

Thomas Thauland Nilsen
Atdhe Miftari
Øyvind Brakvatne Mjelde

Life cycle assessment of Ydalir School

Livsløpsanalyse av Ydalir Skole

Miljøpåvirkninger fra "vugge til port"

Bacheloroppgave i Byggingeniør
Veileder: Lizhen Huang
Mai 2019

Thomas Thauland Nilsen
Atdhe Miftari
Øyvind Brakvatne Mjelde

Life cycle assessment of Ydalir School

Livsløpsanalyse av Ydalir Skole

Miljøpåvirkninger fra "vugge til port"

Bacheloroppgave i Byggingeniør
Veileder: Lizhen Huang
Mai 2019

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

Oppgavens tittel: Livsløpsanalyse av Ydalir skole - Miljøpåvirkninger fra “vugge til port”	Dato: 15.05.2019		
	Antall sider: 36		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Thomas Thauland Nilsen, Atdhe Miftari og Øyvind Brakvatne Mjelde			
Veileder: Lizhen Huang			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Vilde Byenstuen og Nils Raymond Laeskogen			

Sammendrag.

Formålet Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Betonmast Innlandet AS. Det har blitt utarbeidet en livsløpsanalyse (LCA) av deres nye skolebygg i massivtre på Ydalir i Elverum. Massivtreelementene som er tatt i bruk blir produsert i Østerrike og det er ønskelig å finne ut hvilken påvirkning transport har på det totale utslippet, samtidig ønsker vi å avdekke eventuelle «hotspots». Vi vil også se på resultatene i lys av å bruke spesifikke- og generelle data, dette for å kunne se avvik og likheter ved de to ulike datakildene. Resultatene funnet i denne rapporten kan brukes til å kartlegge de ulike miljøpåvirkningene til materialene, samt fungere som en referanse ved sammenlikning av andre bygg.

Metode Oppgaven bygger på ISO 14040/44 standarden. Livsløpsanalysen vil begrense seg fra «vugge til port», fra råvare til ferdigstilte materialer som ankommer byggeplassen. Den funksjonelle enheten er definert som ‘Ydalir-skole, med totalt 3 etasjer, tilhørende påbygg og plass til ca. 350 elever. Totalt 6000 m², med tanke på A1-A4, etter TEK 17’. De tilhørende spesifikke dataene til prosjektet ble hentet ut fra BIM-modeller, samt korrespondanse med aktuelle aktører. For mer generelle data baserer disse seg på eksisterende data i SimaPro sin database. Det vil si at studien er en kombinasjon av BIM-modeller og LCA.

Resultat og konklusjon Analysen baserer seg på karbonlagring i treverk. Det er derfor ikke overraskende at klimagassutslippet går i minus. Det totale klimagassutslippet blir -542 tonn CO₂-ekvivalent. Transporten fra Østerrike viser seg å være en viktig variabel i dette regnskapet. Transporten ble beregnet med alle transportetapper i grunn, og vi kan derfor ikke presentere noe isolert data på kun transporten av massivtre. Totalt sett bidro transport med 25,8 % av klimagassutslippene. I følsomhetsanalysen ble transporten undersøkt og sammenliknet med transport fra Splitkon AS sin nye massivtrefabrikk på Åmot. Analysen resulterte i en halvering av klimagassutslippene ved å transportere fra Åmot, kontra Ybbs.

Stikkord:

LCA
MILJØ
MASSIVTRE
MILJØEFFEKTER

 Atdhe Miftari  Øyvind B. Mjelde

Abstract

Purpose This paper was requested by Betonmast Innlandet AS. It consists of a life cycle assessment (LCA) of their new project, a school-building made primarily with cross-laminated-timber (CLT). The CLT in question is manufactured in Austria, then transported to Elverum. It is therefore requested to evaluate the environmental impact of the transport, as well as identify “hotspots”. This paper also aims to assess the difference in results when using specific- and generic data. The results produced in this paper could be used to identify the different environmental impacts of the different materials and for uses in further studies.

Method This life cycle assessment follows the ISO 14040/44 standard. The LCA will limit itself “from cradle to gate”, i.e. from raw-material to the point of arrival as finished products at the construction site. The functional unit of this study is defined as ‘6000 square meter of school-building, considering A1-A4 “cradle to construction gate”, following TEK 17’. The specific data used in this study was gathered from BIM models, as well as correspondence with different contributors to the construction and manufacturing. The generic data is based upon the existing database of SimaPro. Thus, the study is the combination of BIM model.

