREEAM

Det fremkommer gjennom intervju at prosjektet tidlig i konseptfasens steg 1 måtte ta stilling til sykehusstruktur, og hvor sykehuset skulle ligge. Dette ble kalt retningsvalg. Miljøleder i prosjektet utarbeider retningsvalg-spesifikke miljøkriterier, sammen med en rekke andre kriterier, som ble lagt til grunn ved sammenligningen mellom alternativene. Disse kriteriene bygger på miljømålene i MP, og sammenfattes i et saksfremlegg til prosjektets styringsgruppe.

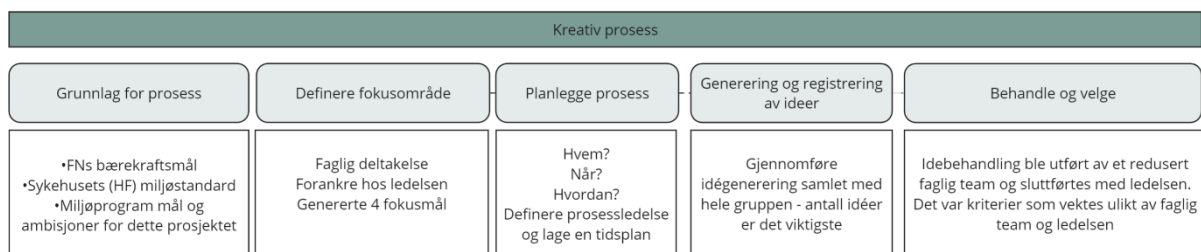
Gjennom dokumentstudie av saksfremlegget ser man at det er utført klimagassberegninger som omfatter materialforbruk ved nybygging og rehabilitering. Hvor det viser seg at «Mjøs-alternativet kommer ut med lavest samlet CO₂-utslipp.

Videre i konseptfasens steg 2 utarbeides miljøoppfølgingsprogrammet for VSI. Dette er en operasjonalisering av miljømålene i MP, og baserer seg på mal vedlagt standard for klima og miljø i sykehusbygg. Steget innebærer også en preanalyse, eller en tidlig vurdering om VSI skal benytte BREEAM. Intervjuobjektene påpeker at dette er viktig å vurdere før steg 2 er omme grunnet poenggivningen i BREEAM, alt avhengig av sertifiseringsnivå som eventuelt blir besluttet. Miljøleder mener det er viktig å avstemme et realistisk ambisjonsnivå i steg 2. Så langt har ikke casestudiet kommet i skrivende stund. VSI er inne i fasen, og skal straks utarbeide MOP, samt preanalyse for BREEAM.

Ved intervju av miljøledelse i VSI kommer det frem at BREEAM kan komme på kollisjonskurs med MOPen. Om man velger å ikke sertifisere bygget, så er det behov for en detaljert MOP. Om man velger å sertifisere har BREEAM egne retningslinjer for hvordan man jobber med miljøledelse. Miljøleder anbefaler uansett utfall å benytte BREEAM som inspirasjonskilde i miljøarbeidene.

4.2.3 KREATIV MILJØPROSESS

Som en del av arbeidet med å sikre at VSI når miljømålene ble det gjennomført en såkalt kreativ prosess på fire miljøtema (fokusmål). Her deltok både BH, PG og utvalgte eksterne deltakere. Hensikten er å få laget en «verktøykasse» av gode ideer som kan implementeres i prosjektet og bidra til at prosjektet når miljømålene i MP. Det kom opp svært mange ideer for hvert fokusområde og disse er blitt bearbeidet tatt inn/vurdert tatt inn i prosjektet. Hvordan denne prosessen gikk for seg er beskrevet gjennom dybdeintervju, og tilsendt dokumenter for dokumentanalyse, tolket og sammenfattet av forfatter i figur 30.



Figur 30. Kreativ miljøprosess VSI.

Den kreative miljøprosessen på VSI ble initiert av prosjektleder for prosjekteringsgruppen som et grep for å øke fokus på miljøarbeider i prosjektet, samt forankre fokusmålene i prosjekteringsgruppen. Med grunnlag i FNs bærekraftsmål og sykehusbygg sin standard for klima og miljø ble det gjennomført en strukturert prosess. Det første prosjektledelsen gjorde var å planlegge prosessen. Prosjektledelsen tok utgangspunkt i de 4 fokusmålene

fra MP for å generere ideer til hvordan VSI skulle nå disse målene. Her var hensikten å generere så mange ideer som mulig.

Deretter ble ideene kategorisert. Fra dårlig til god, fra umoden til moden. Før ideene ble behandlet. Her lå fokuset på hva VSI skulle jobbe med videre i tidligfasen.

I den kreative sesjonen skulle gruppen fokusere på kreativitet og fordeler. Gruppen la vekt på utforskning og positive refleksjoner, så på muligheter fremfor hindringer, og la til grunne en positiv vurdering basert på erfaring, informasjon, logikk, trender, gjetninger og håp. Intervjuobjektene forteller at bakgrunnen for denne positive vinklingen var å skape åpenhet, og fjerne frykt, og mener at kontinuerlige vurderinger underveis i prosessen er det største hindret for idegenerering.

Eksempler på ideer som ble frembrakt knyttet til CO₂-utslipp fra materialer var:

- Å benytte massivtre for bæresystem i psykiatri bygg eller kontor og sengebygg.
- Enkel geometrisk design, bærelinjer, mulig gjøring av modulbyggeri.

4.2.4 KLIMAGASSBEREGNINGER RIM

Når det gjelder klimagassberegninger for lokalisering og klimagassberegninger for utbygningsalterantiver er disse for VSI blitt slått sammen til klimagassberegninger for "sykehusstruktur". I SB standard for klima og miljø står det at opprinnelig skal disse beregningene gjennomføres som to steg, forholdsvis i prosjektinnramming og i konseptfasens steg 1. Intervjuobjektet forklarer at sykehusstruktur omhandler lokalisering (geometri og utbygningsalternativ(retningsvalg)). Dette mener intervjuobjekt burde endres i standard for klima og miljø.

Klimagassberegninger for alternativsvurderinger av bæresystemet er spesielt for VSI: I utgangspunktet var det tre forskjellige bygningskonsepter, og det skal egentlig utføres klimagassberegninger pr alternativ, men siden dette ikke ble gjort pga prosjekteier tidlig pekte seg ut en favoritt, ble det besluttet at man heller skal utføre klimagassberegninger for alternativer av bæresystemet. Dette utføres av RIB i prosjektet, les derfor mer om dette i kapittel 4.4.2.

Klimagassberegninger for det totale materialutslippsregnskapet i tidligfase ble utført av RIM ved bruk av One Click. Fra intervjuer kommer det frem at RIM tidlig i konseptfase steg 1 startet å etterspørre nødvendig informasjon fra ARK, noe RIM ikke fikk i sin helhet. Arkitektene mener RIM etterspør informasjon for tidlig i forhold til ARK sin konseptfase prosess og leveranser.

Informasjon RIM etterspør er grunnleggende informasjon som:

- BTA over og under mark
- Antall etasjer over mark
- Fundamenttype, type grunn og type rammemateriale
- Arealer av ulike bygningsdeler som dekker, innervegger, yttervegger, vindu, dører, osv.
- Materialtyper som type yttervegg, innvendige vegger, takdekke, mm

RIM forteller at dette er nødvendig input til tidligfase beregninger som One Click gjør, og forklarer at verktøyet dog kan gjøre noen egne vurderinger for tidligfase beregninger, men at dette vil gi et grovt resultat på grunn av for lite prosjektspesifikk informasjon. Beregningene vil i grunn basere seg på antall m² over og under terreng, samt type næringsbygg. Dette ble gjort i VSI. Intervjuobjektene påpeker at det vil utføres nye totale klimagassberegninger når mer informasjon fra arkitektene er på plass.

4.2.5 ANDRE BETRAKTNINGER OG FUNN

I tillegg til alle disse aktivitetene som skal gjennomføres i forbindelse med miljøarbeidene fremkommer det fra intervjuobjektene at prosjekt- og miljøledelsen, samt KM og RIM arbeider aktivt med å følge opp målene i MP gjennom deltakelse i prosjekteringsmøter, møter med prosjektledelsen og egne møter. Miljøledelsen har også regelmessige særmøter miljø med ARK og RI gruppen, hvor ML kaller inn andre etter behov og hva som står på dagsordenen.

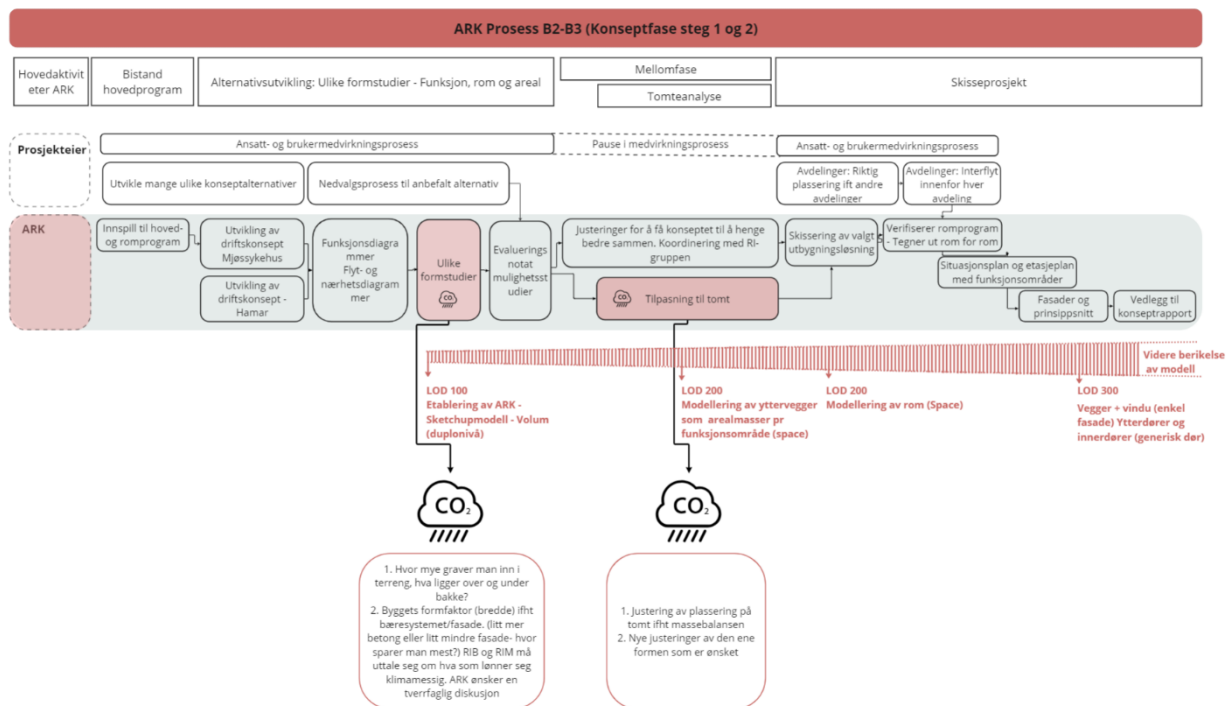
Videre kommer det frem at kunden i VSI-prosjektet tar klimagassutfordringer på alvor, samarbeider tett med miljøledelsen i prosjektet og tilegner prosjektet kostnadsbudsjett for å utføre klimagassberegninger av alternative hovedbæresystem, for å optimalisere designet med tanke på klimagassutslipp. Dette mener flere intervjuobjekter er alfa omega for smidig arbeid med reduksjon av CO₂-utslipp fra materialer og bærekraft i prosjekter generelt.

Miljøledelse er tungt involvert i prosjektledelsen i tidligfasen i VSI, og jobber aktivt med strukturert og følge opp miljøarbeidene. Prosjektleder har tidlig involvert riktige RIM ressurser, og synliggjort klimagassberegninger som en del av planverket i prosjektet.

Det fremkommer også at prosjektleder har satt seg godt inn i standard for klima og miljø i sykehusbygg, og arbeider aktivt med standarden i ledelse av prosjektering i konseptfasen ved å for eksempel ta initiativ til og lede kreativ prosess. Denne aktiviteten er spesiell for VSI. Det er ikke noe man vanligvis gjør.

4.3 ARKITEKTENES PROSESS I KONSEPTFASEN VSI

Fra den tverrgående hovedprosessen brytes de fem hovedaktivitetene arkitektene gjennomfører i konseptfasens steg 1 og 2 ytterligere ned i flere steg. Disse er illustrert i figur 31, se også vedlegg 4 for en forstørret versjon.



Figur 31. ARK arbeidsflyt VSI. (Størrelsen på boksene er ikke sammenfallende med lengden på de ulike stegene. Prosessdiagrammet er ment for å vise arbeidsflyten, det vil si rekkefølgen og avhengigheter.)

Prosessdiagrammet illustrere hvordan arkitektene arbeider med klimagassutslipp fra materialer i konseptfasen. Denne prosessen viser at arkitektene arbeider tett på brukerne av bygget ved utvikling av ulike konsept. Konseptfasens starter med å bistå med innspill til hoved- og romprogrammet. Her kommer arkitektene med innspill til for eksempelvis sosiale soner for at det skale stemme bedre overens med arkitekt konseptet for prosjektet. Deretter har arkitektene sammen med brukere utviklet driftskonsept for ulike alternativer på Hamar og Mjøsseykehuset. I nedvalgsprosessen til anbefalt alternativer arbeider arkitektene ut ulike funksjonsdiagrammer. Dette innebærer flyt- og nærhetsdiagrammer. Arkitektene ser på flyten i avdelingene, mellom avdelinger, horisontal flyt og vertikal flyt. Det vil si trapper, heissjakter og korridorer. De ser også på flyten med infrastrukturen rundt bygget. Videre i nedvalgsprosessen fremstiller arkitektene mange ulike alternative former på bygget, for de sammenstiller i et evalueringsnotat hvor de anbefaler et alternativ basert på en rekke evalueringskriterier som for eksempel gode fagmiljøer, fleksibilitet, oversiktighet eller muligheter/begrensninger med materialbruk. Dette notatet danner beslutningsunderlag i beslutningsport B3A; anbefalt alternativ for bygningsvolum og tomt for utdypning i steg 2.

Mellom steg 1 og steg 2 kommer mellomfasen hvor arkitektene får konseptet til å henge bedre sammen. Dette gjøres ved å koordinere seg med RI-gruppen i VSI. Samtidig arbeides det med tomteanalyse, og tilpasning av det alternativet som er besluttet å gå videre med fra steg 1. I denne mellomfasen var det pause i medvirkningen.

I konseptfasens steg 2 arbeider arkitektene med skisseprosjektet. Dette innebærer skissering av valgt utbyggningsalternativ, og brukerkoordinering hvor avdelingene plasseres i forhold til hverandre. Før arkitektene tegner ut rom for rom, og verifiserer disse gjennom å teste internflyten innenfor hver avdeling sammen med

brukerne. Når dette er gjort er brukerprosessen for konseptfasen over, og arkitektene tegner ut situasjonsplan med funksjonsområder basert på avtalte løsninger, de tegner ut fasader og prinsippsnitt, og bistår dermed med å utarbeide underlag som skal legges ved konseptrapporten som danner beslutningsunderlag for prosjektstyret, og dermed endelig beslutning om valg av konsept og videreføring av prosjektet til forprosjektfasen.

Figur 31 illustrerer også når arkitektene oppretter modell i prosjektet. Dette vises som en trakt under ARK sin svømmebane. Trakten viser at den første arkitektmodellen opprettes som Sketchupmodeller, hvor arkitektene arbeider i 2D for å finne formen på VSI. De utarbeider mange ulike former, og jobber her på volumnivå, eller duploklossnivå som de kaller det. Dette korresponderer med LOD 100. Videre forteller arkitektene at modellen berikes med yttervegger som arealmasser per funksjonsområder. Her opprettes Revit-modeller. Dette gjøres i mellomfasen. Deretter modelleres rom ved skissering av valgt utbygningsløsning. Modellen har nå LOD 200 for objektene som er modellert. Ved slutten av skisseprosjektet beriker arkitektene modellen med vegger, generiske vindu, ytter- og innerdører.

4.3.1 KLIMAGASSVURDERINGER

Gjennom intervjuer trekker arkitektene frem i hovedsak to steg hvor det utføres klimagassvurderinger som har stor innvirkning på det totale klimagassregnskapet.

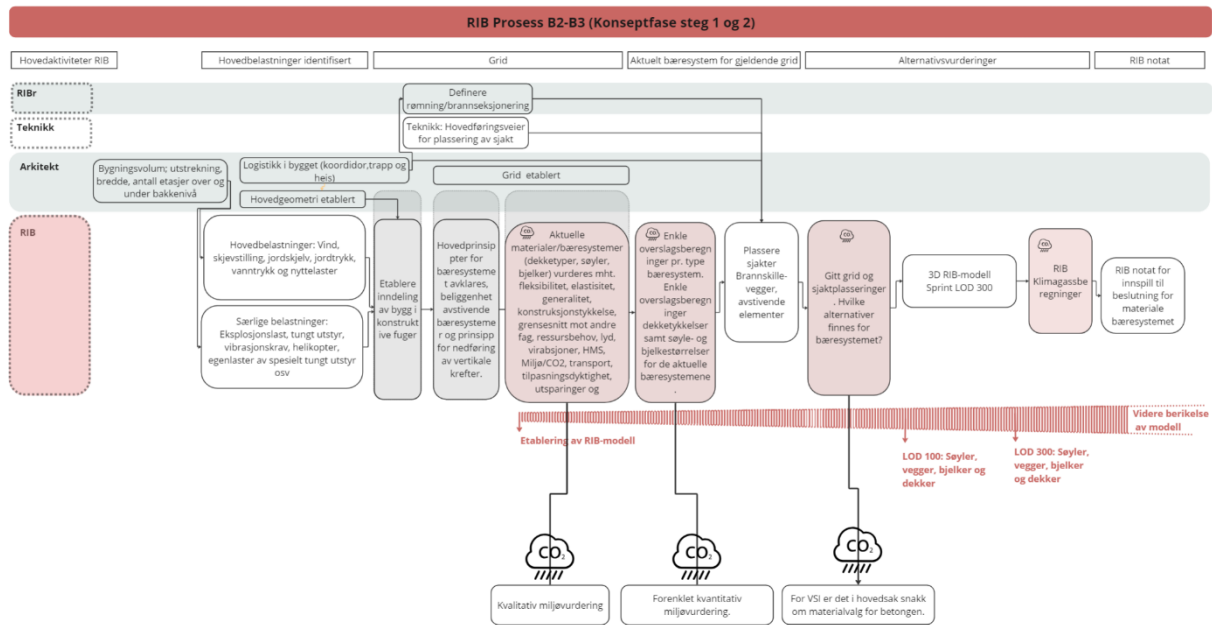
Den første vurderingen er når arkitektene utfører ulike formstudier. Her vurderes to viktige aspekter. Det første er hvor stort er masseuttaket. Hvor mye av bygget ligger over terreng og underterreng. Desto mer av bygget som ligger under terreng, desto høyere klimagassutslipp. Her jobber arkitektene for å optimalisere ulike former på ulike tomter. Det andre aspektet er byggets formfaktor. Dette innebærer byggets bredde i forhold til m² fasade og bæresystem. I VSI erfarer arkitekt at dette er noe arkitekt alene vurderer, og kunne gjerne ønsket innspill fra RIM som sitter på kompetanse om hva som vil lønne seg klimamessig, samt RIB sine innspill til ulike faktorer som påvirker bæringen av bygget ved de ulike formene, inklusive bæresystemets klimagassutslipp. Arkitektene ønsker seg en tverrfaglig diskusjon omkring formalternativene i konseptfasens steg 1.

Den andre steget hvor det utføres klimagassvurderinger er ved tilpasning av konseptalternativet til tomt. Her justeres plassering av bygget på tomt, og arkitektene jobber igjen med massebalansen. Denne gangen med valgt alternativ som skal tilpasses på tomt. Det vil derfor bli nye justeringer av den valgte formen. Arkitektene vurderer dermed også her hvilke alternativer som erfaringsmessig vil bli mest optimal med tanke på flere kriterier, deriblant klimagassutslipp.

Ellers fremkommer det av intervjuene at det ikke utføres klimagassberegninger av arkitekter i tidligfase, men at RIM ber om input for å gjøre klimagassberegninger av alle bygningsdeler. Arkitektene mener underlag RIM ber allerede i konseptfasens steg 1 er for tidlig i forhold til når arkitektene starter å arbeide med å optimalisere de ulike bygningsdelene. Flere intervjuobjekter mener at de først kan gi input til RIM mot slutten av skisseprosjektet, om RIM ønsker informasjon før den tid, må arkitektene basere seg på erfaringer. Eksempelvis om RIM ønsker informasjon om arealer for dører, må arkitektene anslå at det er 1,1 dør pr rom, og lignende erfaringsbaserte vurderinger. Dette kan utføres tidligere i prosjektet en mot slutten av konseptfasen steg 2, men da krever det at arkitekten tilegner timer for å utføre slike vurderinger. Arkitektene mener det er mest hensiktsmessig å utføre beregninger i tråd med fremdrift i arkitektprosessen. Det vil likevel være rom for kvantifiserte optimaliseringer knyttet til materialer i ulike bygningsdeler.

4.4 RÅDGIVENDE INGENIØR BYGG SIN PROSESS I KONSEPTFASEN VSI

Gjennom intervju med både ARK og RIB fremkommer det at rådgivende ingeniør bygg samarbeider tett med arkitektene ved utarbeidelse av forslag til bæresystem i tidligfase. Ved nedbrytning av de fem hovedaktivitetene til RIB i konseptfasen vil også de viktigste avhengighetene og samarbeidene til arkitekten fremheves, dette illustreres i figur 32. Figur 32 er vedlagt oppgaven som vedlegg 5.

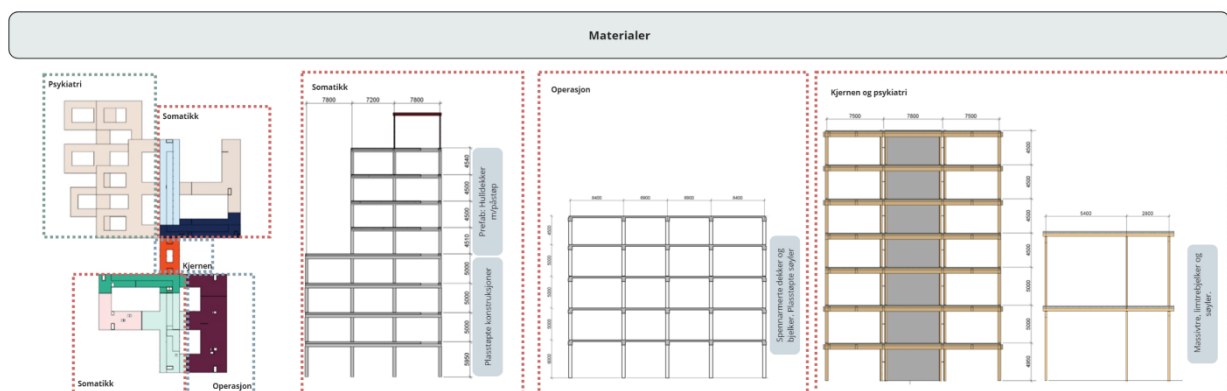


Figur 32. RIB arbeidsflyt VSI. (Størrelsen på boksene er ikke sammenfallende med lengden på de ulike stegene. Prosessdiagrammet er ment for å vise arbeidsflyten, det vil si rekkefølgen og avhengigheter.)

Figuren viser også viktige avhengigheter til tekniske fag, samt brannrådgiver i prosjektet.

For å kunne etablere et bæresystem må først og fremst arkitektene ha et bygningsvolum klart. Dette gir grunnlaget for å beregne hoved- og særlige belastninger for bygget. Samtidig som dette gjøres etablerer arkitektene en hovedgeometri for bygget, de jobber også med flyten eller logistikken i bygget, som beskrevet i foregående kapittel. Hovedgeometri gir utgangspunktet for RIB for å kunne etablere en inndeling av bygget i konstruktive fuger. På grunn av at VSI er så stort bygg kreves konstruktive fuger. Dette er arbeid som utføres i tett samarbeid med arkitekt, derav en grå boks som går over til svømmebanen til ARK. Videre avklarar RIB hovedprinsipper for bæresystemet, samt beliggenhet for avstivende bæresystem og prinsipp for nedføring av vertikale krefter. Dette må ses på i sammenheng med at byggets grid etableres. Dette utføres som et samarbeid mellom ARK og RIB, samtidig som hovedprinsipper etableres og når aktuelle bæresystem vurderes.

Det aktuelle bæresystemet for VSI, er vist i figur 33. Se også vedlegg 6.



Figur 33. Aktuelle materialer for hovedbæresystemet.

Figuren viser at det for somatisk del av sykehuset er vurdert plasstøpte konstruksjoner i nederste del av sykehuset grunnet arealenes funksjon og tekniske behov. Somatikkens sengeetasjer, som ligger i øvre fløy av somatikken er foreslått som huldekkekonstruksjon med påstøp. Videre grunnet dens behov for fleksibilitet i dens funksjon og dermed behov for lengre spennvidder er operasjon foreslått med spennarmerte dekker og bjelker, samt plasstøpte søyler. Psykiatri fløyen og den midtre kjernen er foreslått i massivtre på grunn av sin lavere klimagasspåvirkning, samt arkitektoniske egenskaper.

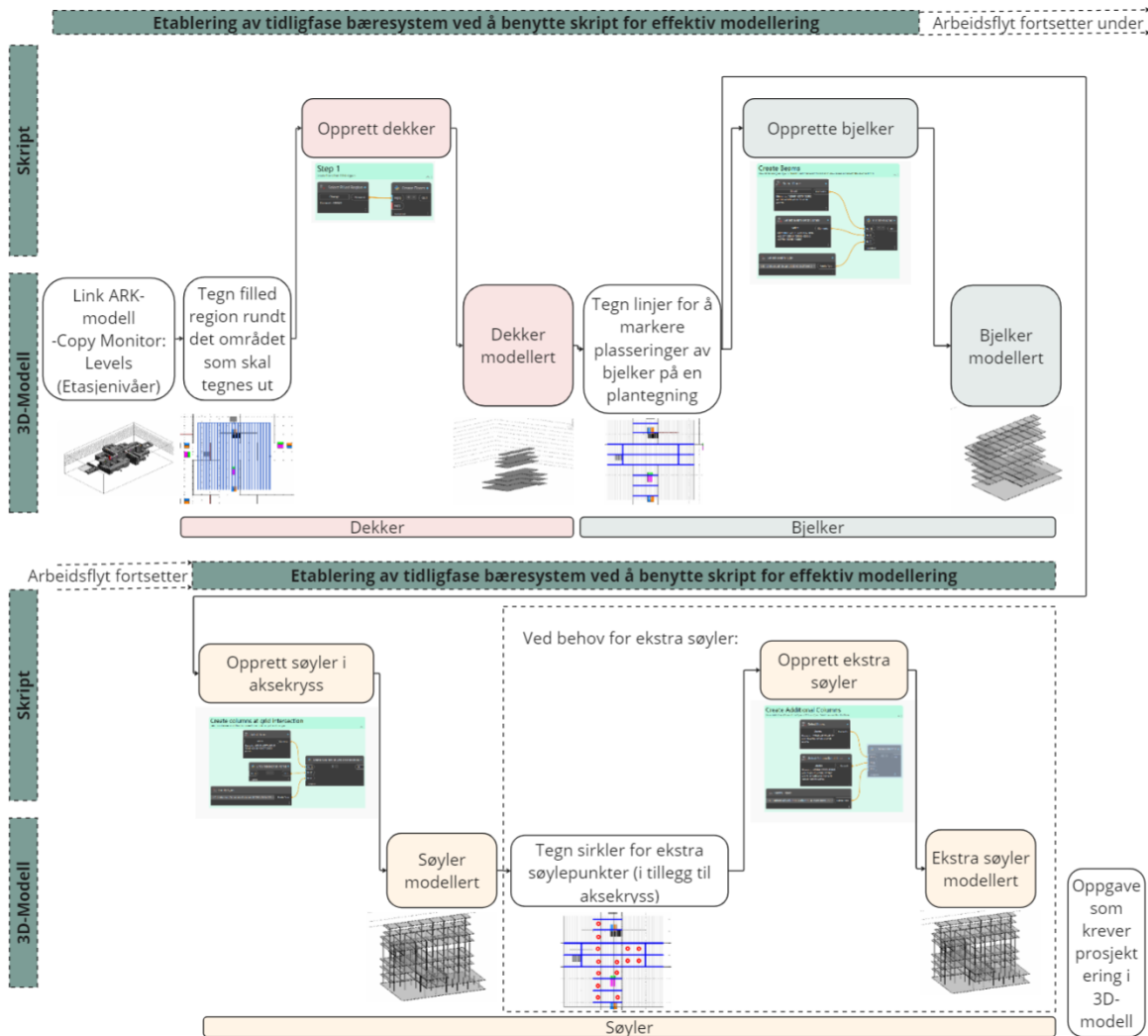
Når aktuelt bæresystem er foreslått utføres det enkle overslagsberegninger pr type bæresystem, basert på de ulike gridene i bygget. Disse beregningene gir input til dekketykkelse, søyle- og bjelkestørrelser.

I neste steg plasserer RIB sjakter, brannskillevegger og avskillende elementer. Her forteller RIB at de er avhengig av foregående aktiviteter som definering av brannseksjonering og plassering av tekniske sjakter. Dette igjen henger sammen med flyten og logistikken som arkitektene vurderer. Logistikken for bygget gir input for at teknikk skal kunne plassere hovedføringsveier, og plassere tekniske sjakter.

Nå som grid og sjaktplasseringer er etablert ser RIB på hvilke alternative materialvalg finnes for bæresystemet. Før en modellsprint gjennomføres, og deretter klimagassberegninger for bæresystem, se kapittel 4.4.1 og 4.4.2. Klimagassregnskapet er en av inputene til siste steget i RIB sin arbeidsflyt, RIB notat som skal vedlegges konseptrapport som underlag for beslutning i beslutningsport B3.

4.4.1 SKRIPT FOR OPPRETNING AV 3D-MODELLER

Det fremkommer gjennom intervju at for å effektivt kunne opprette RIB-modell i tidligfase utarbeidet RIB dynamo/python skript. På denne måten kunne RIB utføre en såkalt modell sprint som øker LOD nivået på modellen fra 100 til 300 for søyler, vegger, bjelker og dekker på en effektiv måte. Denne sprinten vil gi mer presise mengder, og dermed mer pålitelig mengdeinput til klimagassberegninger i LCA Design Tool. Gjennom intervjuer og deltakende observasjon ble derfor arbeidsflyten for hvordan dette skriptet tas i bruk kartlagt, se figur 34 og vedlegg 7.



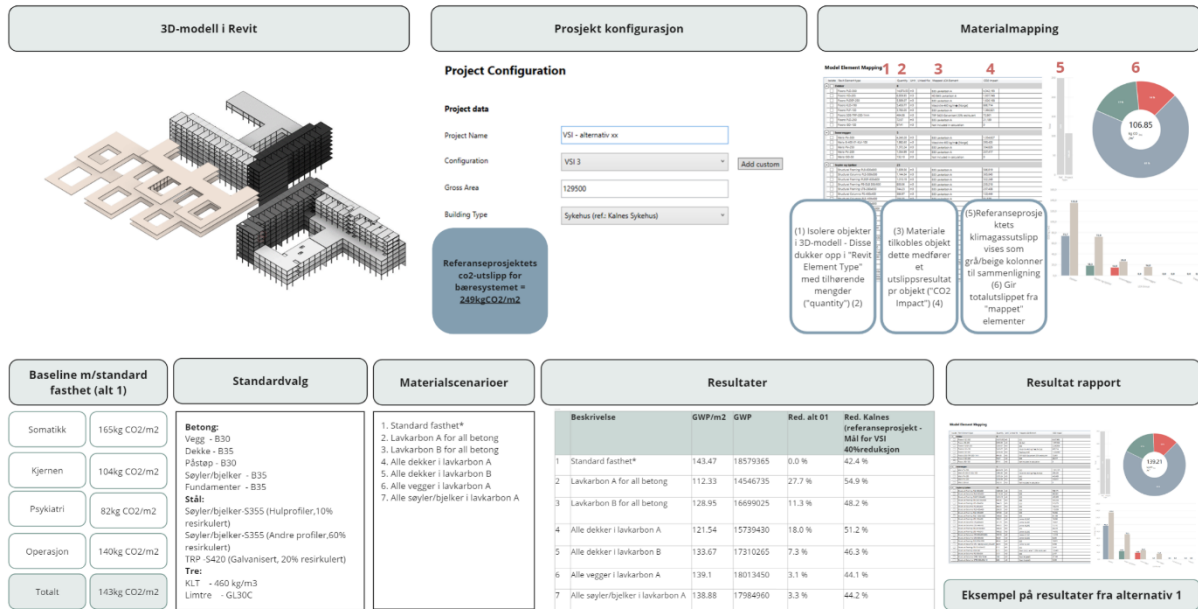
Figur 34. Skript for oppretning av 3D-modeller.

Skriptet er tilpasset tidligfase arkitektmodell og tar utgangspunkt i modelloppsett med dimensjoner, bærelinjer (akser), etasjehøyder og materialer, og er koblet til en database med nødvendige dekketykkelser basert på materiale og spennvidder. Denne arkitekt modellen skal linkes i en ny opprettet RIB-modell hvor etasjenivåene skal kopieres. Når dette er gjort tegner RIB «filled region» rundt området som en ønsker at skriptet skal modellere ut. Deretter benyttes skriptet til å opprette dekker for markert arealer. Videre for å opprette bjelker markeres plassering av bjelker med linjer på plantegning i 3D-modell, deretter kan bjelker modelleres ved hjelp av skriptet. Videre så opprettes søyler ved å benytte samme markerte plantegning som ved bjelker til å modellere ut søyler ved hjelp av skriptet. Nå er dekker, bjelker og søyler modellert, og LOD nivået er økt fra 100-300. RIB forteller også at en kan benytte skriptet til å opprette ekstra søyler ved å tegne sirkler for ekstra søylepunkter.

Dette skriptet sammen med databasen gir VSI mengder for dekker og søyler i ulike materialer. 3D-modellen er nå klar for mengdeuttak, eller bruk av plugin LCA Design Tool for å utføre klimagassregnskap med en høyere presisjon.

4.4.2 KLIMAGASSBEREGNINGER OG RESULTATER

Gjennom deltakende observasjon og dydeintervju er det kartlagt hvordan klimagassberegninger av hovedbæresystemet i VSI-prosjektet ble utført. I prosjektet er beregningsverktøyet LCA Design Tool tatt i bruk. Som nevnt i det teoretiske rammeverket er verktøyet en plugin til 3D-modelleringsverktøyet Revit. Dette innebærer at en er avhengig av en 3D-modell for å knytte materialer og utslippsdata til de ulike objektene i modell. I figur 35 er stegene fra modell er opprettet gjennom modellsprint til klimagassregnskap er utført illustrert. En forstørret versjon er lagt ved oppgaven som vedlegg 8.



Figur 35. Klimagassberegninger av hovedbæresystemet med LCA Design Tool.

Etter modell er opprettet er det klart for å bruke LCA Design Tool. Det første steget en må utføre er prosjekt konfigurasjoner, som prosjekt navn, areal og referanseprosjekt. Videre begynner selve materialkartelggingen. Dette innebærer seks steg. Disse er beskrevet i blå bokser øverst til venstre og innebærer først å isolere objekter i 3D-modell. Det er disse objektene man ønsker å utføre klimagassregnskap for. Disse objektene vil dukke opp i verktøyet med element type og tilhørende mengder. Videre velges materiale for objektene ut ifra en nedtrekks menyen som inneholder ulike materialer. Materialene kommer fra en materialdatabase med EPDer, les mer om dette i kapittel 4.5.1. Disse gir dermed CO₂ utslippet for hvert element, se pkt 4 i figuren. Når elementene har blitt tilegnet et materiale vil klimagassutslippet akkumuleres og summeres i stolpediagram inndelt etter bygningsdeler. Ved siden av disse stolpediagrammene vil det dukke opp grå/beige stolper som henviser til referanseprosjektets utslipp. Dette til sammenligning for utslippet fra VSI.

Fpr VSI ble det beregnet baseline, eller et første regnskap basert på materialer i figur 33 med standard fasthet. Dette ga et totalt utslipp for hovedbæresystemet på 143kg CO₂/m², noe som er en reduksjon på 42% fra referanseprosjektet, noe som viser at målet med 40% reduksjon fra Kalnes Sykehus er fullt oppnåelig med de tiltakene RIB har utført for hovedbæresystemet i tidligfase. Videre forteller RIB at det ble gjennomført syv ytterligere klimagassberegninger for å se de opp mot baseline. Disse materialscenarier var lavkarbon A for all betong, lavkarbon B for all betong, kun alle dekker i lavkarbon A og B, alle vegger i lavkarbon A, samt alle søyler og bjelker i lavkarbon A. Resultatene fra LCA Design Tool viser at ved å bruke lavkarbon A for all betong kan en oppnå en reduksjon på 55% i forhold til referansebygget. De ulike scenarier ble deretter fremstilt i resultatrapporter, se eksempel fra alternativ 1 i figur 35.

4.4.3 KLIMAGASSVURDERINGER

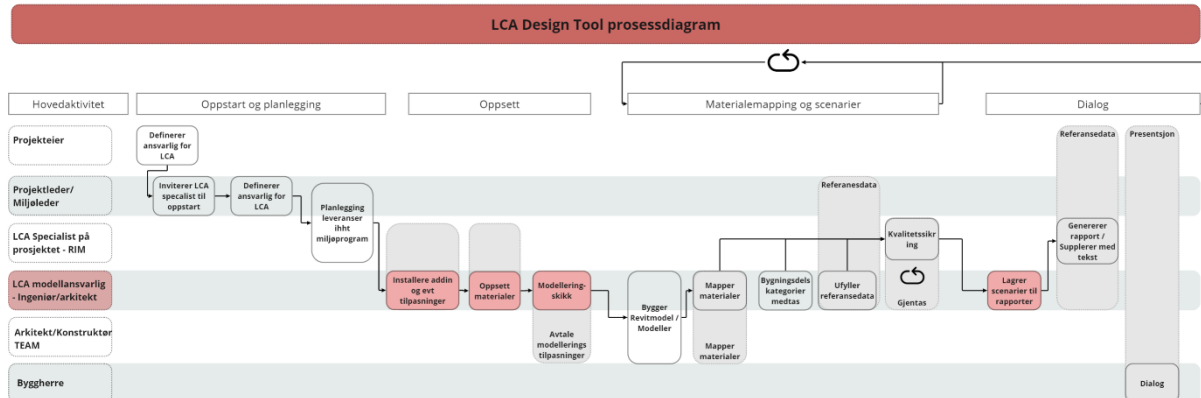
RIB utfører på lik linje med arkitektene en rekke klimavurderinger i flere av stegene. Gjennom intervjuer trekker rådgivende ingeniør bygg frem i hovedsak tre steg hvor det utføres klimagassvurderinger som har stor innvirkning på det totale klimagassregnskapet. Dette er når RIB undersøker hvilke bæresystemer som kan være passende for ulike deler av bygget. Her påpeker RIB at det er en rekke kriterier som skal hensyntas. Deriblant felksibilitet, elastitet, generalitet, konstruksjonstykkelse, grensesnitt mot andre fag, ressursbehov, lyd, vibrasjoner, HMS, tilpasningsdyktighet og utspringer. RIB forteller også at en av disse kriteriene er klimagassreducerende tiltak ved valg av materiale for bæresystemene. De utfører på dette steget en kvalitativ miljøvurdering.

Videre når RIB gjennomfører enkle overslagsberegninger pr type bæresystem for å avdekke dekketykkelse, søyle – og bjelker størrelser utføres det kvantitative miljøvurderinger. Kvantitative vurderinger forteller RIB at eksempelvis kan være at ett bæresystem er antatt bedre enn et annet med hensyn til CO₂ pr m², og vil i tillegg kunne tilfredsstille de øvrige hensyn gitt i den kvalitative vurdering.

Det siste steget hvor RIB også gjennomfører klimagassvurderinger knyttet til sin arbeidsprosess er når grid og sjaktplasseringer er gitt. Da undersøker RIB hvilke materialalternativer det finnes for bæresystemet. For VSI er det i hovedsak snakk om materialvalg for betong som standard betong, lavkarbonbetong A eller B.

4.5 LCA DESIGN TOOL

Fra den tverrgående hovedprosessen kan en bryte ned de fire hovedstegene for arbeid med klimagassregnskap. Disse arbeidene er brudt ned i aktiviteter i prosessdiagram for hvordan man benytter LCA Design Tool i figur 36. En forstørret versjon er vedlagt denne oppgaven i A3-format. En forstørret, lesbar versjon, er vedlagt denne oppgaven i A3-format som vedlegg 9.



Figur 36. Prosessdiagram for LCA Design Tool tidligfase prosess.

Denne arbeidsflyten viser altså stegene for hvordan man gjennomfører klimagassberegninger i VSI. Det første steget i prosessen omhandler oppstart og planlegging av klimagassarbeidene. Her skal det avklares av kunde hvem som har ansvaret, samt defineres hensikt, omfang og systemgrenser av prosjekt- og miljøleder. Prosjektledelsen skal i tillegg planlegge hvilke leveranser i henhold til miljøprogrammet.

Det neste hovedsteget omhandler selve oppsettet eller forberedelsene for å kunne utføre materialmapping. Dette innebærer å installere plugin i modelleringsverktøyet, samt å sette opp database for materiale i tillegg til å avtale modelleringskikken, altså hvilket nivå modell skal ha for å kunne utføre hensiktsmessige klimagassberegninger. Alle de beskrevne stegene utføres av RIB (her LCA modellansvarlig) med bistand fra LCA ekspert, RIM for eventuelle tilpasninger, samt oppsett av materialbiblotek. Modelleringskikk avtales sammen med RIB-gruppen i prosjektet.

Videre utføres selve materialmappingen og klimagassregnskapet. Det første steget i denne hovedaktiviteten omhandler rett og slett at Revitmodell bygges. Dette gjøres i ARK- og RIB-prosess og er illustrert med LOD-nivå. I arbeidsflyt for klimagassberegninger med LCA Design Tool illustreres det som et eget steg for å vise hva som kan og bør gjøres før modeller etableres, samt hva man skal gjøre etter modell er beriket på hensiktsmessig nivå. Når modellen er beriket i henhold til avtalt modelleringskikk kan LCA modelleringsansvarlig mappe materialer til de ulike bygningsdelene, og deretter sammenligne med referansedata fra referanseprosjektet gitt av prosjekteier, men satt av prosjekteier. Det siste steget vil være kvalitetssikring av resultater som utføres av LCA ekspert, RIM i prosjektet. Ellers utføres resterende steg av LCA modellansvarlig RIB i prosjektet.

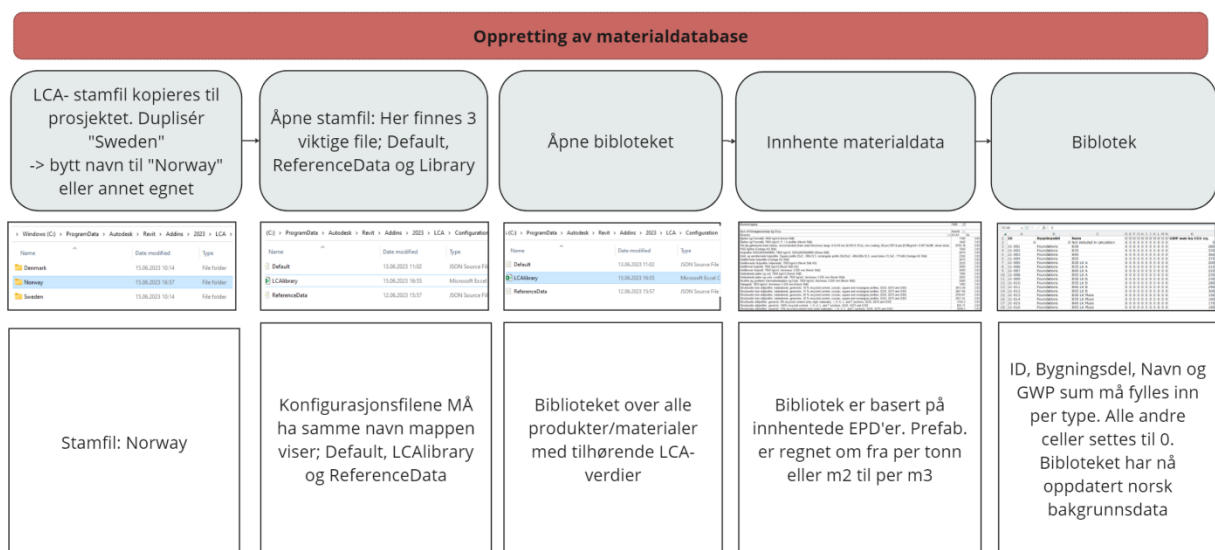
Den ovale pilen over materialmapping og dialog skal illustrere iterasjonene som utføres underveis i prosjekteringsløpet. Den skal vise at det ikke bare gjøres beregninger av klimagassutslippet, men at man jobber med det som om det er et budsjett. Det vil si et klimagassbudsjett som optimaliserer løsninger for å redusere utslippet ved flere iterasjoner underveis i prosjektet, og ikke som en engangshendelse. Det første klimagassregnskapet som utføres setter baselinene for dette budsjettet.

Når det er utført kvalitetssikring av resultatene sammenstiller LCA modellansvarlig RIB i prosjektet de ulike scenarioene i en rapport, som presenteres ovenfor kunde sammen med RIB, RIM og prosjektledelsen, som fører til dialog, og muligens nye materialmapping og scenarier, det vil si en ny iterasjon.