Results and discussion This study bases its results on carbon storage in timber. It is therefore to no surprise that the total emission of climate gasses is in the negative. The total climate gas emissions results in negative 542 ton CO₂- equivalent. The transport of the CLT ends up being an important factor in the calculations. The transport is calculated in total, and therefore we cannot present any isolated data for the transport of CLT alone. In total, the transport as a whole contributed 25,8 % to the emission of climate gasses. Although a sensitivity analysis was conducted on the transport by assessing the impacts based on transportation to a new CLT-manufacturer in Åmot, Splitkon AS. This analysis shows that the emissions is cut in half by transporting the CLT from this new fabric.

Forord

Denne bacheloroppgaven er utarbeidet våren 2019, og markerer slutten på tre år med Byggingeniør ved Fakultet for ingeniørvitenskap ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet på Gjøvik. Oppgaven tilsvarer 20 studiepoeng, og er skrevet i samarbeid med Betonmast Innlandet AS.

Ideen til tema for oppgaven ble utarbeidet sammen med daglig leder, Nils Raymond Laeskogen og prosjektingeniør Vilde Byenstuen, ved Betonmast Innlandet. Vilde har bistått med tilgang til dokumenter, og har vært til uvurderlig god hjelp som vi ikke kunne vært foruten.

Vi vil også rette en stor takk til hovedveileder Lizhen Huang, som har bidratt enormt med sitt engasjement og sine konstruktive tilbakemeldinger. Begreper som livsløpsanalyse, SimaPro og massivtre var relativt uklare for oss, men takket være Lizhen har ett nytt interessefelt fått rotfeste. Henne kunne vi ikke vært foruten.

Til slutt rettes en takk til familie og venner for støtte og motivasjon gjennom studiene og i arbeidet med oppgaven.

Innholdsfortegnelse

Abstract	ii
Forord	iii
Innholdsfortegnelse	iv
Figur- og tabelliste	vi
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn og motivasjon.....	1
1.2 Forsknings spørsmål	3
2 Kunnskapsstatus	4
2.1 Tidligere forskning	4
2.2 Massivtre	6
2.3 Materialets livsløp	7
2.3.1 Karbonlagring i skog.....	7
2.3.2 Fremstilling	8
2.3.3 Bruksfasen.....	8
2.3.4 Avfall/gjenvinning	8
3 Metode.....	10
3.1 Livsløpsanalyse (LCA).....	10
3.2 Programvare og database.....	11
3.3 Fase 1 – Mål og rammer	12
3.3.1 Hensikt og omfang	12
3.3.2 Funksjonelle enheten.....	12
3.3.3 Systemgrense.....	13
3.4 Fase 2 – Livsløpsregnskap.....	13
3.5 Fase 3 – Livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA)	16
3.6 Følsomhetsanalyse.....	18
4 Resultater.....	19
4.1 Miljøpåvirkninger.....	19
4.1.1 Analyser av miljøpåvirkninger knyttet til hvert enkelt bygningselement i det spesifikke scenarioet, eks. klimagassutslipp	19

4.1.2	Klimagassutslipp av de ulike bygningsdelene i det spesifikke scenarioet	25
4.1.3	Analyse av miljøkategorier knyttet til det spesifikke og generelle scenarioet ...	27
4.1.4	Transportinnvirkninger.....	28
4.2	Resultat av følsomhetsanalyse.....	30
5	Diskusjon.....	32
5.1	Spesifikk og generell livsløpsanalyse.....	32
5.2	Transport.....	34
6	Konklusjon	35
	Litteraturliste	37
	Vedlegg	39
	Vedlegg A	40
	Stikkordsliste.....	40
	Vedlegg B.....	42
	B.1	42
	B.2	42
	B.3	43
	B.4	43
	B.5	43
	B.6	44
	B.7	44
	B.8	45
	Vedlegg C.....	46
	C.1	46
	C.2	57
	C.3	62
	C.4	65
	C.5	69
	C.6	70
	C.7	70

Figur- og tabelliste

Figur 1: Bygningselementenes relative bidrag sett over de ulike miljøeffektene, ekskludert klimagassutslipp (Se vedlegg B.8 for eget format for svart/hvitt)	20
Figur 2: GWP (Global Warming Potential), klimagassutslipp for de ulike bygningsdelene ...	26
Figur 3: Miljøpåvirkninger knyttet til materialforbruket i spesifikke scenario i % av tilvarende utslipp i generelle scenario. Data hentet fra tabell 10.	27
Figur 4: Spesifikke data, med og uten transport. Figuren baseres på data fra vedlegg F.....	29
Figur 5: Resultat av følsomhetsanalyse, ulike miljøpåvirkninger mhp. transport fra Østerrike og Åmot. Figuren basers på tallene i vedlegg G.	30
Figur 6: Klimagassutslipp med hensyn på de ulike scenarioene.....	31
Tabell 1 Materialer fordelt på bygningsdeler	14
Tabell 2 Datainnsamlingsgrunnlag.....	16
Tabell 3 Miljøpåvirkninger, plater	21
Tabell 4 Miljøpåvirkninger, innervegger	22
Tabell 5 Miljøpåvirkninger, yttervegger	22
Tabell 6 Miljøpåvirkninger, fundament	23
Tabell 7 Miljøpåvirkninger, søyler.....	24
Tabell 8 Miljøpåvirkninger, bjelker	24
Tabell 9 Miljøpåvirkninger, tak	25
Tabell 10: Forskjellen av miljøkategorier i hvert av scenarioene	27

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og motivasjon

I dagens samfunn blir global oppvarming stadig mer omtalt. Global oppvarming har derfor blitt en viktig del av dagens miljøpolitikk. Det er et stort fokus på klima og reduksjon av klimagassutslipp som bidrar til global oppvarming. Den klimagassen vi på jorda slipper ut mest av er karbondioksid (CO₂). Av de menneskeskapte klimagassene, står karbondioksid for nærmere 75 % av disse. Metan (CH₄) er en annen klimagass som vi mennesker slipper ut mye av. Metan står for ca. 17 % av de samlede globale klimagassutslippene (Naturvernforbundet, 2018)

Dersom man ser på helheten, utgjør de menneskeskapte klimagassutslippene bare en liten andel av den samlede mengden klimagasser, bare 4-5 prosent, men det skal ikke mer til for å endre gjennomsnittstemperaturen på jorden med noen grader. Det er naturlig at mengden CO₂ i atmosfæren endrer seg, men helt siden vi begynte å forbrenne karbonholdige stoffer som kull, olje og gass, har vi tilført mye mer CO₂ til atmosfæren enn det som er naturlig (Naturvernforbundet, 2018). Dette har en stor skyld i den globale oppvarmingen og temperaturøkningen som pågår nå. Denne temperaturøkningen må stoppes, og det ble derfor innført en avtale om nettopp dette. Parisavtalen ble vedtatt i 2015, og det er en internasjonal avtale som skal sørge for at verdens land skal begrense klimaendringene. Ett av målene er at temperaturen ikke skal øke med mer enn 2 grader før århundret er over (FN, 2018)

Globalt sett står byggesektoren for 40 % av energibruken og klimagassutslippene i 2015 (Dragland, 2015). Dersom man ser på klimagassutslipp knyttet til produksjon og transport av materialer og utstyr, så utgjør dette en vesentlig del i et byggs livsløp. I 2007 ble det gjort en kartlegging som anslo at omtrent 4,4 millioner tonn av den nasjonale industrisektorens klimagassutslipp i 2004 var knyttet til byggrelaterte produkter (Bygg21, 2018). Det er derfor at vi innen byggesektoren finner mer miljøvennlige metoder å bygge på. Dette for å redusere klimagassutslippene.

I de siste årene har det vært et økt fokus på hvordan man kan bygge mer miljøvennlig. Lavenergi- og passivhus er noe man hører mer og mer om innenfor byggebransjen. Slike hus bygges på en slik måte at energibehovet i driftsfasen er lavere enn om man skulle bygget et vanlig hus som fulgte standardiserte byggemetoder. Det slipper også ut mindre klimagasser gjennom livsløpet sitt enn standardhus. Det vil derfor være interessant å se nærmere på bygningers utslipp fra «vugge til grav».

Norge har en stolt tradisjon i å bruke tre som byggemateriale. Store deler av Norges land er dekket av tre. Faktisk er 37 % av Norges landareal dekket av skog (Dalen, 2017). Dette har dermed blitt et naturlig byggemateriale her til lands. «Bruk av tre som byggemateriale har flere positive effekter. Det er en fornybar ressurs, kan gjenbrukes, har god holdbarhet, gir større tilvekst i skogen enn det vi tar ut og har stor styrke. Dessuten er det et pent bygningsmateriale» (Grønvold, 2019). Med tiden har betong og stål overtatt treet sin posisjon i byggebransjen. Grunner til dette er lavere kostnader og enkle prefabrikkerte løsninger. Men ettersom at det har blitt viktig å redusere klimagassutslippene i henhold til Parisavtalen, er tre en mer miljøvennlig metode å bygge på.