De rødemarkerte boksene er steg hvor intervjuobjektene gjennom pilotering har avdekket og erfart at verktøyet og 3D-modeller krever en rekke tilpasninger før det kan tas i bruk i det norske byggeprosjekter. Disse tilpasningene utbroderes og forklares ytterligere i underkapitlene 4.5.1- 4.5.3

4.5.1 OPPSETT AV MATERIALDATABASE

Etter RIB hadde fått installert plugin i Revit, og tilpasset LCA Design Tool slik at verktøyet kunne benyttes for VSI modeller med kategorinavn og referanseverdi fra Kalnes Sykehus måtte materialdatabasen fra den kopierte filen tilpasses norske prosjekt. Materialdatabase fra det danske verktøyet kunne ikke benyttes for norske prosjekter, hele biblioteket ble dermed gjennom piloteringen erstattet med norsk materialbibliotek for hovedbæresystemet. Hvordan dette er gjort er beskrevet i figur 37 og vedlegg 10



Figur 37. Oppretting av materialdatabase.

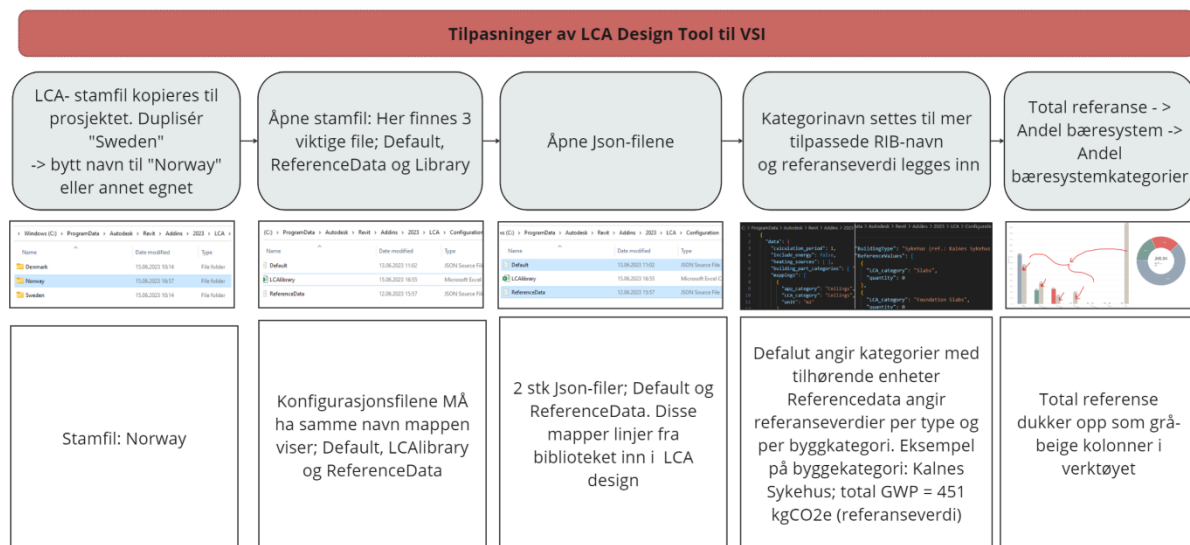
I LCA-stamfilen finnes den viktige materialdatabasefilen; «LCAlibrary». Oppsett for LCA-tall (GWP – kg CO₂ eq) i database er ikke basert på LCAbyg, slik som i dansk versjon – da dette oppsett ikke er klart per juli 2023. Derimot er det basert på et manuelt oppsatt regneark med verdier innhentet fra EPD'er samlet inn fra EPD Norge. Det er benyttet middelveier for eksempelvis hulldekker (dimensjoner fra HD200-HD520), og databasen er oppdatert med materialer for å kunne beregne klimagassutslipp for hovedbæresystemet med ulike materialtyper og kvaliteter som plastøpt betong, prefabrikkert betong, konstruksjonsstål, TRP, isolasjon og massivtre.

I tillegg til dette ble det innført en stor endring i oppsettet: Mengder tas nå ut i m³, mot m² i danske versjon. Altså benyttes volum fremfor areal. Dette er fordi mengder betong (spesielt plastøpte konstruksjoner) oppgis med volum. Prefabrikkerte elementer, slik som hulldekker, vil ofte bli oppgitt i areal. For å ha et universelt oppsett er også prefab tilpasset mengdeuttak i volum.

Nå som regnearket er oppdatert med norsk materialdata og informasjon som ID, bygningsdel, navn og GWPsum, må resterende veller settes til 0. LCA Design Tool har nå en norsk materialbibliotek som kan benyttes i VSI, og andre norske prosjekter.

4.5.2 TILPASNINGER AV LCA DESIGN TOOL TIL VSI

For å kunne benytte dette verktøyet krevde det at prosjektet gjorde noen verktøy tilpasninger. Disse tilpasningene er illustrert i figur 38 og vedlegg 11.



Figur 38. Tilpasninger av LCA Design Tool til VSI.

LCA-stamfil fra Sverige er blitt duplisert og endret til Norway slik at de norske tilpasningene kunne påstartes. Denne mappen inneholder tre konfigurasjonsfiler. Disse må ha samme navn. To av disse filene, «default» og «referencedata» er Json-filer, og fungerer som bakgrunnsfiler som mapper linjer fra biblioteket inn i LCA Design Tool. I filene må det gjøres noen endringer fra de kopierte filene. Dette er å sette mer tilpassende kategorinavn som benyttes i Norge når en modellerer, samt referanseverdi fra Kalnes Sykehus. Når det er utført dukker referansen opp i verktøyet som grå-beige kolonne som skiller mellom total referanse, andel bæresystem og bæresystemskategorier og sammenligner med gjeldende prosjekts utslippsdata.

4.5.3 MODELLERINGSSKIKK

Gjennom deltakende observasjon og intervju med RIB kartlegges en rekke forutsetninger for å kunne benytte COWIs REVIT modeller i LCA Design Tool. Disse er sammenfattet i punktlisten under.

- Elementer tegnes/modelleres med riktig kategori
- Vegger tegnes som "Walls", dekker som "Floors" etc.
- Kun revit-format (.rvt). Dersom ifc skal benyttes, må riktig kategori tilegnes etter import av ifc
- Standard Revit-modellering er god nok
- Function benyttes for å sortere vegger ("Interior", "Exterior")
- Ønsket materialfasthet fra RIB må enten være oppgitt i modell, eller som vedlagt dokument/tekst
- Setup tar høyde for at hulldekker er modellert som "solids" (uten kanaler). Dersom de modelleres med kanaler – må setupfiler tilpasses
- Dersom ulike deler av bygget skal beregnes separat, må bygget deles opp med workset
- Placeholder-objekt legges i eget workset. for eksempel "Skal ikke eksporteres"
- Typenavn beholdes, slik at tidligere oppsett kan gjenbrukes

Modelltilpasningene ble tidlig kartlagt, og RIB kunne dermed bygge Revitmodellen sin på hensiktsmessig måte for at klimagassberegninger nå kunne utføres med LCA Design Tool.

4.5.4 ERFARINGER OG ANBEFALINGER LCA DESIGN TOOL

For å kartlegge erfaringer med å ta i bruk LCA Design Tool ved klimagassberegninger av bæresystemet, samt anbefalinger til andre norske byggeprosjekter som velger å benytte verktøyet har det blitt samlet inn erfaringsdata gjennom dybde intervjuer, samt deltakende observasjon.

I tillegg til anbefalinger i forbindelse med tilpasninger av LCA Design Tool til VSI, modelleringsskikk, samt en materialdatabase som kan overføres og benyttes av andre prosjekter har RIB etter å ha tatt i bruk verktøyet i VSI erfart at verktøyet kan bli mer brukervennlig. De mener følgende aspekter bør forbedres eller legges til for at verktøyet er mer effektivt å bruke:

- Fargefilter på bygningsdelskategoriene
- Armering som egen kategori
- Muligheten til å markere flere linjer og tilegne samme materiale samtidig
- Muligheten til å isolere på type
- Muligheten til å skrive inn dimensjonerende levetid i addin (ikke kun gjennom json, materialdatabase)

RIB erfarer også, at om mengder er klare, så mener RIB at det kun hadde tatt 2-3 timer å utføre klimagassregnskap for bæresystemet i tidligfase med bruk av verktøyet. Riktignok forutsatt at mengder fra modell er klare. Dersom LCA-verdiene og modellen må tilpasses med workset (feil i workset – f.eks mengder vises feil) så går det noe lenger tid. Anslagsvis bør det settes av noen timer til buffer.

4.6 SUKSESSKRITERIER FOR INTEGRERING AV ARBEID MED KLIMAGASSUTSLIPP FRA MATERIALER I TIDLIGFASE PROSJEKTERING

Gjennom en rekke dybdeintervjuer med arkitekter, rådgivende ingeniør bygg, RIM og LCA eksperter, miljø- og prosjektledelse har det blitt samlet inn data på hvordan arbeid med klimagassutslipp fra materialer kan integreres i tidligfase prosjektering på en bedre måte enn dagens praksis.

Flere påpeker først og fremst at arbeidet med klimagassbudsjett slik som RIB har arbeidet i Sykehuset i Innlandet ikke er normal dags praksis, og at dette er en praksis som ble innført for VSI, for å arbeide strukturert med reduksjon av klimagassberegninger. Som RIB sier er klimavurderinger allerede en integrert del av deres prosesser, det er bare ikke synliggjort ved å utføre klimagassberegninger slik som det er gjort for VSI. RIB mener at dette er en god praksis som flere andre prosjekter også bør innføre.

RIB mener at samarbeidet mellom RIM og RIB som det er gjort i VSI er ikke noe de vanligvis gjør heller, men burde starte med. Det gir RIM en forståelse for RIB sine prosesser, i tillegg til at RIB får innsikt i RIM sitt kompetanseområde. Alle intervjuobjektene mener nemlig at kompetanseheving hva gjelder tverrfaglige prosesser er vesentlig for å integrere arbeid med klimagassutslipp fra materiale i tidligfasen. RIB mener også at tettere dialog med arkitektene kan bidra til å arbeide enda bedre med klimagassutslipp fra materialer. RIB foreslår i den forbindelse å faste møter med fast hyppighet hvor det er satt opp en tidlig agenda med bærekraft på agendaen som eget møtepunkt. Dette har for øvrig blitt mer og mer vanlig i prosjekter.

Intervjuer med både prosjekt- og miljøledelse i VSI fremhever god miljøledelse som en suksesskriter for å kunne integrere arbeidet på en bedre måte, og trekker frem den kreative miljøprosessen som et godt tiltak i VSI. I tillegg til dette fremhever de at det er særs viktig med et godt forankret miljøprogram som man kan styre etter. Flere trekker fram at delmålene under hvert fokusområde er mer tiltak enn mål, og mener disse kunne vært bedre formulert.

Intervju med miljøledelsen viser at det at prosjekteringsgruppen er i forkant er alfa omega for bedre arbeid med klimagassutslipp fra materialer, slik som RIB har gjort i VSI. Dette kunne også arkitektene gjort for fasade eller form. Et annet aspekt flere trekker frem er involveringen av byggherren. Vil BH innerst inne oppnå miljøkravene i prosjektene? For å integrere arbeid med klimagassberegninger på en bedre måte er en avhengig at BH har en ambisjon på vegne av prosjektet.

Arkitektene mener miljørådgiver burde satt klarere krav i prosjekt. ARK føler RIM bare henger med prosjektet, og ikke tar aktiv deltakelse. ARK mener også at RIM burde ta en synligere del av møter, og bistått ARK og RIB underveis i prosjekteringen med sin kompetanse. RIM burde heftet seg mer på prosessene.

Miljøtiltakene som har stor innvirkning, men som ikke synes ei heller fått stort nok fokus i prosjektet er terrenginngripen. ARK presiserer også at RIM skulle vært inn i prosjektet tidligere og bistått mer i vurdering av form knyttet til parameterne klimagassutslipp fra materialer. ARK føler at en sitter litt fast i de gammeldagse rollene hvor ARK skal utføre sin del av jobben først, så kommer RI-gruppen å bistår. Det burde vært enda mer samtidig arbeider og økt samarbeid mellom RIB, ARK og RIM i tidligfase for å kunne levere på den grønne omstilling

Flere mener kompetanseheving av livsløpsvurderinger i tidligfase blant prosjekterende, i tillegg til økt verktøykompetanse kan bidra til bedre arbeider med klimagassutslipp. Intervjuobjekter sier at en synliggjøring av når aktørene utfører klimagassvurderinger, samt når de beriker modellene sine vil kunne bidra. Prosjektledelse og kunde bør i flere prosjekter integrere klimagassberegninger i planverk og prosesser i et tidlig stadium, samt tilegne prosjektet en RIM ressurs før konseptfasen starter

KAPITTEL 5 DISKUSJON

5 DISKUSJON

I diskusjonskapittelet vil funnene i denne masteroppgaven drøftes i lys av det teoretiske rammeverket. Den empiriske dataen som er innhentet gjennom metoder som dybde intervju, deltakende observasjon og dokumentanalyser, skal diskuteres i en kronologisk rekkefølge basert på forskningsspørsmålene problemstillingen er nedbrutt i.

Forskningsspørsmålene som skal drøftes er;

1. Hvordan arbeider aktørene i tidligfasen med klimagassvurderinger- og beregninger knyttet til materialer?
2. Hvilke arbeider må utføres av arkitekter og rådgivende ingeniør bygg for å kunne beregne klimagassutslipp av hovedbæresystemet?
3. Hvordan utføres klimagassberegninger av bæresystemet i tidligfasen?
4. Hvordan kan arbeid med klimagassvurderinger og -beregninger knyttet til materialer integreres i tidligfase prosjektering på en bedre måte enn dagens praksis?
5. Hvilke erfaringer og anbefalinger kan dokumenteres gjennom bruk av verktøyet LCA Design Tool ved klimagassberegninger av bæresystemet?

5.1 FORSKNINGSSPØRSMÅL 1

For å svare på forskningsspørsmål 1, hvordan aktørene i tidligfase arbeider med klimagassvurderinger og – beregninger knyttet til materialer? ble det utarbeidet flere prosessdiagrammer. Det ble utarbeidet et hovedprosessdiagram som viser tverrgående avhengigheter og faglige hovedaktiviteter. Det ble også utarbeidet faglige arbeidsflyter for miljørådgiver- og ledelse, arkitekter og rådgivende ingeniør bygg. Både den tverrfaglige hovedprosessen og faglige arbeidsflytene ble beriket med CO₂-ikon for å synliggjøre hvilke aktiviteter det gjøres miljøarbeider knyttet til materiale.

Diagrammene ble utarbeidet for å bidra til å øke kunnskapen om klimagassvurderinger og – beregninger i prosjektering, og dermed legge til rette for og inspirere til «riktig miljøprosjektering» i tidligfasen av andre prosjekter. Prosessdiagrammet og arbeidsflytene skal gi en helhetsforståelse av miljøarbeidene i byggeprosjekters tidligfase og synliggjøre samarbeidet mellom aktørene på en overordnet måte. Prosessdiagrammene sammen med hovedfunnene fra forskningsspørsmål 1 vil derfor diskuteres i dette kapittelet.

FUNN:

- *Kunde tar klimagassutfordringer på alvor, samarbeider tett med miljøledelsen i prosjektet og tilegner prosjektet kostnadsbudsjett for å utføre klimagassberegninger av alternative hovedbæresystem, for å optimalisere designet med tanke på klimagassutslipp.*
- *Miljøledelse er tungt involvert i prosjektledelsen i tidligfasen i VSI.*
- *Rådgivende ingeniør miljø trenger underlag fra arkitekt for å kunne utføre totale klimagassberegninger for tidligfase. RIM etterspør underlaget på ett for tidlig stadiet i forhold til hvor langt i prosessen ARK har kommet*
- *Arkitektene arbeider aktivt med klimagassvurderinger underveis i sin prosess, og integrerer vurderinger som en naturlig del av sine evalueringskriterier når de prosjekterer selv om de ikke nødvendigvis dokumenteres eller utføres klimagassberegninger er det likevel høyt fokus på reduksjon av klimagassutslipp fra materialer*

- *Rådgivende ingeniør bygg arbeider også aktivt med klimagassvurderinger som en del av sin prosess mot å utarbeide forslag til bæresystem sammen med arkitektene. I likhet med arkitektene har også RIB dette som en del av sine evalueringskriterier når de prosjekterer, det er bare det at det ikke nødvendigvis dokumenteres.*

MILJØLEDELSE

Sykehusbygg HF (2021) beskriver i standard for klima og miljø for sykehusprosjekter at for å lykkes med å nå klimamålene må miljøledelsen være en integrert del av ledelsesprosessen. Det innebærer også at byggherrens miljøledelse arbeider aktivt med kravene som stilles for prosjektgjennomføring for å drive frem de riktige løsningene (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 33).

I VSI har prosjekt- og miljøledelsen arbeidet aktivt med integrering av miljø i prosjekteringsgruppen. Prosjekteringsledelsen har ikke bare samarbeidet tett med byggherrens miljøkoordinator ved utarbeidelse av miljøprogrammet og dens delmål, men også arrangert en såkalt kreativ prosess for å øke fokuset på miljøarbeider og forankre målene i prosjekteringsgruppen. Flere uttaler dette som en av suksesskriteriene for å integrere miljø i tidligfase prosjektering. I tillegg har VSI tilegnet både KM ved oppstart av prosjektet, RIM for klimagassberegninger og RIM for miljøledelse tidlig i konseptfasen. Det kan med gode grunner sies at prosjektledelsen sette klima i høysete i VSI prosjektet, og oppfyller standard for klima og miljø sitt krav om å styrke prosjektledelsen med miljøkompetanse fra oppstart (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 34).

Det stilles ytterligere krav av Sykehusbygg HF (2021), dette er krav som utarbeidelse av miljøprogrammet, miljøoppfølgingsplan og klimagassberegninger (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 12). Det fremkommer tydelig gjennom resultater i kapittel 4.2 at miljøledelsen har lest og forstått denne standarden, og benytter den som et arbeidsgrunnlag for prosjekteringsprosessen. Det som avviker fra denne standarden og er et innspill fra prosjekteringsgruppens prosjektleder er gjennomføring av den nevnte kreative miljøprosessen, som et tiltak for også å integrere klima som en viktig prosjekteringsparameter. Dette må sies å være et godt tiltak i forbindelse med hva Sykehusbygg HF (2021) sin evaluering av arbeid med klima og miljø i sykehusprosjekter viser. Ved evalueringer oppdager man at klima og miljø ikke har fått nok plass i sykehusprosjekter, og det antas at dette har rot i at det ikke oppleves viktig nok, samt at det ikke tilegnes ressurser og tilstrekkelig med tid (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 33). Dette er grunnlag for at prosjektledelsen kan antas å være på god veg til å legge til rette for «riktig miljøprosjektering» i tidligfasen av VSI-prosjektet.

KLIMAGASSVURDERINGER- OG BEREGNINGER

I VSI utfører RIM klimagassberegninger for byggets totale klimagassutslipp med verktøyet One Click. RIM forklarer at verktøyet gjør noen egne vurderinger for tidligfase beregninger, og at dette gir et grovt resultat på grunn av for lite prosjektspesifikk informasjon. Beregningene vil i grunn basere seg på antall m² over og under terreng, samt type næringsbygg. Denne studien stiller da spørsmål om dette er hensiktsmessig å utføre så tidlig, grunnet for lite informasjon, og at en må basere seg på erfaring fra tidligere prosjekter. Det blir dermed ikke veldig prosjektspesifikt. Beregningen utført av RIM i et så tidlig stadium blir da også kanskje kun et referansetall en likeledes kunne tatt i bruk referansetall for sykehus over 500mill, nemlig Kalnes.

Det viser seg også at i VSI startet RIM å etterspørre input til klimagassberegninger for ARK så tidlig som konseptfasens steg 1. ARK mener dermed at RIM etterspør underlaget på ett for tidlig stadiet i forhold til hvor langt i prosessen ARK har kommet. Det er betimelig å mene at RIM ikke har nok kunnskap om arkitektenes arbeidsprosesser, og dette kan dermed skape støy i arbeidsflyten til ARK, samt bruk av mer timer enn nødvendig. ARK mener at de først kan gi input til RIM mot slutten av skisseprosjektet. Arkitektene mener det er mest

hensiktsmessig å utføre beregninger i tråd med fremdrift i arkitektprosessen og LOD-nivå. Det vil likevel være rom for kvantifiserte optimaliseringer knyttet til materialer i ulike bygningsdeler

Siden Sykehusbygg HF (2021) sier at klimagassberegninger skal benyttes som beslutningsstøtte fra tidligfase vil dette gi mer prosjektspesifikk beslutningsstøtte som også kanskje er lavere enn 30% fravikende fra komplett LCA som Meek et al. (2018) viser til i sine studier.

I ARK og RIB sine arbeidsflyter som presenteres i figur 31, og 34, er det synliggjort når fagene arbeider med klimagassvurderinger knyttet til materialer. For arkitekt gjelder dette ved formstudier, samt ved tilpasning av form til tomt. For RIB gjelder dette aktiviteter som valg av bæresystemer, dimensjonering av bæresystem, samt alternativsvurdering av ulike typer bæresystem pr grid. Selv om ARK og RIB utfører klimagassvurderinger dokumenteres ikke nødvendigvis reduksjonen og optimaliseringene som gjøres med tanke på klima. Det er likevel høyt fokus på reduksjon av klimagassutslipp fra materialer. I tillegg til å arbeide med klimagassvurderinger i designprosessen utfører RIB i VSI også klimagassberegninger. Dette er diskutert under kapittel 5.3; forskningsspørsmål 3. ARK utfører ikke klimagassberegninger i konseptfasen i VS. Denne studien stiller derfor spørsmål til om hvorfor det ikke blir utført kvantifiserte klimagassberegninger der hvor ARK i dag gjør erfaringsbaserte klimagassvurderinger.

Ifølge Dupuis et al. (2017) kan en utføre kvantifiserte klimagassberegninger med BIM-integrert verktøy ved LOD 100. Fra figur 31 kan en se at ARK allerede ved formstudier har etablert modell med utviklingsnivå på LOD 100. I lys av Dupuis et al. (2017) sin forskning er det dermed gode grunner til at ARK bør utføre klimagassberegninger for formen på bygget, da det også er her man kan hente den store gevinsten, eller reduksjonen. Haaneefa (2023) mener nemlig at det både er kostnadsbesparende og CO₂-reducerende å sette søkelys på å optimalisere byggets formfaktor (Haaneefa, 2023)

Videre ser en også at ARK beriker modell med yttervegger og rom ved oppstart av konseptfasens steg 2. Det er betimelig og også her mene at det kan påstartes tidligfase beregninger og arbeid med klimabudsjett for fasade. Dog med en rekke generisk data basert på erfaring som Dupuis et al. (2017) mener er vesentlig for å utføre klimagassberegninger basert på mengder fra modell ved et så lavt modellutviklingsnivå. Dette motstrider mot Soust-Verdauger et al. (2017) som mener at det er først ved LOD 300 det er hensiktsmessig å utføre de første klimagassberegninger. Fra figur 31, at ARK mot slutten av skisseprosjektet beriker modell med generiske objekter for yttervegger, innervegger, dører og vindu. Dette tilsvarer et LOD nivå på 300. I lys av Soust-Verdauger et al. (2017) forklaring er det gode grunner til å mene at mot ARK bør utføre klimagassberegninger for å påstartet optimalisering og arbeide med å nå klimagassbudsjettet for fasade.