I de siste årene har man sett en økende trend innen byggebransjen i Norge. Det blir stadig flere prosjekter der det velges massivtre som bærende konstruksjon i større bygninger. Det finnes mange eksempler på store bygg rundt om i Norge som har tatt eller skal ta i bruk massivtre som bærende konstruksjon. Moholt 50/50, Romsdalsmuseet, Skipet kontorbygg, Romsdals videregående skole og Ydalir skole er noen eksempler der det er blitt tatt i bruk massivtre i store bygg. Massivtrelementer er sammenkoblede lag av treplanker der hvert lag er snudd vinkelrett på det underliggende. Festet mellom de forskjellige lagene består av enten spiker, lim eller strekkstag av stål. Ny forskning viser at bygging i massivtre kan lønne seg økonomisk sett, sammenliknet med andre byggemetoder som man finner på markedet i dag (Langfeldtwessel, 2014). Det at massivtre kan komme bedre ut økonomisk sett gjør at massivtre er konkurransedyktige i anbudsrunder.

Nå som det er et større fokus på miljøet og utslipp av klimagasser, er livsløpsanalyse (LCA) et verktøy som har blitt mer sentralt innenfor byggebransjen. Per dags dato setter ikke TEK krav til helhetlig livsløpsvurdering. Frem mot 2020 skal TEK videreutvikles. Det skal dermed utredes hvordan livsløpsbaserte miljøkrav skal bli inkludert i regelverket for å ivareta hensyn til energibruk og ytemiljø på en bedre og mer kunnskapsrik måte enn det blir i dagens TEK

(Fuglseth *et al.*, 2018). Det er derfor grunn til å tro at livsløpsanalyse blir mer og mer utbredt i byggenæringen i årene som kommer.

Med økende befolkningsvekst og global oppvarming, trenger vi byggeløsninger som bidrar positivt til disse utfordringene. Reduksjon av klimagassers vi slipper ut i atmosfæren er et sentralt tema i miljøpolitikken per dags dato. Den vil nok også være et sentralt tema gjennom hele dette århundret også. Særlig med tanke på at Parisavtalen har tredd i kraft. Transport er også en av de største utslippsskildene i verden. Det er derfor viktig å få livsløpsanalyser som et mer sentralt tema innen byggenæringen. Livsløpsanalyser vil hjelpe oss til å sette fokus på bygningers miljøpåvirkninger og mulige forbedringspotensialer.

1.2 Forskningsspørsmål

Oppgaven tar utgangspunkt i Ydalir Skole i Elverum som er oppført i massivtre, og som ferdigstilles våren 2019. Hensikten er å utføre en livsløpsanalyse, studere miljøeffekten av å bygge i massivtre og i hvilken grad transporten av byggematerialer påvirker miljøet.

Forskningsspørsmål og delspørsmål er som følgende:

Hovedspørsmålet i denne oppgaven er hvilke miljøpåvirkninger vi kan identifisere i fasene A1-A4 ved å utføre en livsløpsanalyse av Ydalir skole?

Delspørsmålene består av hvilke forskjeller som evt. fremkommer ved å sammenlikne resultatene basert på spesifikke- og generelle data? Og i hvor stor grad bidrar transport med utslippene?



Foto 1 Ydalir skole, fotograf Vilde Byenstuen, Betonmast

2 Kunnskapsstatus

I dette kapitlet skal vi se på tidligere forskningsoppgaver som er bygd opp på lignende problemstillinger, relevant kunnskap om bæresystemet i bygget og livsløpet til trebaserte produkter.

Det finnes mer og mer litteratur som omhandler bygging i massivtre. Dette er for det meste byggtekniske løsninger. Det finnes ikke mye forskning på miljøaspektene ved bygging av massivtreelementer i et større system.

2.1 Tidligere forskning

I en forskning utgitt av Rønning, Lyng og Vold i 2011, kommer de frem til at klimagassutslipp fra bygg knyttes i stor grad til energibruk i driftsperioden. Energibruk til drift vil kunne gå ned over tid, men det innebærer strengere energikrav og andre endringer. Disse strenge energikravene vil gjøre at den energien som går med til å produsere, transportere og sette opp bygget vil bli viktigere i en livsløpsanalyse. Dette var blant annet ett av hovedfunnene i forskningen: «Miljøbelastninger og energibruk knyttet til drifts-, vedlikehold og utviklingsfasene (FDVU) har stor og større betydning enn produksjonsfasen for ulike materialer» (Rønning, Lyng og Vold, 2011)

Strekerud (2017) skrev en masteroppgave der hun skulle sammenligne to byggeløsninger med bærende konstruksjon i massivtre eller stål og betong. Formålet med studiet var å dokumentere mulige forskjeller i miljøpåvirkninger gjennom livsløpet til Ullerud Helsebygg ut ifra valget av den bærende konstruksjonen i enten massivtre eller stål og betong.