Utføres kvantifiserte klimagassberegninger for ARK på lik linje med RIB i VSI kan en benytte dette som beslutningsstøtte. Dette er noe som fremkommer som en mangel ved evaluering av klima og miljø i sykehusprosjekter (Sykehusbygg HF, 2021b, s.33)

5.2 FORSKNINGSSPØRSMÅL 2

For å svare på forskningsspørsmål 2, hvilke arbeider må utføres av arkitekter og rådgivende ingeniør bygg for å kunne beregne klimagassutslipp fra materialer, ble faglig arbeidsflyter hos ARK, og RIB, beriket med aktiviteter. Aktiviteter som bidrar til å utarbeide forslag til bæresystem, materialvalg og modell for å gi input til å kunne utføre klimagassberegninger. Prosessdiagrammene sammen med hovedfunnene fra forskningsspørsmål 2 vil derfor diskuteres i dette kapittelet.

FUNN:

- *Arkitekter og rådgivende ingeniør bygg samarbeider for å drive frem forslag til bæresystem i tidligfase, og er avhengig av flere beslutninger og andre aktører for å kunne komme med fornuftige forslag som modelleres og dermed gir mengder for klimagassvurderinger. Det er en kompleks prosess med mange foregående aktiviteter, og grensesnitt.*
- *Rådgivende ingeniør bygg gjennomfører en modellsprint for å berike RIB- modell til et nivå som fører til at klimagassberegninger blir mer pålitelige i et tidlig stadium.*

AKTIVITETER RIB

I studien fremkommer det at RIB har hovedsakelig fire steg før RIB skal vurdere aktuelle bæresystem. Disse er beregning av hoved- og sørlige belastninger, etablere inndeling av bygg i konstruktive fuger, samt etablere hovedprinsipper pr bæresystem. Når aktuelle bæresystem er vurdert skal det utføres enkle overslagsberegninger, samt plassering av avstivende elementer før ulike alternativer for bæresystemet vurderes, modellsprint utføres og mengder fra modell er klare for klimagassberegninger.

RIF (2019) ytelsesbeskrivelse for RIB-faget beskriver alle aktivitetene RIB har utført i VSI, se tabell 6. Det innebærer at ytelse RIB har gjennomført i VSI sammenfaller med RIF sin sammenfatning av skisseprosjektet. Med unntak av at det ikke er utført løsninger for fundamentering eller løsning for vanntette konstruksjoner (RIF, 2019). Dette kommer av at BH i VSI ikke bestilte grunnundersøkelser før steg 2 av konseptfasen slik tidligfaseveileder til sykehusbygg beskriver er hensiktsmessig (Sykehusbygg HF, 2017, s. 13). Det ble derfor kun utført beregninger fra arealer over terreng. Studien stiller seg kritisk til hvorfor dette ikke utføres slik tidligfaseveileder anbefaler, da grunnforhold har stor innvirkning på fundamentering, plassering av bygg på tomt ift. kotenivå, og dermed vanninnregning og kvalitet på betong. Som igjen kan øke mengden betong, masseuttak og dermed CO₂-utslippet og kostnaden i prosjektet.

RIF (2019) ytelsesbeskrivelser beskriver ikke rekkefølgen av aktivitetene slik det er gjort ved casestudie i VSI. RIF (2019) sies at dette er prosjektavhengig da gjennomføring av prosjekter i tidligfase kan være veldig avvikende. Det finnes likevel tidligfaseveileder for sykehusprosjekter over 500mill, som beskriver de overordnede rammene for hvordan konseptfasen skal utføres. Samtidig viser det seg at RIF sin ytelsesbeskrivelse for «normale» ytelse i konseptfasens steg 2 stemmer nærmest 100% med gjennomføring av konseptfasens steg 2 i VSI for RIB. I tillegg er det slik at aktivitetene har de samme avhengigheter uavhengig av prosjekt, f.eks. for at RIB skal kunne avklare hovedprinsipper kreves det at foregående aktiviteter som at belastninger identifiseres og at hovedgeometri er etablert. Denne studien stiller da spørsmål til om at rekkefølgen og grensesnittene egentlig er så komplekse. Basert på logisk resonnement er overordnet ramme satt, dette innebærer hovedleveranser i henhold til tidligfaseveileder for sykehus over 500mill. Siden hovedleveranser er beskrevet gir dette aktivitetene som må gjennomføres. Denne studien viser jo at ytelsene stemmer overens med RIB ytelsesbeskrivelse. Når hovedleveranser og aktiviteter er gitt er også avhengigheter gitt, - og når avhengigheter er gitt er rekkefølgen satt. Derfor kan en argumentere for at stegene er til dels generaliserbare og kan fungere som en god praksis for etablering av hovedbæresystemet i

tidligfasen i alle sykehusprosjekter over 500mill. Det skal også legges til at prosjekter i tidligfase er bevegelig, utsatt for politisk spill. Det kan dermed hende man får flere iterasjoner enn planlagt, og det er kanskje vanskeligere å sette tid på aktivitetene grunnet bevegeligheten i prosjektet, men selve rekkefølgen er fortsatt gjenkjennbar.

Det skal dog sies at det er mange aktører involvert som igjen kan argumenter for at dette gir komplekse grensesnitt. Grønn byggalianse (2023) beskriver at det er mangel på kunnskap for andre fag sine prosesser grunnet kompleksiteten i byggeprosjekter (Grønn byggalianse, 2023). Anskaffelser.no (2023) forklarer at aktørene i et byggeprosjekt ikke bare har ansvar for sine leveranser, men også å forstå grensesnittene (DFØ, 2023). Det er dermed grunn til å tro at aktørene ikke setter seg godt nok inn i grensesnittene og avhengighetene til sitt fag, og at det kanskje mangler gode tverrfaglige og faglige arbeidsflyter som viser hvordan RIB og ARK arbeider og samarbeider i tidligfase. Det anbefales derfor å sammenligne prosessflytene med andre store sykehusprosjekter for å se om prosessene er generelle. Dette kan mulig bidra til å skape forståelse og innsikt i hverandres prosesser.

TVERRFAGLIG SAMARBIED MED ARKITEKTENE

Samarbeid mellom RIB og ARK for å utarbeide forslag til bæresystemet er illustrert i figur 32. Denne viser at RIB samarbeider med ARK for å etablere hovedgeometri, ved inndeling avbygget i konstruktive fuger, samt ved etablering av grid under konseptfasens steg 2. På et generelt nivå uttaler både RIB og ARK at de har hatt et godt samarbeid i prosjektet. RIB forklarer at de ønsker tilgang til ARK-modell tidligere i konseptfasen. Det samme erfarer også arkitektene som gjerne ønsker seg mer bistand fra RIB i konseptfasens steg 1, ved utarbeidelse av ulike formstudier. ARK mener det gjerne kunne vært en tverrfaglig diskusjon mellom ARK, RIB og RIM knyttet til formfaktor og bæresystemer.

Denne studien viser gjennom figur 32 at RIB først får tilgang til ARK-modell i sen mellomfase, og at hvis RIB skal få tilgang til modell i et tidligere stadier er det sketchup modeller av ulike former de får tilgang til. Det vil kanskje ikke være like relevant og hensiktsmessig å få tilgang på et så tidlig stadie hvor ARK fortsatt jobber med 30-40 formalternativer.

For at RIB og RIM skal kunne komme med sin kompetanse i vurderingen av ulike former, så er det hensiktsmessig at prosjektleder innforstått at det er et behov slik at de sørger for at prosjektet har tilgang til en RIM og RIB i dette stadiet av prosjektet. Dette er noe Sykehusbygg (2021) løfter frem i evaluering av store sykehusprosjekter, nemlig mangelen på ressurser i tidligfase (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 33).

MATERIALVALG

Resultatene i figur 33 viser hvilke type bæresystem og dermed materialvalg RIB har foreslått for formen arkitektene har utarbeidet og viderefører fra konseptfasens steg 1. Her er det mange evalueringskriterier som skal hensyntas, det er derfor ingen enkel prosess. Ikke bare foreslår RIB materialvalg basert på en rekke evalueringskriterier, men også erfaringer fra andre sykehus og spesielle funksjonshensyn fra arkitekt og brukere. På lik linje med arkitektene vurdere også RIB aspekter som holdbarhet, fleksibilitet, økonomi, samt om materiale kan gjenbrukes og er resirkulerbar, osv. Dette er iht RIF (2019) ytelsesbeskrivelser (RIF, 2019).

RIB hensyntar også miljømålene ved forslag til materialvalg, f.eks. massivtre i kjernen og psykaitridelen av sykehuset. I VSI har også RIB foreslått en rekke kvaliteter som standardvalg for bjelker, søyler, vegger, dekker og fundamenter. De har også utarbeidet klimagassregnskap for en ulike materialsenarioer som typisk er brukt på sykehusprosjekter, samt materialer som kan bistå å nå klimamålet hva gjelder CO₂-utslipp fra materialer. RIB har dermed gjennomført beregninger og optimalisert materialbruken slik som Gartner et al. (2015) og Standard Norge (2006) beskriver en optimallivsløpsvurderingsprosess. Dette er nærmere diskutert under forskningsspørsmål 3.

MODELLERING

Sykehusbygg (2019) sin BIM-kravspesifikasjon er det beskrevet en rekke krav til BIM-modellens innhold for alle faser i byggeprosjektet. I tabell 8 i det teoretiske rammeverket er BIM-kravspesifikasjoner for etablering av bæresystem i konseptfasen beskrevet. Denne viser blant annet at RIB i konseptfasens steg 2 skal etablere modell for strukturell analyse og beregninger. RIB skal også modellere forenklet tak, dekker, ytter- og innervegger som har bærende funksjon. RIB skal rett og slett modellere hovedbæringen. Det vil si søyler, bjelker og avstivende konstruksjoner som er nødvendig for arealvurderinger og kalkyle. En modell hvor objektene er representert som generiske objekter, med omtrentlig mengder, dimensjoner, form, lokalisering og plassering (Sykehusbygg HF, 2019, ss. 7-12). BIM Forum (2021) beskriver LOD 300 som fastlagt geometri, hvor objektet grafisk representeres som spesifikt objekt med mengder, størrelse, dimensjoner, plassering og orientering (BIMForum, 2021, s. 16). Dette nivået sammenfaller med Sykehusbygg (2019) sin beskrivelse av BIM-krav for konseptfasen (Sykehusbygg HF, 2019, s 2). En kan derfor si at Sykehusbygg HF krever at RIB etablerer RIB-modell på LOD-nivå 300.

I VSI har RIB forholdt seg til BIM-kravdatabasen til Sykehusbygg og etablert modell med generiske objekter. RIB har utført en modellsprint ved bruk av skript for effektiv etablering av tidligfase 3D-modeller. Skriptet bidrar til å berike RIB-modeller fra LOD 100-LOD 300. 3D- modellen er dermed klar for mengdeuttak eller for bruk av plugin verktøyet LCA Design Tool. Erfaringer fra intervjuobjektene viser at dette er noe RIB ikke vanligvis gjør i tidligfase, og mener at en slik modellsprint er vesentlig i tidligfaseprosjekter for å lage godt nok beslutningsunderlag, og bidra til «riktig miljøprosjektering», diskusjonen om hensiktsmessig modellutviklingsnivå for mer pålitelig resultat for klimagassberegninger under forskningsspørsmål 3.

5.3 FORSKNINGSSPØRSMÅL 3

For å svare på forskningsspørsmål 3, hvordan utføres klimagassberegninger av bæresystemet i tidligfasen, ble det kartlagt og utarbeidet arbeidsflyt som viser hvilke steg som kreves for å gjennomføre klimagassberegninger. Arbeidsflyten sammen med hovedfunnene fra forskningsspørsmål 3 vil derfor diskuteres i dette kapitlet.

FUNN:

- *Med LCA Design Tool kan RIB selv utføre klimagassberegninger, og benytte verktøyet som en del av optimaliseringsprosessen av designet. RIB benytter dermed verktøyet som et budsjetteringsverktøy for å jobbe aktivt med å redusere klimagassutslippet for de ulike forslagene av bæresystem. De utfører klimagassregnskapet som en baseline og dermed komme med en rekke alternative løsninger som sammenligner designalternativene med tanke på reduksjon opp mot et utslippstall fra et referansesykehusprosjekt.*

BRUKEN AV REFERANSE

Bruce-Hyrkäs et al. (2018) og Meek et al. (2018) mener det er vesentlig å benytte en referanse som viser det totale utslippet for bygget og kvantifiserer resultatet fordelt på bygningsdeler slik at ARK eller RIB selv kan utføre klimagassberegninger i tidligfase prosjektering. Da de har størst innflytelse i tidligfasen av byggeprosjektet (Bruce-Hyrkäs et al. 2018, s. 181) (Meek et al. 2018, s. 232).

Det er nettopp dette som er gjort i denne studien. I miljøprogrammet til VSI er det sammen med miljøledelsen satt mål om å om å redusere klimagassutslipp fra materiale med 40% fra referansebygget Sykehuset Østfold Kalnes (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 21). For hovedbæresystemet skilte RIB dermed ut klimagassutslippene fra Kalnes som gjaldt hovedbæresystemet over terreng, slik at klimagassberegningene som ble utført i dette steget for VSI kunne sammenlignes. Det ble dermed mer nevenyttig for både RIB og kunde å diskutere resultatene for de ulike scenarionene RIB undersøkte. Studien kan dermed bekrefte teorien Bruce-Hyrkäs et al. (2018) og Meek et al. (2018) fremlegger hva gjelder bruk av referanse ved klimagassberegninger.

Verktøyet LCA Design Tool synliggjør også bruken av baseline ved fremstilling av resultater. Dette er også noe som bidrar til å visuelt fremstille resultater på en intuitiv måte og senker brukerterskelen. En får da sett på resultater fra gitt scenario fremstilt i stolpediagram, sammenlignet med referansebyggets utslipp i en annen stolpe ved siden av de ulike scenarionene. Sammen lignet med One Click sin fremstilling ved bruk av excelark og diagram funksjon er dette veldig likt, men en mye mer automatisert metode. I One Click må en manuelt lage diagram i excel, imens i LCA Design Tool fremkommer stolpediagrammet automatisk når det er mappet et materiale til modellobjektet (One Click LCA, 2023a)

METODE

Standard Norge (2006) forklarer en LCA består av fire fase; fastsettelse av hensikt og omfang, livsløpsregnskap, tolkning og vurdering av påvirkning, - og forklarer videre at en LCA utføres i flere iterasjoner. Dette understøttes av Gantner et al. (2015) som forklarer at livsløpsvurderinger bør gå igjennom tre iterasjoner (Gantner et al., 2015).

Metodisk har dermed VSI gjennomført beregninger i iterasjoner, slik som rammeverket sier at det skal utføres. VSI har definert systemgrenser og hvilket omfang klimagassberegningene skal innebære. Deretter er det blitt utført beregninger, før disse er blitt tolket av RIB prosjekteringsgruppen og vurdert sammen med miljøledelse og kunde. VSI har dermed arbeidet med klimagassberegninger som et budsjett. På lik linje med slik en arbeider med å få ned kostnadene i et byggeprosjekt. En har et miljømål med en baseline å strekke seg mot, og dermed utfører beregninger og tolkninger for å optimalisere designet med hensyn til CO₂-utslipp. Resultatene fra denne tidligfase,

screening LCA, med sammenlignbare systemgrenser benyttes til forenklet og komplette livsløpsvurderinger, og videre arbeid med å «nå budsjettet».

Gantner et al. (2015) forklarer at ved anvendelse av screening LCA benyttes det i hovedsak generisk data, og det fokuseres på utslipp fra de store klimagassutslippsdriverne, som bæresystemet. Å fokusere på bæresystemet har for øvrig VSI gjort, men de har ikke benyttet generisk data. De har tatt i bruk leverandør EPD-er som er grunnlaget for materialdatabasen. Hvorvidt det gir et mer nøyaktig resultat for tidligfasen, kan diskuteres. Dette med tanke på at Meek et al. (2018) viser at screening LCA kan avvike så mye som 30% fra den komplette LCA, noe som henger sammen med produktdata og mengden materiale. Å benytte leverandør EPD-er kan gi mer nøyaktig utslippsdata, og dermed vil man kunne anta at beregningene for hovedbæresystemet på VSI avviker mindre enn 30% fra komplett beregninger. Mengder kan dog endre seg når entreprenør kommer inn i prosjekt og velger byggemetode, eller om form endres, ol. Det er fortsatt stor usikkerhet i tidligfasen som kan påvirke mengder og dermed CO₂-utslippet.

5.4 FORSKNINGSSPØRSMÅL 4

For å svare på forskningsspørsmål 4, hvordan kan arbeid med klimagassvurderinger og -beregninger fra materialer integreres i tidligfase prosjektering på en bedre måte enn dagens praksis? er det blitt kartlagt flere innspill og suksesskriterier fra aktørene i tidligfasen. Funnene danner også anbefalinger for klima og miljøarbeider til nye store sykehusprosjekter. Disse funnene er;

FUNN:

- *Total tidligfase klimagassberegninger bør utføres av RIM i slutten av konseptfase steg 2, men kvantifiserte klimagassberegninger bør utføres ved et tidligere stadium i konseptfasen, og bør utføres av ARK og RIB.*
- *Kompetanseheving av livsløpsvurderinger i tidligfase, herunder metode og verktøy*
- *Kompetanseheving av faglige og tverrfaglige prosesser.*
- *Prosjektledelse bør integrer kvantifiserte klimagassberegninger i planverk og prosesser i et tidlig stadium. Det bør gjerne knyttes modellutviklingsnivå til aktivitetene i planverket, samt synliggjøring av at RIM bør bistå i aktiviteten.*
- *Benytte LCA verktøy med plugin til BIM*
- *Modellsprint og bruk av skript for å øke påliteligheten av klimagassberegninger*
- *Arbeide med klimabudsjett*
- *Miljøledelsen bør gjennomføre kreativ miljøprosess i tidligfasen for å forankre målene i miljøprogrammet*

ANSVAR & KOMPETANSE

I RIF (2022) sin ytelsesbeskrivelse for RIM står det skrevet at klimagassregnskap er RIM sitt ansvarsområde. Det står også at RIM skal bistå i vurderingen av overordnet materialvalg (RIF, 2022, s. 15). Dette er sammenfallende med Standard for klima og miljø for sykehusprosjekter, som skriver at RIM har ansvar for å utføre klimagassberegninger i konseptfasen, samt følge opp at kravene i miljøprogrammet blir ivaretatt i arkitektenes arbeid (Sykehusbygg HF, 2021b, s. 34).

I denne oppgaven har klimagassberegninger hva gjelder hovedbæresystemet blitt utført av RIB. RIM har kun bistått som en kvalitetssikringsfunksjon. Dette har ført til en smidigere prosess, da beregningene har blitt en integrert del av RIB sin prosjektering og modellering. En kan da diskutere hvorvidt det er hensiktsmessig å heller ansvarliggjøre designfagene for klimagassberegninger knyttet til materiale.

Normalt sett er det RIM som utfører beregninger. Da må ARK eller RIB hente ut mengder i excelark-oppsett. For at RIM deretter skal manuelt legge inn dette i One Click, for å så få ut et grovt estimat for tidligfasevurderinger uten å ha noe spesielt forhold til andre faktorer enn klimagassutslipp, som er særs viktig ved valg av materiale. Eksempelvis spenn for operasjonssaler som trenger fleksibiliteten i dens funksjon. Ved å ansvarliggjøre RIB og ARK til å utføre klimagassberegninger vil klimagassutslipp fra materiale også tas på alvor i de tidlige stadiene av prosjektet, og være en fullverdig parameter som vurderes sammen med andre kriterier ARK og RIB må ta hensyn til for å tilfredsstille alle krav de må forholde seg til. Denne ansvarliggjøringen av designfagene er noe som anbefales og understøttes av (Gantner et al. 2015).

I denne studien fremkommer det også at RIB har gode materialkunnskapet, og har ervervet seg nødvendig kunnskap om metodikken for å kunne utføre klimagassberegninger på egen hånd.

Meek et al. (2018) argumentere for at det er brukerutfordringer knyttet til kompleksiteten i vurderingen og detaljert informasjon byggematerialer. Videre forklarer de at det er tidkrevende og at ARK og RIB ikke innehar kompetanse om metodikken. Dette er motstridende med funnene i denne masteroppgaven. RIB har et høyt

kunnskapsnivå hva gjelder detaljert informasjon om ulike type materialer. Det er normal prosedyre at de alternativsvurderer ulike type materialer og bæresystem i tidligfase, det er bare det at RIB vanligvis ikke utfører klimagassberegninger selv. Noe som på det sterkeste anbefales for videre prosjekter for å arbeide med klimabudsjett som en integrert del av designprosessen. Ikke bare bidrar det til integrasjon i prosesser, men denne studien viser at det kan bidra til «riktig miljøprosjektering».

Det fremkommer også i denne studien at designfagene føler at RIM bare henger med prosjektet, og ikke tar aktiv deltakelse i designfagenes miljøarbeider. ARK mener også at RIM burde ta en synligere del av møter, og bistått ARK og RIB underveis i prosjekteringen med sin kompetanse. RIM burde heftet seg mer på prosessene. Ledelsen legger til rette for «riktig miljøprosjektering», men føler at RIM sin deltakelse er passiv når det gjelder å bistå fagene med miljøkompetanse. Spørsmålet denne studien stiller seg er om miljøledelsen jobber aktivt nok med oppfølging av designfagene, og om RIM har nok innsikt og kunnskap om de faglige prosessene til å bistå og følge opp designfagene til riktig tid i prosessen. I tillegg stilles det spørsmål til om klimagassberegninger som utføres i tidligfase gir godt nok beslutningsunderlag.

Meek et al. (2017) argumenterer for at det er arkitekter som ikke har god nok kunnskap hva gjelder detaljert informasjon om metodikk og materiale. Det er betimelig å stille spørsmål til denne uttalelsen da det fremkommer i denne studien at både RIB og ARK har gode materialkunnskaper, - og heller rette fokus mot RIM sin kompetanse på designprosessene.

I VSI har prosjektledelsen synliggjort en av aktivitetene hvor RIM skal utføre klimagassberegninger i planverket, men er dette godt nok for å hjelpe RIM til å bistå designfagene i deres arbeidsprosesser. Denne studien viser at dette ikke er godt nok og har derfor synliggjort miljøaktivitetene knyttet til materialer for designfagene, slik at RIM lettere kan se når de skal bistå ARK og RIB i deres designprosesser. På denne måten kan en dermed si at de sparer tid på å unødige stille i møter med emner hvor det er andre kriterier som må få fokus.

METODE & VERKTØY

Kreativ miljøprosess er et av suksesskriteriene som trekkes fram, og bør videre føres til andre sykehusprosjekter. Dette er nemlig spesielt for VSI, og er ikke en prosess de tidligere har kjørt i tidligfasen. Denne prosessen er diskutert i forskningsspørsmål 1.

I tillegg trekkes modellsprint og bruk av skript for å øke modellutvikling nivået av RIB et annet suksesskriterier som trekkes frem. Dette er også spesielt for VSI, og anbefales videreføres til andre prosjekter. Dette er diskutert i forskningsspørsmål 3.