Det ble konkludert i denne oppgaven at den bærende konstruksjonen i massivtre kom klart best ut. Dette gjelder både i byggefasen og gjennom driftsfasen når det gjelder globalt oppvarmingspotensial. Når bygningen bestod av bærende konstruksjon i massivtre, så utgjør bygningen 23- eller 45 % av klimagassutslippene over livsløpet til stål- og betongbygningen. Dette er avhengig om karbonlagring i skog inkluderes eller ekskluderes i analysen. Dersom man ser nærmere på de ulike livsløpsfasene til bygget i massivtre, er det energiforbruket i driftsfasen som bidrar i størst grad til klimagassutslipp. Ser man på alternativet i stål og

betong, kom denne dårligere ut sammenlignet med alternativet i massivtre, for alle de undersøkte miljøpåvirkningene (Strekerud, 2017)

En annen oppgave som har en lignende problemstilling er skrevet av (Skullestad, 2016).

Denne oppgaven er en sammenlignende LCA av bæresystemer i tre og betong for bygg med varierende antall etasjer. Bygget består av 3, 7, 12 og 21 etasjer. Bygget som ble oppført i tre består blant annet av både limtre og massivtre. Skullestad kom frem til denne konklusjonen i sin oppgave: «Klimapåvirkningen fra bæresystemer i tre er betraktelig lavere enn klimapåvirkningen fra bæresystemer i armert betong. Utvidet satsning på bygging med bærekonstruksjoner i tre kan derfor sies å være et klimatiltak» (Skullestad, 2016).

Bæresystemene i tre gir lavere klimapåvirkning for alle beregningsmetoder og scenarier. I oppgaven blir det beregnet en klimapåvirkning for trekonstruksjonen på 34 – 84 % lavere enn for betongkonstruksjonene. Dette utgjør en besparelse på 29 – 314 kg CO₂-ekv/m² bruttoareal for byggene (Skullestad, 2016).

I Australia sammenlignet Durlinger, Crossin og Wong i 2013, livsløpet til en bygning i massivtre som ble satt opp i Victoria harbour. De sammenlignet bygget med et referansebygg som bestod av armert betong. Her fant de ut at dersom karbonlagring i skog inkluderes i analysen, så vil bygningen i massivtre ha en 22 % lavere globalt oppvarmingspotensial enn referansebygget i betong. Dersom karbonlagring ekskluderes, så vil bygget i massivtre ha et globalt oppvarmingspotensial som er 13 % lavere enn bygget i betong.

I denne studien ble det også konkludert med at driftsfasen til massivtrebygget har stor betydning på miljøbelastningen. Driften til massivtrebygget bidro til mellom 75 % og 96 % av miljøbelastningen. Det som har størst innvirkning på miljøbelastningen i driftsfasen er oppvarming, kjøling, belysning og varmtvannsforsyning (Durlinger, Crossin og Wong, 2013).

Dersom man så på globalt oppvarmingspotensial til materialene fra «vugge til port», altså før det blir satt opp på byggeplassen, så bidro massivtrebygget til en 30 % lavere påvirkning enn referansebygget i betong. Dersom materialenes konstruksjon, transport og påvirkningen av slutten av livsløpet til bygget er tatt med, så vil bygget ha et globalt oppvarmingspotensial som er 15 % høyere enn referansebygget i betong, men dette er dersom karbonlagring i skog ikke er inkludert i analysen. Dersom karbonlagring i skog er inkludert, så vil bygget i massivtre ha en lavere globalt oppvarmingspotensial på 52 % enn referansebygget (Durlinger, Crossin og Wong, 2013).

2.2 Massivtre

I dette delkapitlet presenteres nyttig info om massivtre. Dette er det som hovedsakelig er bæresystemet i Ydalir skole.

I behov for nye miljøeffektive løsninger, har det kommet flere nye byggesystemer. Ett av disse byggesystemene er bygging med massivtreelementer. Bygging i massivtre startet i Mellom-Europa på 1990-tallet, men har etterhvert blitt populært i Norden også (Aarstad og Glasø, 2011). Bygging i massivtre ser man mer og mer her til lands. Dette er en anerkjent byggemetode som ofte blir benyttet i bolighus, fleretasjes trehus, næringsbygg, barnehager og skoler.

Det finnes mange positive grunner til å velge massivtreelementer som byggemetode. Massivtre blir av mange utbyggere og arkitekter vurdert til å være et arkitektonisk, miljømessig og estetisk godt utgangspunkt for ulike typer bygg. Betraktes miljøaspektet, er bygging i massivtre et godt valg. Dette gjelder i forhold til CO₂, energibruk, innemiljø og ressursbruk (Aarstad og Glasø, 2011).

Bygging med massivtreelementer har flere positive sider. Bygg konstruert i massivtre har kort monterings tid. Massivtreelementene blir ferdig produsert i fabrikker, for så å bli levert på byggeplassen. Her behøves det bare å sette opp elementene, dette fører til en ryddigere arbeidsplass. Den korte monterings tiden fører også til at man sparer penger. Byggeteknikken er miljøvennlig med tanke på binding av CO₂ i bygninger. Alt treet kan også resirkuleres eller gjenbrukes (Aarstad og Glasø, 2011)

Massivtre, som ofte blir kalt for CLT (Cross Laminated Timber), består av lameller av konstruksjonsvirke som er satt sammen til større elementer. De sammenkoblede lagene av treplanker er snudd vinkelrett på det underliggende. Det er vanlig at lagene festes til hverandre med lim, men spiker og treplugger kan også brukes (Trefokus, u.å.).

Massivtre kan bli delt inn i tre ulike hovedtyper: kantstilte elementer, krysslagte elementer og hulromselementer.

I kantstilte elementer blir lamellene satt sammen stående til et felles element.

Forbindelsesmiddelet som oftest blir brukt i disse elementene er skruer, spiker, tredybler eller stålstag (Aarstad og Glasø, 2011).

Krysslagte elementer er satt sammen av lameller i forskjellige sjikt. Sjiktene pleier å bli lagt 90 eller 45 grader i forhold til hverandre. Forbindelsesmiddelet som blir brukt i disse elementene er lim eller tredybler. Noen produsenter limer også plankene kant i kant. Grunnen til dette er at det kan gi noe redusert innbrenningshastighet ved brann. Lengden på disse elementene kan være helt oppimot 14 meter, og tykkelsen på elementene varierer mellom 60 mm og 240 mm. Antall sjikt varierer mellom 3 og 9. Her blir det forborret hull i elementene før det blir satt i tredybler. Tredyblene som blir satt inn er tørket helt ned til en trefuktighet på 3-5%. Dette gjør at de tiltrekker seg fuktighet fra trevirket rundt og fuktighet i lufta omkring. Dette gjør at tredyblene sveller, og lamellene blir forbundet ved hjelp av dette (Aarstad og Glasø, 2011)

Den tredje og siste av de tre hovedtypene er hulromselementer. Det finnes mange varianter av denne typen, men fellesbetegnelsen for denne er at de har et hulrom mellom et øvre- og nedre massivtreelement (Trefokus, u.å.).

Massivtre har flere forskjellige bruksområder. Det kan både brukes som bærende eller ikke-bærende elementer i gulv, vegger og tak. Bæresystemet kan bestå av bare massivtre, eller så kan det kombineres med andre materialer (Aarstad og Glasø, 2011). Dette gjør det til et allsidig materiale.

2.3 Materialets livsløp

I dette delkapitlet blir livsløpet til et trevirke presentert. Dette for å få et bedre inntrykk av livsløpet til det bærende systemet i Ydalir Skole.

2.3.1 Karbonlagring i skog

Skogen binder CO₂ fra lufta gjennom fotosyntesen og lagrer det i biomassen i levende trær. Skogens bidrag til å motvirke klimaforandringer er enormt. 60 % av de menneskeskapte klimagassene i landet vårt fanger de norske skogene, men tallet vil synke i årene som

kommer. Dersom myndighetene igjen tar opp satsningen på skog sammen med skogseiere og skogsnæringa, kan skogen forbli en fornybar ressurs som samtidig vil hjelpe verdens klima (Allskog, 2013a).

Det at Norge har vært gode på planting av skog og skogforvaltning har bidratt til et enormt karbonlager i skogen. Når det blir plantet ny skog etter hogst, gjør ungskogspleie som bidrar til at skogen får gode vekstforhold og øker i verdi, men også til et bedre klima. Det vil si at jo mer man driver skogen og planter skog, jo større klimagevinst (Allskog, 2013a).

2.3.2 Fremstilling

Tømmer er blant annet det som danner råstoffgrunnet for trelast- og treforedlingsindustrien. Trelastindustrien produserer alt fra trelast, limtre og massivtre. De foretar også impregnering av materialer (Hoen, 2009).