Videre trekkes metoden RIB har arbeidet med optimalisering av materialvalg. Det at RIB har arbeidet med LCA som en iterativ prosess, og heller arbeidet med beregningene som et budsjett hvor man iterasjon etter iterasjon forøker å nærme seg et mål er et steg nærmere «riktig miljøprosjektering» i tidligfase. Dette er også diskutert i forskningsspørsmål 3

Til slutt trekkes det frem at et intuitivt verktøy som LCA Design Tool som pluginverktøy i BIM-modell er essensielt i effektivisering av arbeid med klimagassbudsjett. Det gjør klima til en likeverdig parameter ved å inkludere klimagassbudsjettering som en del av BIM-modellering. Det er enda viktigere nå som BIM har vist seg å ha mange fordeler og blitt mer og mer akseptert blant interessentene i byggebransjen. Dette understøttes av Knotten et al. (2015), les mer om verktøyet i diskusjon av forskningsspørsmål 5.

5.5 FORSKNINGSSPØRSMÅL 5

For å svare på forskningsspørsmål 5, hvilke erfaringer og anbefalinger kan dokumenteres gjennom bruk av verktøyet LCA Design Tool ved klimagassberegninger av bæresystemet? ble det dokumentert hvilke tilpasninger som måtte gjøres med verktøyet før det ble tatt i bruk i et norsk prosjekt. Det ble også dokumentert hvordan materialbibloteket ble satt opp, samt hvordan RIB i VSI måtte modellere for å bruke verktøyet. I tillegg ble det kartlagt en rekke erfaringer og anbefalinger ved pilotering av verktøyet.

Hensikten med å dokumentere arbeidene med verktøyet var å pilotere verktøyet i et norsk prosjekt for å kunne gjennomføre, dokumentere, analysere og dermed veilede fremtidig bruk av verktøyet i andre norske prosjekter. Hovedfunnene fra forskningsspørsmål 5 vil derfor diskuteres i dette kapittelet.

FUNN:

- *Intuitivt verktøy som totalt sett er mindre tidkrevende enn å involvere en ekstra aktør, RIM, for å utføre klimagassberegninger i tidligfase.*
- *Standard RIB-modelleringsskikk er god nok.*
- *Oppsett for LCA-tall (GWP – KgCO₂eq) er ikke basert på LCA Byg som i den danske versjonen. Det er derimot basert på et manuelt oppsatt materialbiblotek.*

BRUKEN AV VERKTØYET

I studien fremkommer det at hvis en tar i bruk BIM-integrert plugin LCA Design Tool er brukerskelen lav, da verktøyet ikke krever ekspertise kompetanse på LCA-metodikken, så lenge materialbibloteket allerede er opprettet. Det er ei heller en tidkrevende operasjon så lenge mengdene er på plass, og modellen er beriket på «riktig nivå»

Soust-Verdauger (2017) argumenterer også for bruk av plugin i BIM-modell ved screening LCA. Dette bekrefter denne studien. Verktøyet LCA Design Tool tillater en mye mer automatisert arbeidsmetode, enn å benytte One Click som ikke bare krever en ekstra ressurs, RIM, men som også krever at RIM innehar kompetanse for andre fagsprosesser. One Click blir da en mer manuell operasjon grunnet ansvarsdeling. Med dette menes at RIM må manuelt få data fra modell som eies av ARK eller RIB, og deretter legge inn i verktøyet. Noe som da sier seg selv at blir ett mer tidkrevende arbeid.

Meek et al. (2018) mener at tidsbruken bør være så lav som mulig, da fokuset ligger på å utvikle flere designalternativer sammen med brukerne, og at det derfor er vesentlig at det benyttes andre verktøy som integrert funksjon for å lette arbeidet. Denne studien viser at tidsbruken er lav, på grunn av plugin verktøyet. Erfaringer fra RIB tilsier også at hvis modellmengder var klare ville tidligfase klimagassberegninger ved bruk av LCA Design Tool kun noen få timer. Den viser også at RIB da fortsatt kan holde fokuset på å legge frem forslag til alternative bæresystem som vurderer alle evalueringskriteriene, inkludert CO₂-utslipp.

BIM-INTEGRASJON

Soust-Verdaguer et al. (2017) argumenterer for at et BIM integrert LCA-verktøy kan anvendes for en forenklet Screening LCA i tidligfasen av prosjektet. Forfatterne mener at LOD 300 er det laveste modellnivået som er egnet for å utføre screening LCA (Soust-Verdauger et al, 2017). Dette synspunktet blir utfordret av Dupuis et al. (2017), som mener at LOD >300 er det optimale utviklingsnivået for å gjennomføre screening LCA. Forfatterne argumenterer for at informasjonshullet mellom 100 til >300 skal lukkes må det benyttes generisk data.

I VSI ble det gjennomført en modellsprint som økte LOD fra 100-300. Dette ble gjort for å øke nøyaktigheten av tidligfase beregninger ved bruk av BIM-integrert beregningsverktøy. I tillegg ble det, som nevnt, benyttet leverandør EPDer, som bidrar til å redusere mengden generisk data. Studien bekrefter dermed Soust-Verdauger et al. Sin forskning om at LOD 300 er nødvendig for å utføre screening LCA, avkrefter Dupuis et al (2017) behov for LOD-nivå >350, men samtidig understøtter Dupuis et al (2017) sin argumentasjon om bruk av generisk data ved modell med LOD-nivå <100.

Modellen kan påstås er god nok for å kunne gjennomføre beregninger ved bruk av LCA Design Tool. RIB har likevel noen forutsetninger for modellering, som at elementer må modelleres med riktig kategori, eller det å være bevisst på at hulldekker på dette stadiet modelleres som et helt dekke. Dette medfører større mengde betong, da hull i dekkene modelleres først ved LOD 350. Med dette resultatet kan en tildels forstå Dupuis et al (2017) uttalelse om at modellen bør være på LOD-nivå 350 eller høyere, men RIB er klar over at hulldekker har hull, og en kan da benytte en faktor som reduserer de mengdene som vil frafalle om prosjektet benytter hulldekker versus plasstøpt betong.

VERKTØYETS MATERIALDATABASE

Materialdatabasen til den norske versjonen av LCA Design Tool ble for klimagassberegninger av bæresystemet på VSI satt opp manuelt, og består av produktspesifikke EPDer. I den danske versjonen er det importert en Json-bakgrunnsfil som er hentet fra danske LCA Byg (Intranett COWI,2023). Denne filen benytter bransje-EPDer for screening LCA. På lik linje med One Click.

EPD-Norge (2015) forklarer at bransje EPDer kan variere med +/-10 & fra produktspesifikke EPD-er (EPD-Norge, 2023b). En kan derfor argumentere for at den oppsatte databasen for bæresystemsmaterialer i den norske versjonen av LCA Design Tool fremstiller et mer realistisk bilde av utslippet, og er nærmere enn 30% fra komplett klimagassberegninger, slik som Meek et al (2018) viser til gjennom sin forskning.

Det skal dog legges til at det å opprette og vedlikeholde databasen manuelt er tidkrevende. Det anbefales derfor at også norske LCA Design Tool benytter LCA byg Nor sin database og bakgrunnsfil når den lanseres og er tilgjengelig for bransjen.

KAPITTEL 6 KONKLUSJON

6 KONKLUSJON

Gjennom casestudie av Sykehuset i Innlandet har erfaringsdata blitt innhentet ved deltakelse i møter, analyse av prosjektdokumenter, samt dybdeintervju av prosjekttressurser.

Dette prosjektet benyttet LCA Design Tool og skript til å integrere klimagassberegninger i prosjekteringsprosessen ved å koble 3D-modeller med en materialdatabase. Denne innovative tilnærmingen gir en enkel metode for å beregne klimagassutslipp og vurdere bæresystemalternativer, fremmer miljøbevissthet og gir nyttige verktøy for bærekraftige beslutninger i byggeprosjekter.

Resultatene fra casestudie viser blant annet at prosjektledelse bør integrere kvantifiserte klimagassberegninger i planverk og prosesser i et tidlig stadium. Det bør gjerne knyttes modellutviklingsnivå (LOD) og modellmodenhetsindeks (MMI) til aktivitetene i planverket. Prosjekt- og miljøledelsen bør også gjennomføre kreativ miljøprosess i tidligfasen for å forankre målene i miljøprogrammet med prosjekteringsgruppen.

Resultatene viser også at total tidligfase klimagassberegninger bør utføres av RIM i slutten av skisseprosjektet, men at kvantifiserte klimagassberegninger bør utføres ved et tidligere stadium, og bør utføres av arkitekter og rådgivende ingeniør bygg.

Et annet funn er at ved å benytte klimagassverktøy som er fullt integrert i BIM modellen, som LCA Design Tool tillater, kan RIB selv utføre klimagassberegninger som en del av optimaliseringsprosessen av designet. RIB benytter dermed verktøyet for å jobbe aktivt med å redusere klimagassutslippet for de ulike forslagene for bæresystem. De utfører klimagassregnskapet som et budsjett og kan dermed sammenligne designalternativene med tanke på reduksjon opp mot et utslippstall fra et referansesykehusprosjekt.

Videre fremkommer det også at BIM-modellen som benyttes for mengdeinput til screening LCA bør ha ett LOD-nivå på 300 for å øke påliteligheten av klimagassberegninger i tidligfase. Beregninger på et lavere modellutviklingsnivå kan utføres, men studien argumenterer for at screening LCA blir for generisk til at resultatene har noen hensikt ved et så tidlig stadium i byggeprosjektet.

Basert på funnene fra de kvalitative studiene ble det også utarbeidet prosessdiagrammer. Diagrammene viser hvordan klimagassvurderinger og beregninger kan integreres i tidligfasen, og beskriver hvilke aktiviteter, metoder og verktøy som kreves for å kunne beregne CO₂-utslipp fra materialer på en effektiv måte.

Prosessdiagrammene synliggjør også arbeidsflyten mellom arkitekter og rådgivende ingeniør bygg ved utarbeidelse av forslag til hovedbæresystem. Denne studien argumenterer for at disse prosessdiagrammene til dels er generaliserbare og kan fungere som en god praksis for etablering av hovedbæresystemet i tidligfasen i alle sykehusprosjekter over 500mill. Prosessdiagrammene kan dermed bidra til å øke kunnskapen om bærekraftig prosjektering i byggebransjen, og potensielt påvirke fremtidige praksiser og retningslinjer for å redusere klimagassutslipp fra bæresystemet i byggeprosjekter. Diagrammene bidrar dermed til å vise hvordan klimagassvurderinger- og beregninger kan integreres for å legge til rette for «riktig miljøprosjektering» i tidligfase.

Med utgangspunkt i funnene i dette studiet kan det argumenteres for, og dermed konkluderes med at klimagassvurderinger og -beregninger foreslås å integreres i tidligfasen av norske byggeprosjekter for mer «miljøriktig» prosjektering gjennom:

1. Prosjekt- og miljøledelse som setter klima i høysetet, og integrerer klimaarbeider i planverket.
2. Ansvarliggjøring av designfagene (ARK og RIB) ved kvantifiserte klimagassberegninger
3. Bruk av LCA-verktøy som er enkelt nok, og har plugin til BIM-modell
4. Utføre klimagassberegninger når modeller har LOD 300 nivå.
5. Å ha kvantifisert baseline fra referanseprosjekt
6. Å betrakte fokusmålene i miljøprogrammet som et budsjettmål, det vil si optimalisering av materialvalg knyttet til CO₂-utslipp, og dermed gjennomføre screening LCA i flere iterasjoner i løpet av tidligfasen.
7. Miljøledelsen bør erverve seg kunnskap om faglige prosesser for å kunne følge opp designfagene

7 VIDERE ARBEIDER

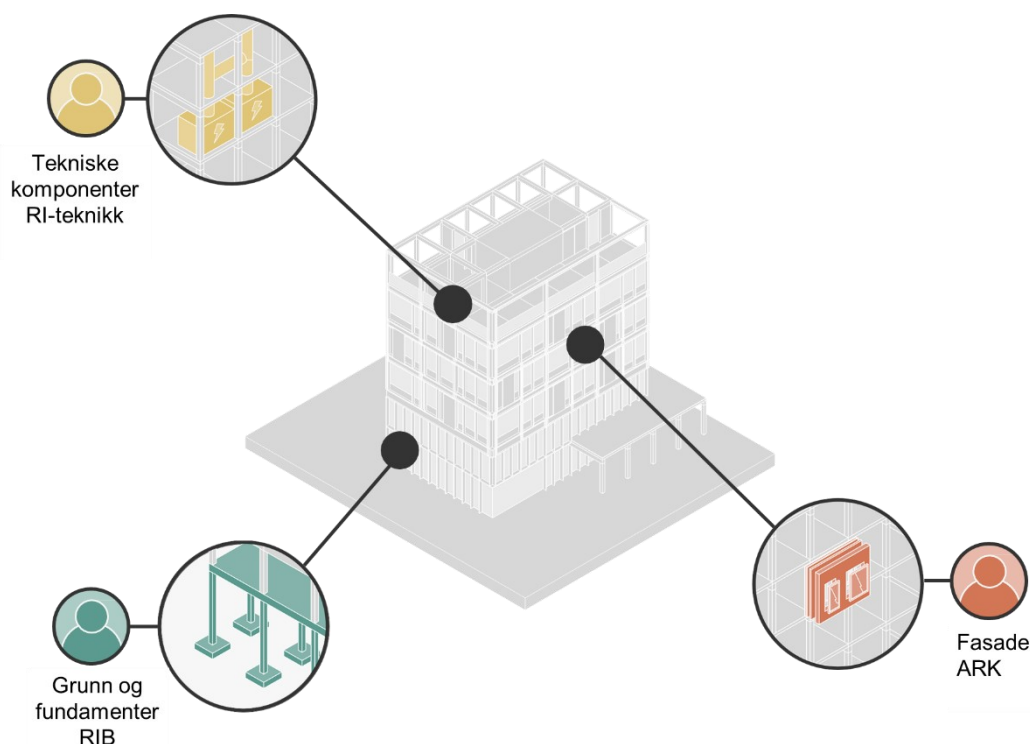
Gjennom masteroppgavens funn og diskusjoner fremkommer det en rekke interessante aspekter som kan være hensiktsmessig å ettergå.

Det anbefales blant annet at ARK følger den samme arbeidsmetoden for å utføre klimagassberegninger slik som RIB. Det ville vært hensiktsmessig å følge klimagassberegninger for både form og fasade ved å ta i bruk LCA Design Tool. Det foreslås her å undersøke om det også for denne bygningsdelen kreves at modellutviklingsnivået bør være på LOD 300.

Det ville også vært nyttig å analysere både forenklete beregninger, samt komplette beregninger i VSI-prosjektet, for å se om klimagassberegninger for hovedbæresystemet som er utført i dette casestudiet faktisk avviker med så mye som 30% fra komplett LCA, slik tidligere forskning hentyder.

Ellers kan det være nyttig å innføre fremdriftsdashbord, et såkalt power-bi dashbord. Dette viser referanseprosjektet som mål, og gir automatiske oppdateringer når designet endrer seg. Ville det vært hensiktsmessig for kunde og også integrere et slikt dashboard for å synliggjøre klimagassutslipp for materiale løpende i prosjekteringen?

Det anbefales også å studere bruken av LCA Design Tool for klimagassberegninger for tekniske fag, se figur 39. I tillegg ville det vært nyttig å kartlegge deres klimagassvurderinger underveis i prosjekteringsprosessen.



Figur 39. Videre arbeider.

REFERANSER

- Antón, L. A., & Diaz, J. (2014). Integration of LCA and BIM for Sustainable. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 1378-1382.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.525>
- Arbeidstilsynet. (2021, 01. Januar). *Byggherreforskriften §4. Definisjoner*.
<https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/byggherreforskriften/1/4/>
- Arbeidstilsynet. (2023, 26. Juli). *Forskriften om informasjon- og påseplikt og innsynsrett §3 definisjon*.
<https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/forskrift-om-informasjons--og-paseplikt-mv/1/3/>
- Arkitektbedriftene. (2023a, 26. Juli). *MAKS - Nyhet: Endring i SAK og TEK 17 fra 1.juli*.
<https://www.maks.no/>
- Arkitektbedriftene. (2023b, 31. August). *Arkitektbedriftenes arkitektfaglige ytelsesbeskrivelser 4.3.2.5 Krav til fysiske løsninger*. <https://ay.arkitektbedriftene.no/ay10?chapterId=1829330>
- Arkitektbedriftene. (2023c, 30. August). *Arkitektbedriftenes arkitektfaglige ytelsesbeskrivelser - 4.3 Programmering*. <https://ay.arkitektbedriftene.no/ay10?chapterId=1828023>
- Arkitektbedriftene. (2023d, 30. August). *Arkitektbedriftenes arkitektfaglige ytelsesbeskrivelser - 4.3.2 Byggeprogram*. <https://ay.arkitektbedriftene.no/ay10?chapterId=1829562>
- Arkitektbedriftene. (2023e, 26. Juli). *Arkitektbedriftenes arkitektfaglige ytelsesbeskrivelse*.
<https://ay.arkitektbedriftene.no/arkitektbedriftenes-arkitektfaglige-ytelsesbeskrivelse>
- Arkitektbedriftene. (2023f, 26. Juli). *Arkitektbedriftenes arkitektfaglige ytelsesbeskrivelse - 6 Byggeværk*. <https://ay.arkitektbedriftene.no/ay10?chapterId=1827995>
- Arkitema. (2023a, 18. August). *Historie*. <https://www.arkitema.com/no/om>
- Arkitema. (2023b, 18. August). *Samarbeid om å skape bærekraftige byer*.
<https://www.arkitema.com/no/service/baerekraft>
- BIM7AA. (2022). Bygningsdelsspesifikasjoner REV 5. BIM7AA. <https://anvisninger.molio.dk/gratis-vaerktojer/bygningsdelsspesifikasjoner/bygningsdelsspesifikasjoner>
- BIMForum. (2021). Level of Development (LOD) Specification - For building Information Models. BIMForum. https://bimforum.org/wp-content/uploads/2022/06/BIMForum_LOD-Spec-2020.zip
- Bowen, G. (2009). Document Analysis as a Qualitative Research Method. *Qualitative Research Journal*, 27-40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Bruce-Hyrkäs, T., Pasanen, P., & Castro, R. (2018). Overview of Whole Building Life-Cycle Assessment for Green Building - Certification and Ecodesign through industry Surveys and Interviews. *ScienceDirect*, 178-183. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.127>

- Bygg 21. (2016). Veileder for fasenormen - "Neste Steg" - Et felles rammeverk for norske byggeprosesser. Versjon 1,2. Bygg 21. <https://bygg21.no/wp-content/uploads/2021/03/veileder-for-stegstandard-ver-1.2-med-logoer-201116.pdf>
- Bygg 21. (2018). *Bygg- og eiendomssektorens betydning for klimagassutslipp*. Bygg 21. https://bygg21.no/wp-content/uploads/2021/03/33019_interaktiv_arb.gr_3_veileder-2.pdf
- Byggemiljø. (2010). *Nødvendig kompetanse for prosjekterende, prosjekteringsledere og prosjektledere for miljøriktig prosjektering av bygninger* Byggemiljø - Byggenæringens miljøsekretariat. <https://www.dibk.no/globalassets/miljo/publikasjoner/byggemiljo-veileder-kompetanse.pdf>
- Byggenæringens Landsforening [BNL]. (2019). *Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp - En oversikt over klimagassutslipp som kan tilskrives bygg, anlegg og eiendomssektoren (BAE) i Norge*. Byggenæringens Landsforening. https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf
- Cavalliere, C., Habert, G., Dell'Osso, G., & Hollberg, A. (2019). Continuous BIM-based assessment of embodied environmental impacts throughout the design process. *Cleaner Production*, 941-952. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.247>
- Codex advokat. (2023, 25. Juli). *Entrepriserett - Viktige begreper*. <https://codex.no/bedrift/entrepriserett/viktige-begreper#herre>
- COWI. (2018, 29. November). *COWI has agreed to acquire arkitema architects and moves to the top of the nordic premier league*. <https://www.cowi.com/about/news-and-press/cowi-has-agreed-to-acquire-arkitema-architects-and-moves-to-the-top-of-the-nordic-premier-league>
- COWI. (2023a, 18. August). *Moet-vaare-ansatte*. <https://www.cowi.no/karriere/moet-vaare-ansatte>
- COWI. (2023b, 18. August). *Our Strategy*. <https://www.cowi.no/om-cowi/vaar-strategi>
- De nasjonale forskningsetiske komiteene [FEK]. (2022, 06. September). *Forskningsetikk*. <https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/metoder/kvalitativ-metode/>
- DFØ. (2023, 01. Februar). *Byggeprosessen - Organisering av bygg- eller anleggsprosjekter*. <https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen/konseptutvikling-og-bearbeiding-i-bygg-og-anlegg/konseptutvikling-i-bae-anskaffelser/organisering-av-bygg-eller-anleggsprosjektet>
- DiBK. (2017, 15. September). *Byggteknisk forskrift (TEK 17) med veiledning*. <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>
- DiBK. (2022). *Veileder for utarbeidelse av klimagassregnskap*. DiBK. https://www.dibk.no/byggtekniske-omrader/veileder-om-klimagassregnskap/Veileder%20for%20utarbeidelse%20av%20klimagassregnskap_august%202023.pdf
- DiBK. (2023a, 05. September). *§ 17-1. Klimagassregnskap fra materialer*. <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/17/17-1>
- DiBK. (2023b, 14. Juni). *Kapittel 17 Klima og livsløp*. <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/17/17-1>

- Direktoratet for byggkvalitet [DiBK]. (2018). *Utredning av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK*. Direktoratet for byggkvalitet. https://www.dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/utredning_av_livslopsbaserte_miljokrav_i_tek_asplan_viak_2018.pdf
- Direktoratet for forvaltning og økonomistyring [DFØ]. (2023, 22. Juli). *Anskaffelsesprosessen steg for steg*. <https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/anskaffelsesprosessen-steg-steg>
- Dupuis, M., April, A., Lesage, P., & Forgues, D. (2017). Method to Enable LCA Analysis through Each Level of Development of a BIM Model. *Prccedia Engineering*, 857-863. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.017>
- EBA. (2014). *Ytelsesbeskrivelser for BIM-prosjekt*. EBA. <https://www.eba.no/siteassets/dokumenter/bygg-og-bolig/kravstilling-i-bim-prosjekter.pdf>
- EBA. (2018). *MMI - Modellmodenhetsindekse*. EBA. <https://www.arkitektbedriftene.no/arkitektbedriftene-rif-og-eba-med-felles-mmi-veileder?iid=4530452&pid=AB-Article-ArticleFiles.Native-InnerFile-File&attach=1>
- EBA (2022). *MMI-veileder 2.0*. EBA <https://mmi-veilederen.no/wp-content/uploads/2022/10/MMI-veileder-2.0.pdf>
- Entreprenseadvokater.no. (2022, 01. April). *Hva må prosjekterende gjøre før arbeidene er ferdig prosjektert?* <https://www.entreprenserettsadvokater.no/konsulentavtaler/hva-ma-prosjekterende-gjore-for-arbeidene-er-ferdig-prosjektert/#hva>
- Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg [EBA]. (2022). *Klimabidrag bygg og anlegg - EN gjennomgang av alle klimagassutslipp som kan ansvarliggjøres norsk bygg og anleggssektor*. Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg. <https://www.eba.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-publikasjoner/rapport-bygg-og-anlegg-endelig.pdf>
- EPD-Norge. (2016, 14. Juni). *Miljøegenskaper og materialer - EPD-Norge*. https://www.epd-norge.no/getfile.php/136819-1479891934/Dokumenter/211116%20Materialseminar%20Oslo%20tidseffekt_Solli.pdf
- EPD-Norge. (2023a, August 12). *Hva er en EPD?* <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>
- EPD-Norge. (2023b, 02. September). *Hvilke typer EPDer finnes og hvordan er de forskjellige?* : <https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321663-1637233134/Dokumenter/Hvilke%20typer%20EPDer%20finnes%20og%20hvordan%20er%20de%20forskjellige%20korr181121.pdf>
- FN-Sambandet. (2023, 20. Juni). *Parisavtalen*. <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen>
- Ford, B., Mumovic, D., & Rawal, R. (2022). Alternatives to air-conditioning: policies, design, technologies, behaviours. *Buildings & Cities*, 433-447. <https://doi.org/10.5334/bc.256>
- Gantner, J., Wittstock, B., Lenz, K., Fischer, M., & Sedlbauer, K. (2015). *EeBGuide Guidanse Document - Part B: Buildings: Operational guidance for Life Cycle Assessment studies of the Energy Efficient Building Initiative*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag. <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-297395>
- Grønmo, S. (2023, 15 April). *Utvalg*. <https://snl.no/utvalg>