«I livsløpsanalyser er allokering av råvaren på de ulike produkter i treindustrien viktig for å gi et korrekt bilde miljø- og ressurspåvirkning tilhørende sluttproduktet» (Strekerud, 2017).

Dette får man gjort i forbindelse med utvikling av miljødeklarasjoner (EPDer) knyttet til det produktet som blir produsert.

2.3.3 Bruksfasen

CO₂ blir ikke bare bundet opp av skogen. Klimavennlige byggematerialer binder også CO₂ i lang tid. For eksempel kan et byggemateriale, som står like lenge som levetiden til bygget, binde CO₂ før materialet avhendes og CO₂ som er bundet i materialet blir frigitt igjen.

For eksempel vil et hus i massivtre lagre ca. 50 tonn CO₂ i hele husets levetid. Mens en vanlig enebolig i tre lagrer ca. 11-16 tonn CO₂ i husets levetid. Per år blir det brukt ca. 3 millioner m³ trelast i Norge. Det tilsvarer ca 2,5 millioner tonn CO₂ som blir bundet til bygninger, møbler og lignende hvert år (Allskog, 2013b).

2.3.4 Avfall/gjenvinning

Det anslås å være 248 460 tonn årlig avfallstre i Norge. Avfallstre innebærer treavfall som oppstår fra f. eks emballasje og bygge- og anleggsavfall. Av alt dette går ca. 5 % til

materialgjenvinning, 70 % går til energigjenvinning, 9 % går til deponering, 2 % til kompostering og 17 % går til ukjente formål. Disse tallene er ikke helt sikre, men de gir en god indikasjon på håndtering av avfallet. (Wærp, Flæte og Svanæs, 2008)

Det er viktig å gjenvinne eller rekonstruere produktene som blir brukt. Konstruksjonsvirke kan for eksempel bli gjenbrukt som veggmateriale. Trebaserte produkter kan gjenvinnes som trefiberplater. Det er store muligheter for å gjenvinne avfall fra et tidligere bygg.

3 Metode

3.1 Livsløpsanalyse (LCA)

Det finnes en rekke verktøy for å analysere og kartlegge energi- og materialstrømmer. Et av disse verktøyene er LCA (Life Cycle Assessment). LCA er en forkortelse som brukes både i norsk og internasjonal sammenheng. Standardene ISO 14040/44 beskriver prinsippene og rammeverket for livsløpsvurdering, samt krav og retningslinjer for å utføre en slik analyse.

Verktøyet kan være et hjelpemiddel for å finne og identifisere muligheter til å forbedre miljøprestasjoner for et produkt i ulike faser i livsløpet. «LCA tar for seg miljøaspektene og mulige miljøpåvirkninger (f.eks. bruk av ressurser og miljømessige konsekvenser av utslipp) gjennom hele produktets livsløp, fra anskaffelse av råmateriale, gjennom produksjon, bruk, sluttbehandling, gjenvinning og endelig avhending (dvs. fra vogge til grav)» (Standard Norge, 2006).

En LCA-studie blir delt inn i fire faser;

1. Fastsettelse av hensikten og omfanget
2. Livsløpsregnskapsfasen
3. Livsløpseffektvurderingsfasen
4. Tolkningsfasen

Fastsettelse av hensikten og omfanget omhandler defineringen av motivasjonen og hensikten ved studiet. Her skal det komme tydelig frem hva målet med oppgaven er.

Livsløpsregnskapsfasen (LCI-fasen) skal inneholde et regnskap over inngangsdata til og utgangsdata over det materialet som skal studeres. Dette er nødvendig data dersom studien skal være gjennomførbar (Standard Norge, 2006). Denne LCA studien er basert på BIM modeller av Ydalir skole, dataene i disse modellene har blitt brukt som bakgrunn i Simapro. Derfor er denne studien også en kombinasjon av BIM og LCA.

Livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA) skal gi ytterligere informasjon til å vurdere produktsystemets LCI-resultater. Dette vil gjøre at man kan forstå bedre den miljømessige betydningen av resultatene (Standard Norge, 2006).

Tolkningsfasen utarbeider et sammendrag av resultatene LCI eller LCIA, eller begge. Resultatene her vil gi en mulighet for å komme frem til en konklusjon, anbefalinger og beslutninger i samsvar med fastsatt hensikt og omfang (Standard Norge, 2006).