- Grønn Byggallianse. (2020, 09. September). *Klimakur for bygg og eiendom*. <https://byggalliansen.no/kunnskapssenter/publikasjoner/infopakkeklimakjempen/#1610543721107-d3aa30d5-72bf>
- Haneefa, C. (2023). *What is wall-to-floor ratio*. kupdf.net: https://kupdf.net/download/what-is-wall-to-floor-ratio_5cb09303e2b6f5622794ab1f_pdf
- Helse Sør-Øst RHF. (2022). *Prosjekteierstyring for sykehusbyggprosjekter i Helse Sør-Øst*. Helse Sør-Øst. <https://www.helse-sorost.no/499f9f/siteassets/documents/store-utviklingsprosjekter/prosjekteierstyring-helse-sor-ost-rhf-v.1.1.pdf>
- Helsenorge. (2023, 04. Juli). *Sykehuset Innlandet – Framtidig sykehusstruktur*. <https://sykehuset-innlandet.no/framtidig-sykehusstruktur>
- Knotten, V., Svalestuen, F., Hansen, G., & Lædre, O. (2015). Design management in the building process - A review of current. *ScienceDirect*, 120-127. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00158-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00158-6)
- Kommunal- og distriktsdepartementet. (2008, 27. Juni). *Plan- og bygningsloven*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/plan-og-bygningsloven/id570450/>
- Kommunal- og distriktsdepartementet. (2018, 10. September). *Reguleringsplanveileder*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/reguleringsplanveileder/id2609532/?ch=6>
- LCA.no. (2023, 04. Juni). *Hva er LCA?* <https://lca.no/hva-er-lca/>
- Meek, E., Hollberg, A., Knapen, E., Hildebrand, L., & Verbeeck, G. (2018). Requirements for applying LCA-based environmental impact assessment tools in the early stages of building design. *Building and Environment*, 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.016>
- Mercell. (2022, 16. Juni). *Konkurransbestemmelser: Arkitektledet rådgiverteam - Videreutvikling av Sykehuset Innlandet HF*. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj94de pWBAxVZVPEDHWyFAHcQFnoECB0QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.mercell.com%2Fm%2Ffile%2FGetFile.ashx%3Fid%3D168349863%26version%3D0&usq=AOvVaw22qJ9_1rJ6X7Uih5cN55q0&opi=89978449
- Miljødirektoratet. (2023, 21. Juni). *Byer*. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/dette-sier-fns-klimapanel/sjette-hovedrapport/byer/>
- Miljøverndepartementet. (2010). *Miljø- og samfunnsansvar i offentlige anskaffelser*. Miljøverndepartementet. <https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/planer/t-1467.pdf>
- MT Højgaard. (2016). *Bygningsdelskatalog*. MT Højgaard. <https://mth.com/mth/Forms/DownloadPdfForm?id=d192fa37-0197-4bb6-b78f-8b1255f18c23&linkid=link1>
- Multiconsult. (2023, 31. August). *CO2-utslipp i sykehusbygg kan halveres*. <https://www.multiconsult.no/co2-utslipp-i-sykehusbygg-kan-halveres/>

- NIBIO. (2020). Lavutslippsmaterialer i bygg. Barrierer og muligheter. NIBIO.
https://www.regjeringen.no/contentassets/72688a1ce00a423bb97ae6ca8bd286fa/nibio_rapport_2020_6_20-08.06.2020-publ..pdf
- One Click LCA. (2023a, 30. August). *Norge - NS3720 Klimagassverktøyet One Click LCA*.
<https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360014964920-Norge-NS-3720-Klimagassverkt%C3%B8yet-One-Click-LCA>
- One Click LCA. (2023b, 31. August). *Programvare for livsyklusanalyser (LCA) innen byggebransjen*.
https://www.oneclicklca.com/no/programvare-for-livssyklusanalyser-innen-byggebransjen/?utm_source=google&utm_medium=paidsearch&utm_campaign=NO&utm_content=brand&gclid=Cj0KCQjw9MCnBhCYARIsAB1WQVVcfbXsMs2t8mlhE7MwROM7hLkXFquwG1PR1uhpahspub8msWekRuYaAslrEALw
- ProsjektNorge. (2023, 06. Juni). *Kostnadsbevisst verdiskaping og samhandling*. Hentet fra prosjektnorge.no: <https://prosjektnorge.no/forskning/fullforte-prosjekter/kostnadsbevisst-verdiskaping-og-samhandling/>
- Regjeringen.no. (2021, 22. Januar). *Klimaendring og norsk klimapolitikk*.
<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/>
- RIF. (2015). *Prosjekteringsledelse i bygge- og anleggsprosjekter*. RIF. <https://rif.no/wp-content/uploads/2020/06/8020-Prosjekteringsledelse-aug.-2015.pdf>
- RIF. (2019). *Rådgivende ingeniør byggeteknikk*. RIF <https://rif.no/wp-content/uploads/2019/11/RIF-veileder-om-r%C3%A5dgiverytelser-og-grensesnitt-RIB-oppdatert.pdf>
- RIF. (2023, 25. Juli). *Rådgiverytelser*. <https://rif.no/publikasjoner/radgiverydelser/>
- Röck, M., Hollberg, A., Habert, G., & Passer, A. (2018). LCA and BIM: Visualization of environmental potentials in building construction at early design stages. *Building and Environment*, 153-161.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.006>
- Rådgivende ingeniørers forening [RIF]. (2022). *Rådgivende ingeniør miljø - Grensesnitt, ytelse og anskaffelse*. RIF. <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/05/1909-rif-veileder-om-raadgiverytelser-rim-original.pdf>
- Sagheb, A., Vafaei-hosseini, E., & Ramancharla, P. (2011). The Role of Building Construction Materials on Global Warming - Lessons for Architects. *Hyderabad: Centre for Earthquake Engineering*.
https://www.researchgate.net/publication/269031946_The_Role_of_Building_Construction_Materials_on_Global_Warming_Lessons_for_Architects
- SINTEF. (2016, 07. Juni). *Alternative bærekonstruksjoner kan halvere klimautslipp*.
<https://www.sintef.no/siste-nytt/2016/alternative-barekonstruksjoner-kan-halvere-klimaut/>
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., & Garcíá-Martínez, A. (2017). Critical review of bim-based LCA method to buildings. *Energy and Buildings*, 110-120.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.009>
- Standard Norge. (2006). *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk (ISO 14040:2006)*
<https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14044:ed-1:v1:en>

- Standard Norge. (2018a). *Metode for klimagassberegninger for bygninger* (NS3720:2018).
<https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=992162>
- Standard Norge. (2018b). *Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) — Informasjonsforvaltning med BIM — Del 1: Begreper og prinsipper* (ISO 19650-1:2018).
<https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1131728>
- Standard Norge. (2022). *Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder* (NS3451:2022).
<https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1411592>
- Standard Norge. (2023, 26. Juli). *Digital byggeprosess og BIM*.
<https://standard.no/fagomrader/digital-byggeprosess/>
- Standard Norge. (2023a, 12. Juni). *Ny Norsk Standard for steg og leveranser i byggverkets livsløp*.
<https://standard.no/nyheter/ny-norsk-standard-for-steg-og-leveranser-i-byggverkets-livsløp/>
- Standard Norge. (2023b). *Steg og leveranser i byggverkets livsløp* (NS3467:2023).
<https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1512402>
- Statsbygg. (2022). *Veileder EPD - Veiledning til bruk av EPD ved miljøvurderinger*. Statsbygg.
<https://dok.statsbygg.no/wp-content/uploads/2022/06/veilederEPD.pdf>
- Sykehusbygg HF. (2017). *Veileder for tidligfasen i sykehusprosjekter*. Sykehusbygg HF.
<https://www.sykehusbygg.no/siteassets/documents/Veiledere/Veileder-for-tidligfasen-i-sykehusbyggprosjekter.pdf>
- Sykehusbygg HF. (2018). *Evaluering av sykehusprosjekter*. Sykehusbygg. HF
<https://www.sykehusbygg.no/siteassets/documents/veiledere/evaluering-sykehusbyggprosjekter.pdf>
- Sykehusbygg HF. (2019). *Krav til digitalisering og BIM (BygningsInformasjonsModell) for bygning - Samling 4 kravdokumenter*. Sykehusbygg HF.
<https://www.sykehusbygg.no/siteassets/documents/veiledere/krav-til-bim-4-dokumenter-samlet.pdf>
- Sykehusbygg HF. (2021a). *Kunnskapsbygging og erfaringsoverføring*. Sykehusbygg HF.
<https://www.sykehusbygg.no/contentassets/b951920fbd8c46caad1721541b5c47cb/kunnskap-sbygging-og-erfaringsoverforing-sykehusbygg-hf-1.pdf>
- Sykehusbygg HF. (2021b). *Standard for klima og miljø i sykehusprosjekter*. Sykehusbygg HF.
<https://www.helse-vest.no/499fac/contentassets/736c150c5692409e813e68c414797309/styredokument-2021/08.12.2021/sak-11521-vedl.-1---standard-for-klima-og-miljo-i-sykehusprosjekter.pdf>
- Sykehusbygg HF. (2022, 07. November). *Arkitektur*.
<https://www.sykehusbygg.no/kunnskapsdeling/arkitektur>

Sykehusbygg HF. (2023, 14. Februar). Om oss. <https://www.sykehusbygg.no/om-oss/>

Symetri. (2023, 31. August). One Click LCA - Beregn miljøpåvirkningen din på bare noen få minutter.
Hentet fra symetri.no: <https://www.symetri.no/produkter/one-click-lca/>

Tjora, A. (2017). *Kvalitative forskningsmetoder* (3. utg): Gyldendal Akademisk.

VEDLEGG

VEDLEGG 1 - INTERVJUGUIDE

VEDLEGG 2 – SPØRSMÅLSMATRISER

VEDLEGG 3 - HOVEDPROSESS - ARBEID MED KLIMAGASSVRUDERINGER OG -BEREGNINGER I KONSEPTFASEN VSI

VEDLEGG 4 - ARKITEKTENES PROSESS I KONSEPTFASEN VSI

VEDLEGG 5 - RÅDGIVENDE INGENIØR BYGG SIN PROSESS I KONSEPTFASEN VSI

VEDLEGG 6 – AKTUELLE MATERIALER FOR HOVEDBÆRESYSTEMET

VEDLEGG 7 - ARBEIDSFLYT FOR ETABLERING BÆRESYSTEM VED BRUK AT SKRIPT FOR EFFEKTIV MODELLERING

VEDLEGG 8 - KLIMAGASSBEREGNINGER OG RESULTATER FRA VSI

VEDLEGG 9 - PROSESS FOR UTFØRELSE AV KLIMAGASSREGNSKAP MED LCA DESIGN TOOL

VEDLEGG 10 – OPPSETT AV MATERIALDATABASE

VEDLEGG 11 – TILPASNINGER AV LCA DESIGN TO

VEDLEGG 1 – INTERVJUGUIDE

INTERVJUGUIDE

Denne intervjuguiden er utarbeidet med hensikt å informere og veilede intervjudeltakerne i forkant av intervjuet. Intervjuguiden skal sikre konsistens, skape effektiv og systematisk tilnærming til dybdeintervjuer, som gjør det mulig å oppnå de ønskede forskningsmålene i masteroppgaven.

Om masteroppgaven:

Denne masteroppgaven vil undersøke hvordan arbeid med klimagassvurderinger- og beregninger fra materialer kan integreres i tidligfase prosjektering av i norske byggeprosjekter, slik at prosjektene kan utøve «riktig miljøprosjektering».

Hovedtema og formålet med intervjuet:

Dette er en undersøkelse med formål om å innhente erfaringsbasert kunnskap knyttet til følgende forskningsspørsmål:

1. *Hvordan arbeider aktørene i tidligfasen med klimagassvurderinger- og beregninger knyttet til materialer?*
2. *Hvilke arbeider må utføres av arkitekter og rådgivende ingeniør bygg for å kunne beregne klimagassutslipp av hovedbæresystemet?*
3. *Hvordan utføres klimagassberegninger av bæresystemet i tidligfasen?*
4. *Hvordan kan arbeid med klimagassvurderinger- og beregninger knyttet til materialer integreres i tidligfase prosjektering på en bedre måte enn dagens praksis?*
5. *Hvilke erfaringer og anbefalinger kan dokumenteres gjennom bruk av verktøyet LCA Design Tool ved klimagassberegninger av bæresystemet?*

Hvem skal intervjues:

Disse velges ut på grunnlag av prosjektrolle, erfaring og tilgang. Dette vil si sentrale ressurser i VSI-prosjektet. Herunder arkitekter, rådgivende ingeniør bygg, rådgivende ingeniør miljø, samt prosjektledelse og byggherre.

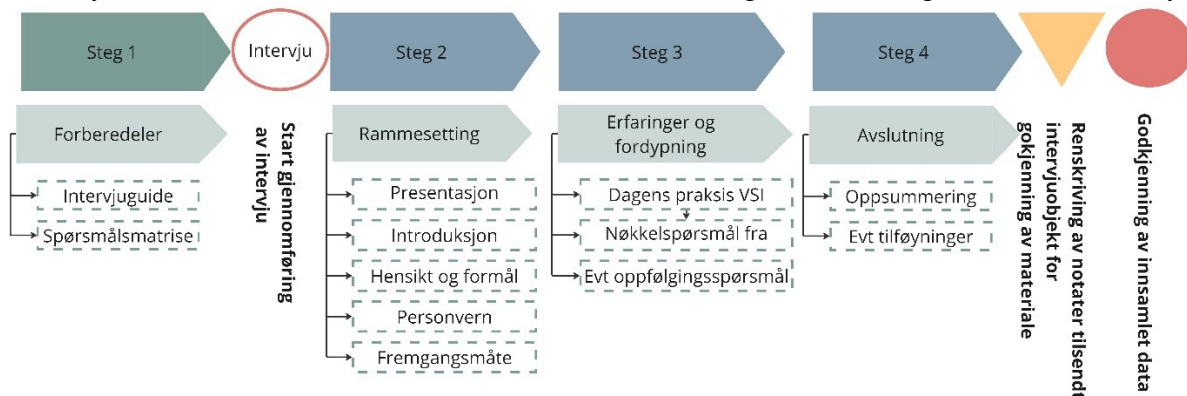
Hvor og når?

Med bakgrunn i at intervjuobjektene har ulike geografiske lokasjoner vil videokonferanseplattformen Teams tas i bruk. Teams gir mulighet til å gjennomføre intervjuet ansikt til ansikt, selv om deltakerne befinner seg på forskjellige steder, samt mulighet til effektiv gjennomføring av dybdeintervjuet.

Tidspunktet for gjennomføringen er avhengig av tilgjengeligheten til deltakerne, og avtales derfor individuelt.

Hvordan vil dybdeintervjuet foregå?:

Selve dybdeintervjuet vil i hovedsak forløpe seg gjennom fem steg, se figur 1. Hvorav steg 1 innebærer å forberede deltakeren, samt gi deltakeren mulighet til å forberede seg til intervjuet ved å sende intervjuguide med tilhørende spørsmålsmatriser i god tid før intervjuet skal gjennomføres. Videre illustrerer steg 2-5 selve intervjuets gjennomføringen fra presentasjon og introduksjon av emnet til tilbakeblikk og avslutning av intervjuet.



Personvern:

Personvern er en viktig faktor som må håndteres nøye i forbindelse med dybdeintervjuer. Det er derfor viktig å presisere at all informasjon deltakerne deler vil bli behandlet konfidensielt. Før intervjuet starter må deltakeren gi informert samtykke til å delta i denne forskningen. Under selve intervjuet benyttes Teams sin opptaksfunksjon. I tillegg til at intervjuer transkriberer svarene. Etter intervjuet vil deltakerne få tilsendt transkripsjon av svarene, slik at de kan få muligheten til å revidere og komme med tilbakemeldinger om de eventuelt ønsker å justere svarene sine, samt samtykke til bruk av informasjonen i denne masteroppgaven.

Utbytte for deltakere:

Deltakerne i dybdeintervjuene kan få flere mulige utbytter av å delta i denne forskningsprosessen. De vil få en plattform der de kan uttrykke sine meninger og tanker om emnet. De får mulighet til å reflektere over sine egne erfaringer og perspektiver. De får bidratt til forskningen og kunnskapsutvikling innen dette gitte emnet. I etterkant deltakerne også få tilgang til forskningsrapporten.

VEDLEGG 2 – SPØRSMÅLSMATRISER

- Dybdeintervju arkitekt
- Dybdeintervju rådgivende ingeniør bygg
- Dybdeintervju LCA Design tool (Intervju av roller som var involvert ifb. bruk av verktøyet, herunder RIB og RIM)
- Dybdeintervju rådgivende ingeniør miljø og miljøledelse

DYBDEINTERVJU ARIKTEKT

Dato for intervju: xx.xx.xxx
Tid, sted: xx.xx, sted
Mal rev:

Hensikt:

Å kartlegge arkitektenes (ARK) bærekrafts arbeid, prosess, grensesnitt, krav, aktiviteter og samarbeid med rådgivende ingeniør bygg i konseptfasen for prosjektet Sykehuset i Innlandet.

Til stede:

Firma	Navn	Distribusjon	Telefon	Deltatt	Distribuert til
NTNU/CO W	Helene Veien	helenvei@stud.ntnu.no/hnve @cowi.com	414 88 945	x	x
Arkitema	Catherine Bryhn	cabr@arkitema.com	907 71 686	x	x
Arkitema				x	x

Forberedelse:

Spørsmål merket med stjerne (*) etter nummerering i spørsmålmatrix krever forberedelse, eksempel 1.1*.

Spørsmål:

Emne	Spm nr	Spørsmål	Gjennomgått:
Prosjekteringsprosess (Designprosess)	1.0*	Kan du forklare hvilke aktiviteter arkitekter har i en konseptfase? Har du en oversikt som viser disse aktivitetene?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.1*	Kan du forklare hvilke avhengigheter aktivitetene har til hverandre? Har du en oversikt som viser disse avhengighetene?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2*	Kan du forklare hvilke avhengigheter arkitekter har til andre fag og aktører i konseptfasen i byggeprosjekter? Har du en oversikt som viser grensesnittene?	<input checked="" type="checkbox"/>
Bærekraftprosess (Klimagassutslipp materiale)	1.3	Kan du beskrive hvordan arkitekter arbeider med klimagassiltak i konseptfasen på VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.4	Hvilke premisser må arkitektene forholde seg til knyttet til klimagassarbeid i VSI? Kan du fortelle litt om hva dette innebærer for arkitekt?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.5	Hvilke faktorer spiller inn når dere arbeider med klimagassiltak i byggeprosjekter, og spesielt mtp. VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.6	Kan du beskrive optimal prosess for klimagass som integrert parameter i design prosessen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.7	Kan du beskrive hvilke bærekrafts aktiviteter dere jobber med i tidligfase, og knytte disse til tverrgående avhengigheter i prosjekteringsprosessen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.8	Hva er det arkitekter gjør i dag som bør gjøres annerledes for å integrere klimagass som en naturlig del av prosjekteringsprosessen (designprosessen)?	<input checked="" type="checkbox"/>
1.9	Kan du nevne 5 suksessfaktorer for en smidig bærekrafts prosess i konseptfasen?	<input checked="" type="checkbox"/>	

	Ønsket resultat: Flytdiagram for prosjekteringsprosess. En prosess som viser aktiviteter, avhengigheter/grensesnitt mot andre aktører/fag, samt krav og premisser. Dette for å kartlegge hvordan ARK, RIB, RIM og prosjektledelse i VSI arbeider med klimagassutslipp i konseptfasen.		
Bærekraftmodellering	2.0	Hva inneholder ARK-modell i konseptfasen VSI? – og hvilket nivå er ARK-modellen på? Gjerne spesifiser med MMI.	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.1	Hva er ARK-modell beriket med på VSI? Gjerne spesifiser med LOD	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2	Hvilket nivå er det hensiktsmessig at ARK- modell har i konseptfasen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.3	Hvilke modelltilpasninger må ARK gjøre for å klargjøre modell til RIB?	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.4	Hvilke modelltilpasninger må arkitekt gjøre for å kunne utføre klimagassregnskap iht. minimumskrav og MOP?	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.5	Hva er hensiktsmessig nivå på modell ift. klimagassberegninger for bæresystemet?	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ønsket resultat: ARK arbeidsflyt konseptfase, med modellutvikling.		
Alternativvurdering av bæresystemet	3.0	Hvordan samarbeider arkitekt og rådgivende ingeniør bygg for å optimalisere bæresystemet i konseptfasen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.1	Hvilke faktorer spiller inn på valget av bæresystem for ARK?	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.2	Hvilken input gir ARK til RIB?	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ønsket resultat: Flytskjema ARK-modell -> RIB-modell-> Alternativs vurderinger -> Mengder -> Klimagassregnskap. Dette for å kartlegge faglige tilpasninger, aktiviteter og modelloppsett.		
Klimagassutslipp prosessverktøy (LCA Design Tool)	4.0	Kjenner du til verktøyet LCA Design Tool?	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.1	Om svaret er ja på punkt 4.0; Hvordan mener du prosessverktøyet bør integreres som en del av prosjektering- og designprosessen for å ivareta minimumskrav i VSI, og fungerer som en beslutningsstøtte til byggherren?	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.2	Om svaret er ja på punkt 4.0; Hvordan tror du arkitekt må tilpasse modell?	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ønsket resultat: Dokumentere erfaringer og anbefalinger ved bruk av LCA Design Tool for å veilede fremtidig bruk av prosessverktøyet.		

Trondheim, xx.xx.xxx

Godkjent av:

xxx

DYBDEINTERVJU RÅDGIVENDE INGENIØR BYGG

Dato for intervju: xx.xx.xxxx

Tid, sted: xx.xx, sted

Mal rev:

Hensikt:

Å kartlegge rådgivende ingeniør bygg (RIB) sine bærekrafts arbeid, prosess, grensesnitt, krav, aktiviteter og samarbeid med arkitekter i konseptfasen for prosjektet Sykehuset i Innlandet.

Tilstede:

Firma	Navn	Distribusjon	Telefon	Deltatt	Distribuert til
NTNU/ COWI	Helene Veien	helenvei@stud.ntnu.no /hnve@cowi.com	414 88 945	x	x
Arkitema COWI	Catherine Bryhn	cabr@arkitema.com	907 71 686	x x	x x

Forberedelse:

Spørsmål merket med stjerne (*) etter nummerering i spørsmålmatrix krever forberedelse, eksempel 1.1*.

Spørsmål:

Emne	Spm nr	Spørsmål	Gjennomgått:
Prosjekteringsprosess	1.0*	Kan du forklare hvilke aktiviteter RIB har i en konseptfase? Har du en oversikt som viser disse aktivitetene?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.1*	Kan du forklare hvilke avhengigheter aktivitetene har til hverandre? Har du en oversikt som viser disse avhengighetene?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2*	Kan du forklare hvilke avhengigheter RIB har til andre fag og aktører i konseptfasen i byggeprosjekter? Har du en oversikt som viser grensesnittene?	<input checked="" type="checkbox"/>
Bærekraftprosess (Klimagassutslipp materiale)	1.3	Kan du beskrive hvordan RIB arbeider med klimagass tiltak i konseptfasen på VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.4	Hvilke premisser må RIB forholde seg til knyttet til klimagass arbeid i VSI? Kan du fortelle litt om hva dette innebærer for RIB?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.5	Hvilke faktorer spiller inn når dere arbeider med klimagass tiltak i byggeprosjekter, og spesielt mtp. VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.6	Kan du beskrive optimal prosess for klimagass som integrert parameter i design prosessen fra RIB sitt ståsted?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.7	Kan du beskrive hvilke bærekrafts aktiviteter RIB jobber med i tidligfase, og knytte disse til tverrgående avhengigheter i prosjekteringsprosessen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.8	Hva er det RIB gjør i dag som bør gjøres annerledes for å integrere klimagass som en naturlig del av prosjekteringsprosessen (designprosessen)?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.9	Kan du nevne 5 suksessfaktorer for en smidig bærekrafts prosess i konseptfasen? (Hva er det vi tror kan bidra til at vi kan jobbe enda bedre med prosjektering som hensyntar klima og miljø.	<input checked="" type="checkbox"/>
Ønsket resultat: Flytdiagram for prosjekteringsprosess. En prosess som viser aktiviteter, avhengigheter/grensesnitt mot andre aktører/fag, samt krav og premisser. Dette for å kartlegge hvordan ARK, RIB, RIM og prosjektledelse i VSI arbeider med klimagassutslipp i konseptfasen.			

Bærekraftmodellering	2.0	Hva inneholder RIB-modell i konseptfasen VSI? – og hvilket nivå er RIB-modellen på?	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.1	Hva er RIB-modell beriket med på VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.2	Hvilket nivå er det hensiktsmessig at RIB- modell har i konseptfasen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.3	Hvilke modelltilpasninger må ARK gjøre for å klargjøre modell til RIB?	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.4	Hvilke modelltilpasninger må RIB gjøre for å kunne utføre klimagassregnskap?	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.5	Hva er hensiktsmessig nivå på modell ift. klimagassberegninger for bæresystemet?	<input checked="" type="checkbox"/>
Ønsket resultat: RIB modelloppsett konseptfase. Dette for å kartlegge faglige tilpasninger og modelloppsett. RIB arbeidsflyt konseptfase, med modellutvikling.			
Alternativvurdering av bæresystemet	3.0	Hvordan samarbeider arkitekt og rådgivende ingeniør bygg for å optimalisere bæresystemet i konseptfasen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.1	Hvilke faktorer spiller inn på valget av bæresystem?	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.2	Hvilken input trenger RIB fra ARK for å kunne utarbeide forslag til bæresystem?	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.3	Hvordan utfører RIB alternativs vurderinger i VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.4	Hvilke tilpasninger må gjøres i RIB-modell for å kunne utføre disse alternativs vurderingen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.5	Hvilke alternativer til bæresystem vurderes på VSI-prosjektet?	<input checked="" type="checkbox"/>
	3.6	Hvordan får man ut mengder som input til klimagassberegninger i VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
Ønsket resultat: Flytskjema ARK-modell -> RIB-modell-> Alternativs vurderinger -> Mengder -> Klimagassregnskap. Dette for å kartlegge faglige tilpasninger, aktiviteter og modelloppsett.			
Klimagassutslipp prosessverktøy (LCA Design Tool)	4.0	Kjenner du til verktøyet LCA Design Tool?	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.1	Om svaret er ja på punkt 4.0; Hvordan mener du prosessverktøyet bør integreres som en del av prosjektering- og designprosessen for å ivareta minimumskrav i VSI, og fungerer som en beslutningsstøtte til byggherren?	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.2	Om svaret er ja på punkt 4.0; Hvordan tror du ARK og/eller RIB må tilpasse modell?	<input checked="" type="checkbox"/>
Ønsket resultat: Dokumentere erfaringer og anbefalinger ved bruk av LCA Design Tool for å veilede fremtidig bruk av prosessverktøyet.			

Trondheim, xx.xx.xxx

Godkjent av:

Xxx

DYBDEINTERVJU LCA DESIGN TOOL

Dato for intervju: xx.xx.xxxx
 Tid, sted: xx.xx, sted
 Mal rev:

Hensikt:

Å kartlegge erfaringer og anbefalinger gjennom pilotering av LCA Design Tool i VSI-prosjektet for å veilede fremtidig bruk av prosessverktøyet.

Tilstede:

Firma	Navn	Distribusjon	Telefon	Deltatt	Distribuert til
COWI/ NTNU	Helene Veien	helenvei@stud.ntnu.no/h nve@cowi.com	414 88 945	x	x
Arkitema COWI	Catherine Bryhn	cabr@arkitema.com	907 71 686	x x	x x

Forberedelse:

Spørsmål merket med stjerne (*) etter nummerering i spørsmålmatrix krever forberedelse, eksempel 1.1*.

Spørsmål:

Emne	Spm nr	Spørsmål	Gjennomgått:
Klimagassutslipp prosessverktøy (LCA Design Tool)	1.0	Hvilke tilpasninger må gjøres i verktøyet for å kunne pilotere LCA Design Tool, og dermed beregne klimagassutslipp for VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.1	Kan du beskrive punkt 1.0 stegvis?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2	Hvilke tilpasninger må gjøres i modell for å kunne pilotere LCA Design Tool, og dermed beregne klimagassutslipp for VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.3	Når alternativs vurderinger er utført og RIB-modell er klar for mengdeuttak til klimagassberegninger hvor omfattende er det å utføre klimagassberegninger?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.4	Kan du beskrive prosessen fra ad in til Revit er installert til klimagassberegningene er utført?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.5	Kan du også tilegne aktivitetene i punkt 1.4 tidsestimat?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.6	Hvor mye mer arbeidskrevende mener du klimagassregnskapet er å utføre med verktøyet versus en vanlig prosjekteringsprosess?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.7	Hvilke erfaringer vil du trekke frem ved bruken av LCA Design Tool som prosessverktøy fra VSI? Nevn minst 5.	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.8	Hvilke anbefalinger for fremtidig bruk vil du trekke frem ved bruken av LCA Design Tool som prosessverktøy fra VSI? Nevn minst 5.	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.9	Hvor tidkrevende mener du klimagassregnskapet er å utføre med verktøyet versus Oneclick?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.10	Hvilken nøyaktighet oppnås i sammenligning med Oneclick?	<input checked="" type="checkbox"/>
1.11	Har du noen eksempler fra fremstilling av resultat for klimagassregnskapet på VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>	

1.12	Hvordan fremstilles resultatene til prosjektledelse og kunde?	<input checked="" type="checkbox"/>
1.13	Er det enkelt å dele resultatene med andre brukere eller kunder?	<input checked="" type="checkbox"/>
1.14	Er resultatene enkle å lese og forstå?	<input checked="" type="checkbox"/>
1.15	Når resultatet er klart fra verktøyet, må det tilpasses, og eller suppleres før presentasjon til kunde, eller kan prosessverktøyet brukes som direkte dialog verktøy med kunde underveis i prosjekteringsprosessen uten at det krever mye ekstraarbeid?	<input checked="" type="checkbox"/>
1.16	Hvordan presenteres verktøyets resultater versus hvordan presenteres resultater fra Oneclick?	<input checked="" type="checkbox"/>
1.17	Kan du nevne 5 suksessfaktorer for en smidig bærekrafts prosess i konseptfasen?	<input checked="" type="checkbox"/>
Ønsket resultat: Dokumentere erfaringer og anbefalinger ved bruk av LCA Design Tool for å veilede fremtidig bruk av prosessverktøyet.		

Trondheim, xx.xx.xxx

Godkjent av:

xxx

DYBDEINTERVJU RÅDGIVENDE INGENIØR MILJØ OG MILJØLEDELSE

Dato for intervju: xx.xx.xxxx
 Tid, sted: xx.xx, sted
 Mal rev:

Hensikt:

Å kartlegge rådgivende ingeniør miljø (RIM) bærekrafts arbeid, prosess, grensesnitt, krav, aktiviteter og samarbeid med arkitekt, rådgivende ingeniør bygg, byggherre og prosjektledelse i konseptfasen for prosjektet Sykehuset i Innlandet.

Til stede:

Firma	Navn	Distribusjon	Telefon	Deltatt	Distribuert til
COWI/ NTNU	Helene Veien	helenvei@stud.ntnu.no/h nve@cowi.com	414 88 945	x	x
Arkitema COWI	Catherine Bryhn	cabr@arkitema.com	907 71 686	x x	x x

Forberedelse:

Spørsmål merket med stjerne (*) etter nummerering i spørsmålmatrix krever forberedelse, eksempel 1.1*.

Spørsmål:

Emne	Spm nr	Spørsmål	Gjennomgått:
Prosjekteringsprosess	1.0*	Kan du forklare hvilke aktiviteter RIM har i en konseptfase? Har du en oversikt som viser disse aktivitetene?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.1*	Kan du forklare hvilke avhengigheter aktivitetene har til hverandre? Har du en oversikt som viser disse avhengighetene?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.2*	Kan du forklare hvilke avhengigheter RIM har til andre fag og aktører i konseptfasen i byggeprosjekter? Har du en oversikt som viser grensesnittene?	<input checked="" type="checkbox"/>
Bærekraftprosess (Klimagassutslipp)	1.3	Kan du beskrive hvilke minimums miljøkrav som stilles til VSI i konseptfasen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.4	Kan du også beskrive hvordan dere i prosjektet forholder dere til Sykehusbygg sin standard for klima og miljø i sykehusprosjekter	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.5	Kan du fortelle litt om og oversende miljøprogrammet (MP) og prosjektspesifikke delmål for VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.6	Kan du beskrive hvordan RIM arbeider med klimagassreduksjon og miljøledelse i konseptfasen på VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.7	Hvilke faktorer spiller inn når dere arbeider med klimagassiltak i byggeprosjekter, og spesielt mtp. VSI?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.8	Kan du beskrive optimal prosess for klimagass som integrert parameter i design prosessen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.9	Kan du beskrive hvilke bærekrafts aktiviteter RIM jobber med i tidligfase, og knytte disse til tverrgående avhengigheter i prosjekteringsprosessen?	<input checked="" type="checkbox"/>

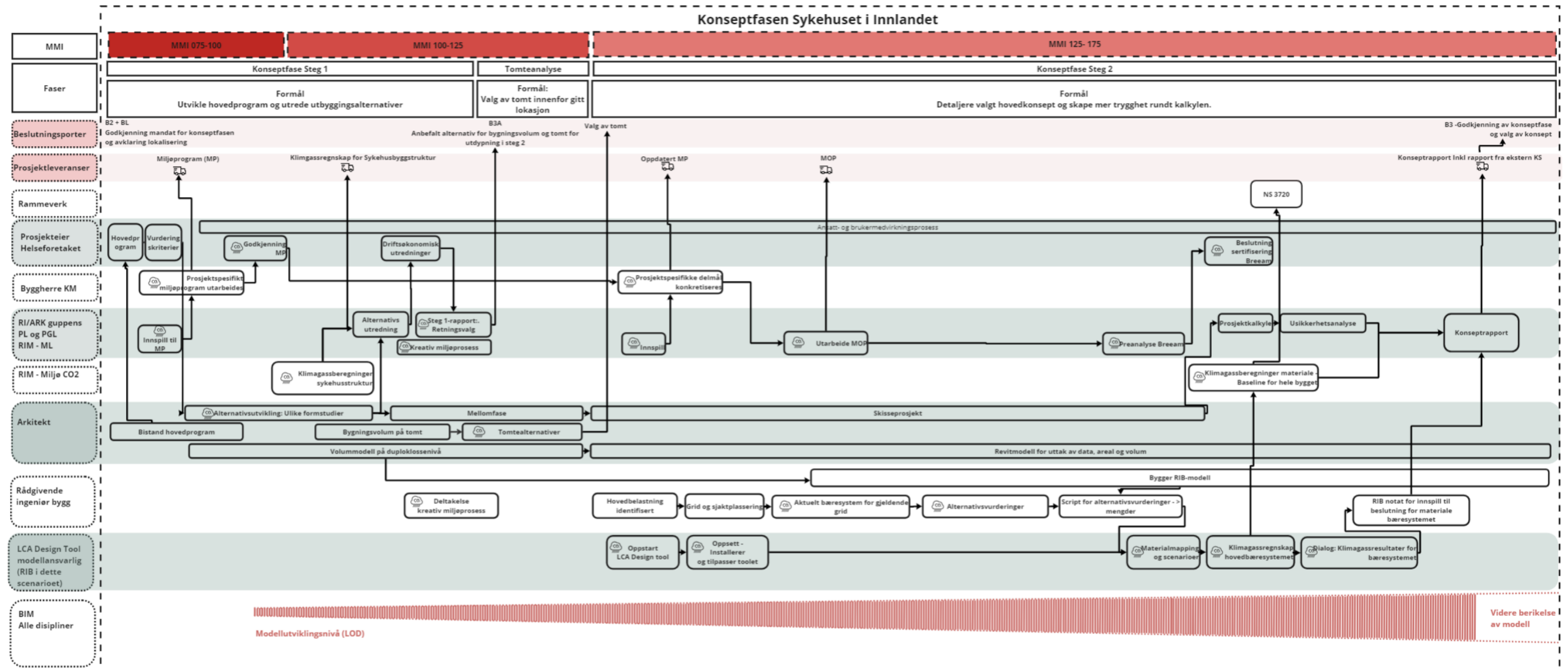
	1.10	Erfaringsmessig fra prosjekter sies det at ofte utføres klimagassregnskap sent i prosjektets forløp, i en fase hvor påvirkningsgraden er lav. Klimagassregnskapet blir da kun levert som dokumentasjon; «slik ble byggets utslippsresultat», og ikke som en integrert del av prosjekteringsprosessen. Stemmer dette utsagnet? I så fall hvorfor er det slik tror du?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.9	Hva er det prosjektene gjør i dag som bør gjøres annerledes for å integrere klimagass som en naturlig del av prosjekteringsprosessen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.10	Kan du nevne 5 suksessfaktorer for en smidig bærekrafts prosess i konseptfasen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	1.11	Hvilke tanker har du omkring pkt 5.2 i sykehusbygg sin standard for klima og miljø: Miljøledelse skal være en integrert del av prosjektledelsen allerede fra tidligfase. God miljøledelse krever riktig kompetanse og at det settes av tid hos byggherren, i arkitekt- og prosjekteringsgruppen.	<input checked="" type="checkbox"/>
Ønsket resultat: Flytdiagram for prosjekteringsprosess. En prosess som viser aktiviteter, avhengigheter/grensesnitt mot andre aktører/fag, samt krav og premisser. Dette for å kartlegge hvordan ARK, RIB, RIM og prosjektledelse i VSI arbeider med klimagassutslipp i konseptfasen.			
Bærekraftmodellering	2.0	Har RIM input til hvordan ARK- og RIB modeller bør berikes for å kunne utføre klimagassberegninger for konseptfasen?	<input checked="" type="checkbox"/>
	2.1	Hvis ja på punkt 2.0; Hva er hensiktsmessig nivå på modell ift. klimagassberegninger for bæresystemet?	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ønsket resultat: RIM input på modelloppsett.		
Alternativvurdering av bæresystemet	3.0	Er RIM involvert i alternativs vurderinger av bæresystemet, i så fall, hvordan?	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ønsket resultat: Flytskjema ARK-modell -> RIB-modell-> Alternativs vurderinger -> Mengder -> Klimagassregnskap. Dette for å kartlegge faglige tilpasninger, aktiviteter og modelloppsett.		
Klimagassutslipp prosessverktøy (LCA Design Tool)	4.0	Kjenner du til verktøyet LCA Design Tool?	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.1	Om svaret er ja på punkt 4.0; Hvordan mener du prosessverktøyet bør integreres som en del av prosjektering- og designprosessen for å ivareta minimumskrav i VSI, og fungerer som en beslutningsstøtte til byggherren?	<input checked="" type="checkbox"/>
	4.2	Om svaret er ja på punkt 4.0; Hvordan bør RIM være involvert i prosessen ved bruk av LCA Design Tool?	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ønsket resultat: Dokumentere erfaringer og anbefalinger ved bruk av LCA Design Tool for å veilede fremtidig bruk av prosessverktøyet.		

Trondheim, xx.xx.xxx

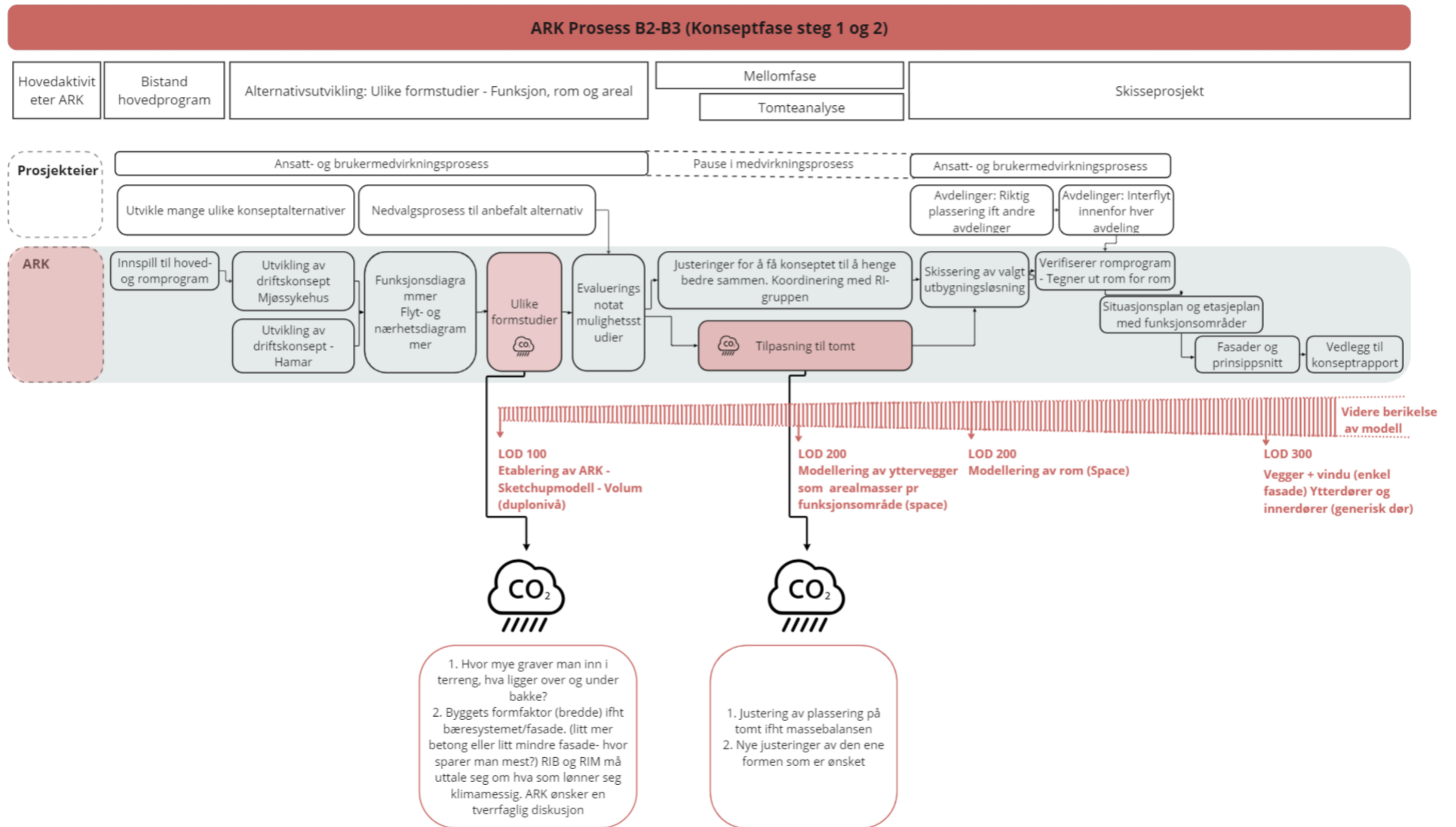
Godkjent av:

xxx

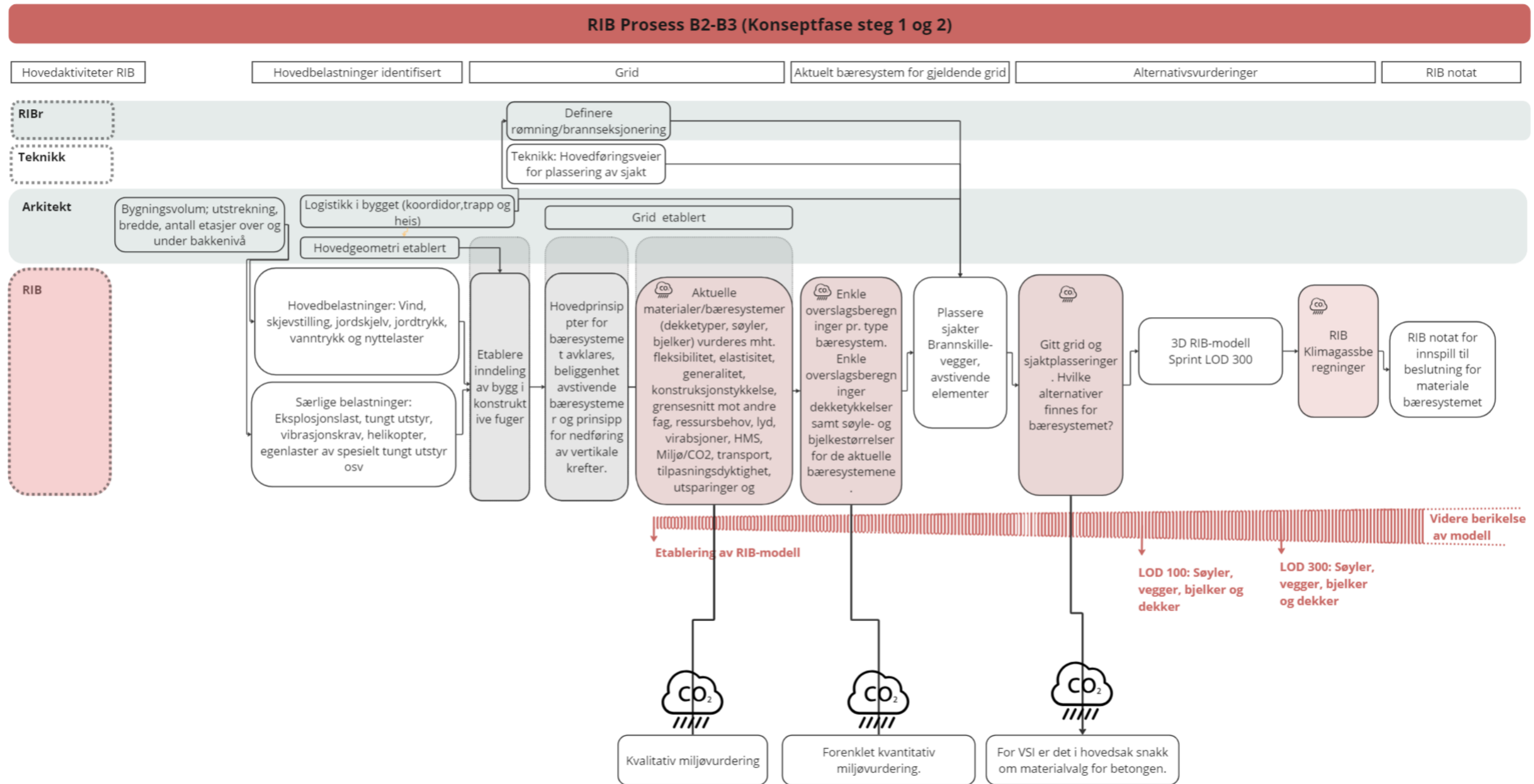
VEDLEGG 3- HOVEDPROSESS- ARBEID MED KLIMAGASSVRUDERINGER OG-BEREGNINGER I KONSEPTFASEN VSI



VEDLEGG 4- ARKITEKTENES PROSESS I KONSEPTFASEN VSI

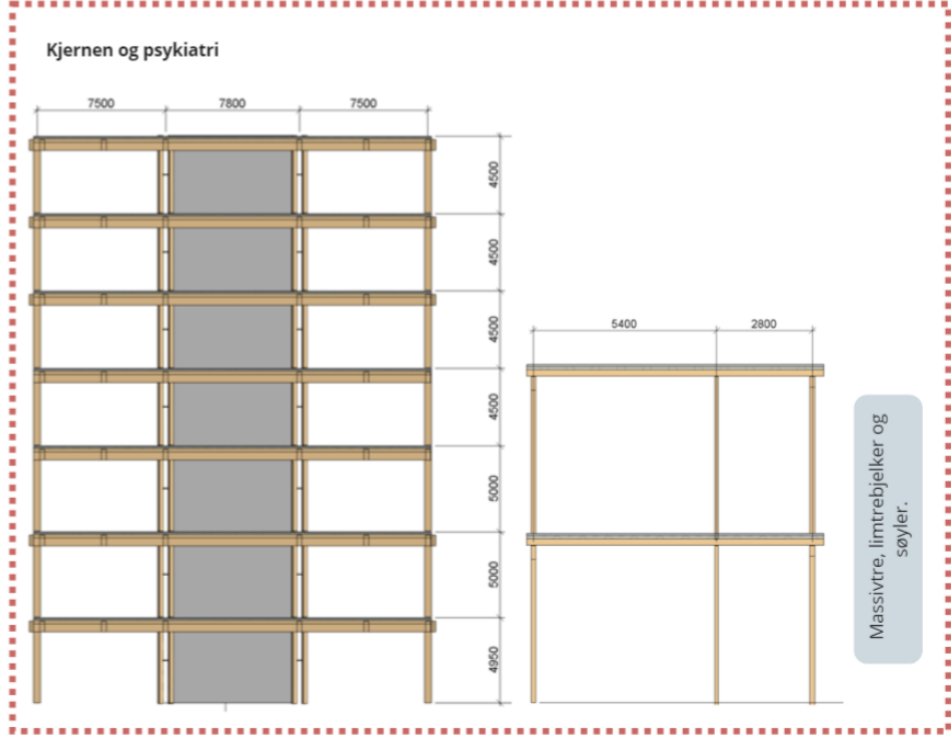
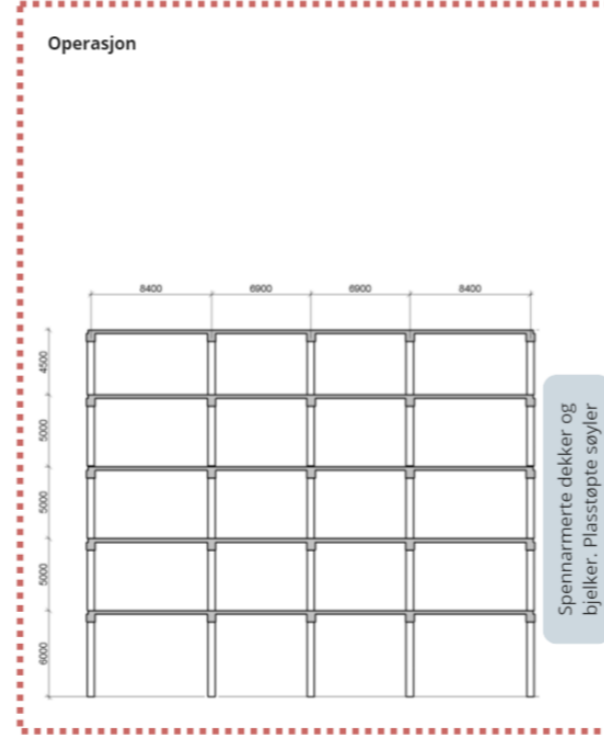
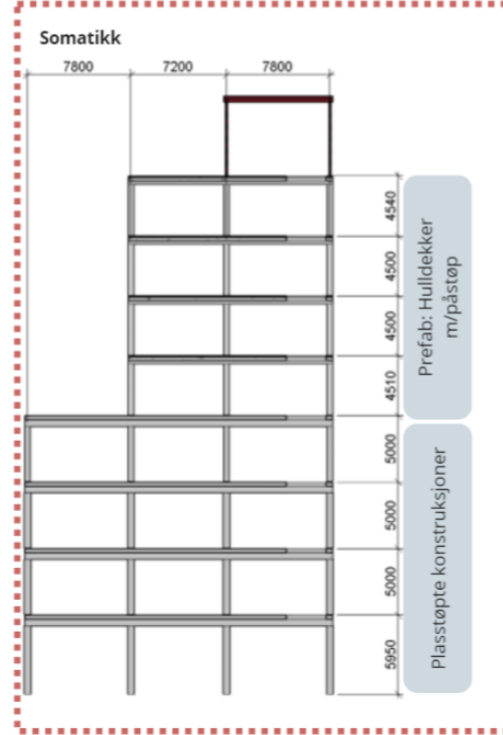
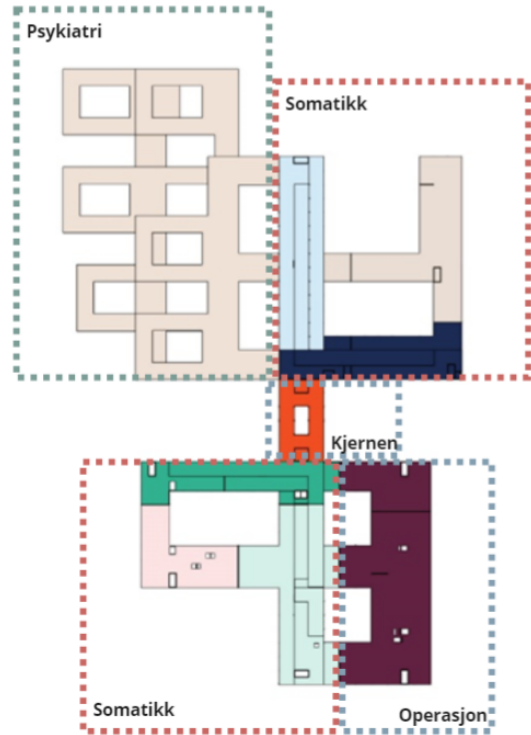


VEDLEGG 5- RÅDGIVENDE INGENIØR BYGG SIN PROSESS I KONSEPTFASEN VSI

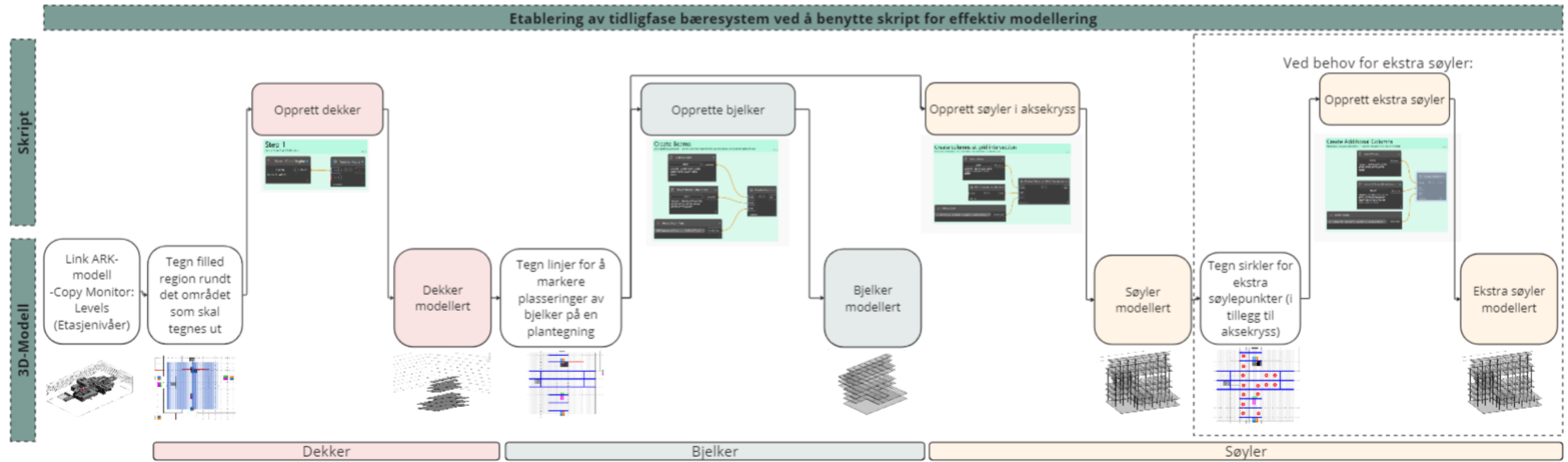


VEDLEGG 6 – AKTUELLE MATERIALER FOR HOVEDBÆRESYSTEMET

Materialer

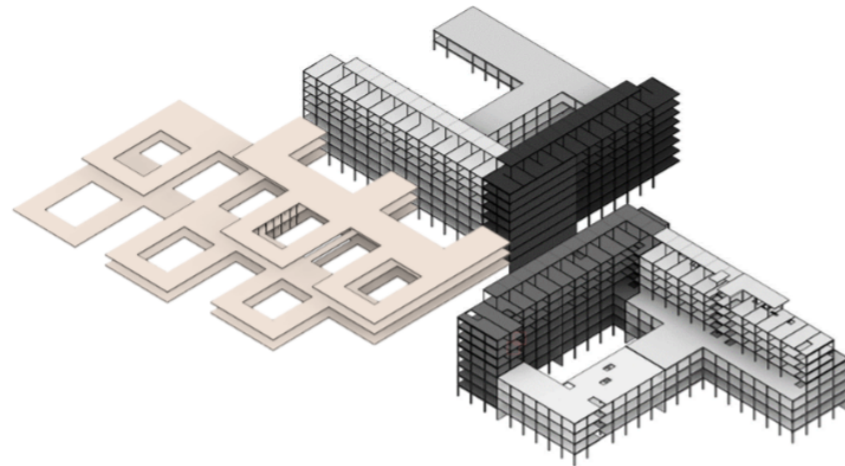


VEDLEGG 7- ARBEIDSFLYT FOR ETABLERING BÆRESYSTEM VED BRUK AT SKRIPT FOR EFFEKTIV MODELLERING



VEDLEGG 8- KLIMAGASSBEREGNINGER OG RESULTATER FRA VSI

3D-modell i Revit



Prosjekt konfigurasjon

Project Configuration

Project data

Project Name:

Configuration: Add custom

Gross Area:

Building Type:

Referanseprosjektets
co2-utslipp for
bæresystemet =
249kgCO2/m2

Materialmapping



(1) Isolere objekter i 3D-modell - Disse dukker opp i "Revit Element Type" med tilhørende mengder ("quantity") (2)

(3) Materiale tilkobles objekt dette medfører et utslippsresultat pr objekt ("CO2 Impact") (4)

(5) Referanseprosjektets klimagassutslipp vises som grå/beige kolonner til sammenligning (6) Gir totalutslippet fra "mappet" elementer

Baseline m/standard fasthet (alt 1)

Somatikk	165kg CO2/m2
Kjernen	104kg CO2/m2
Psykiatri	82kg CO2/m2
Operasjon	140kg CO2/m2
Totalt	143kg CO2/m2

Standardvalg

Betong:
Vegg - B30
Dekke - B35
Påstøp - B30
Søyler/bjelker - B35
Fundamenter - B35

Stål:
Søyler/bjelker-S355 (Hulprofiler, 10% resirkulert)
Søyler/bjelker-S355 (Andre profiler, 60% resirkulert)
TRP -S420 (Galvanisert, 20% resirkulert)

Tre:
KLT - 460 kg/m3
Limtre - GL30C

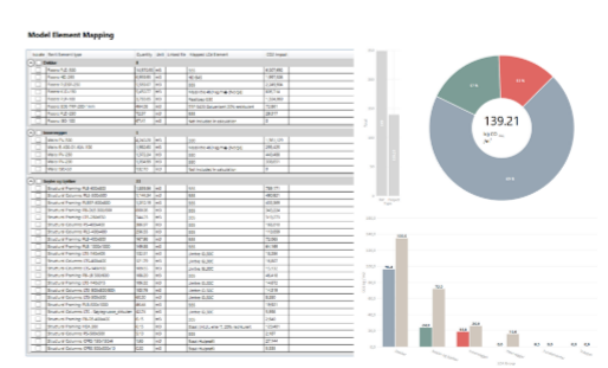
Materialscenarier

- Standard fasthet*
- Lavkarbon A for all betong
- Lavkarbon B for all betong
- Alle dekker i lavkarbon A
- Alle dekker i lavkarbon B
- Alle vegger i lavkarbon A
- Alle søyler/bjelker i lavkarbon A

Resultater

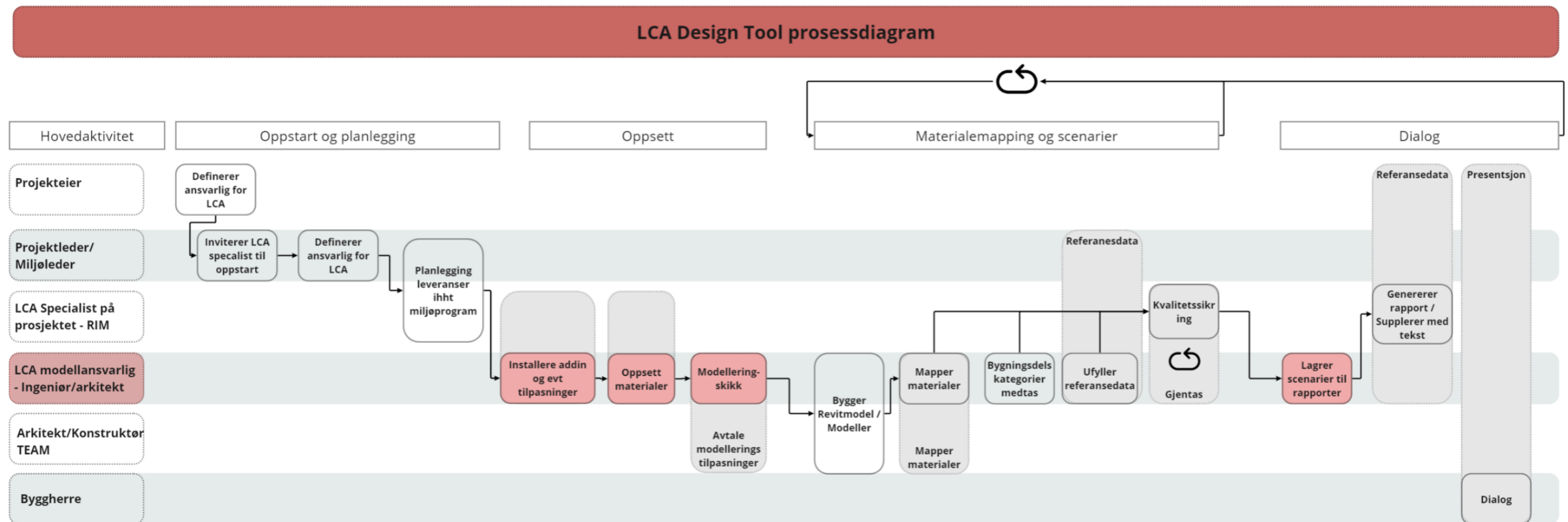
Beskrivelse	GWP/m2	GWP	Red. alt 01	Red. Kalnes (referanseprosjekt - Mål for VSI 40%reduksjon)
1 Standard fasthet*	143.47	18579365	0.0 %	42.4 %
2 Lavkarbon A for all betong	112.33	14546735	27.7 %	54.9 %
3 Lavkarbon B for all betong	128.95	16699025	11.3 %	48.2 %
4 Alle dekker i lavkarbon A	121.54	15739430	18.0 %	51.2 %
5 Alle dekker i lavkarbon B	133.67	17310265	7.3 %	46.3 %
6 Alle vegger i lavkarbon A	139.1	18013450	3.1 %	44.1 %
7 Alle søyler/bjelker i lavkarbon A	138.88	17984960	3.3 %	44.2 %

Resultat rapport

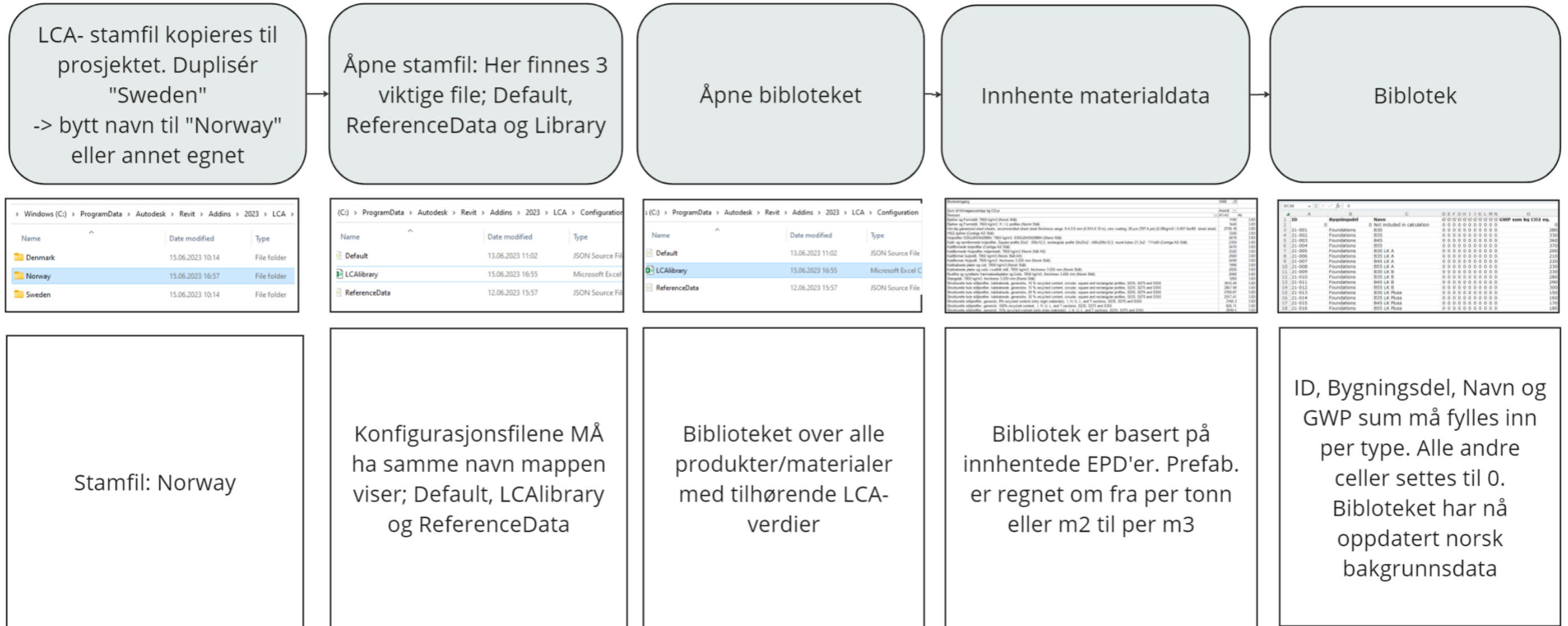


Eksempel på resultater fra alternativ 1

VEDLEGG 9- PROSESS FOR UTFØRELSE AV KLIMAGASSREGNSKAP MED LCA DESIGN TOOL



Oppretting av materialdatabase



Name	Date modified	Type
Denmark	15.06.2023 10:14	File folder
Norway	15.06.2023 16:57	File folder
Sweden	15.06.2023 10:14	File folder

Name	Date modified	Type
Default	13.06.2023 11:02	JSON Source File
LCAlibrary	15.06.2023 16:55	Microsoft Excel
ReferenceData	12.06.2023 15:57	JSON Source File

Name	Date modified	Type
Default	13.06.2023 11:02	JSON Source File
LCAlibrary	15.06.2023 16:55	Microsoft Excel
ReferenceData	12.06.2023 15:57	JSON Source File

ID	Bygningsdel	Navn	GWP sum by CO2 eq.
21-001	Foundations	B30	280
21-002	Foundations	B45	370
21-003	Foundations	B55	260
21-004	Foundations	B30 LK A	230
21-005	Foundations	B45 LK A	230
21-006	Foundations	B55 LK A	230
21-007	Foundations	B30 LK B	230
21-008	Foundations	B45 LK B	230
21-009	Foundations	B55 LK B	230
21-010	Foundations	B30 LK Plus	170
21-011	Foundations	B45 LK Plus	170
21-012	Foundations	B55 LK Plus	170
21-013	Foundations	B30 LK Plus	170
21-014	Foundations	B45 LK Plus	170
21-015	Foundations	B55 LK Plus	170
21-016	Foundations	B30 LK Plus	170

Tilpasninger av LCA Design Tool til VSI