3.2 Programvare og database

Simapro er det dataprogrammet som har hjulpet oss med å utføre beregninger. Det er et sentralt hjelpemiddel. Dette programmet brukes internasjonalt og brukes til blant annet LCA. For uthenting av mengder materialer og kartlegging av bygget, ble BIM-modeller analysert i Solibri Model Checker. Dette er et veldig avansert program, som gjør det svært vanskelig å samarbeide med Simapro, derfor blir all mengden fra BIM-modellen satt inn i Excel - som også er et sentralt hjelpemiddel for oss. Det blir laget tabeller i Excel av de ulike byggematerialene ved bruk av dataene fra Solibri, og deretter manuelt satt inn i Simapro. Dette tar svært lang tid. Det er blitt lagt ved vedlegg av tabellene som har blitt laget i Excel (Vedlegg C).

Simapro består av flere forskjellige databaser. Disse inneholder mange prosesser for råvarer og produkter, produksjon, transport, energi, avhending osv. Databasen som har blitt brukt i dette LCA studiet er «Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit». Denne databasen blir brukt når vi ikke tar ut data av de forskjellige byggematerialene i fra EPDer. Eller om EPD-ene ikke finnes for ulike byggematerialer.

«En miljødeklarasjon er et kortfattet dokument som oppsummerer miljøprofilen til et komponent, et ferdig produkt eller en tjeneste på en standardisert og objektiv måte» (EPD-Norge, u.å.). EPD er en forkortelses brukt både i norsk og internasjonal sammenheng. EPD står for Environmental Product Declaration.

Verdiene som presenteres i en miljøvaredeklarasjon er basert på produktet/materialet med den faktiske produksjonsteknologien som er benyttet. Dette gjør at verdiene som blir presenter gir lav usikkerhet sammenlignet med generiske data hentet fra LCI-databaser. Det skal sies at

Databasen «Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit» ble brukt i hele det generelle scenarioet.

Utarbeidelsen av en EPD kan skilles mellom et såkalt forgrunnsystem og et bakgrunnsystem. I et forgrunnsystem blir produktspesifikke data benyttet for de mest sentrale prosessene, mens i et bakgrunnsystem blir generiske data benyttet for de mindre viktige prosessene. Dersom man skal sammenligne ulike materialer basert på EPDer, er det viktig å bruke de samme systemgrensene og funksjonelle enhetene.

3.3 Fase 1 – Mål og rammer

3.3.1 Hensikt og omfang

Denne oppgaven ønsker å oppnå flere ting. Det første er å utarbeide en livsløpsanalyse for Betonmast, studere miljøeffekten av å bygge i massivtre og i hvilken grad transporten fra Østerrike påvirker miljøet. Identifisere og avdekke «hotspots», og til slutt se på hvor sensitiv de spesifikke og generelle dataene er i forhold til hverandre.

Oppgaven vil omhandle byggets bæresystem (RIB) og de ulike sjiktene som evt. inkluderes i elementenes oppbygning. Oppgaven vil ikke ta for seg inventar eller andre detaljer som ikke inngår i bæresystemet, herunder vinduer, dører, elektriske føringer, rør, etc.). Oppgaven vil heller ikke ta for seg armeringen i betongen.

3.3.2 Funksjonelle enheten

For å kunne analysere og tolke dataene må den funksjonelle enheten defineres. Med flere inn- og utgangsdata behøves det en felles enhet. Dette vil gjøre det mulig å knytte resultatene opp mot systemets funksjon.

I dette tilfelle vil funksjonsenheten være 'Ydalir-skole. Med totalt 3 etasjer, tilhørende påbygg og plass til ca. 350 elever. Totalt 6.000 m², mtp. A1-A4, etter TEK 17'.

3.3.3 Systemgrense

Hensikten med dette avsnittet er å beskrive hvilke prosesser som er med i analysen. Analysen er begrenset fra «vugge til port», (cradle to gate). Port, i denne forstand, er materialenes ankomst til byggeplassen, og vugge er råmaterial-stadium. I NS-EN 15978:2011 (Standard, 2011) blir disse prosessene beskrevet fra A1-A4.

3.4 Fase 2 – Livsløpsregnskap

Livsløpsregnskap er den fasen av LCA som skal gi en god og detaljert oversikt, og er en form for kvantifisering av all innmatede og utmatede faktorer gjennom produktets livsløp.

Produktet består av ulike enhetsprosesser. Innmatede faktorer i form av energi, råmaterialer og tilleggsmaterialer, som skaper et produkt. Deretter kommer de utmatede faktorene - utslipp til luft, vann og jord, avfall og andre miljøaspekter (Standard Norge, 2006). I SimaPro kan vi legge inn disse inn- og utdataene, samt legge til bruk av maskiner, transport, hvilke energibærere som benyttes i de ulike enhetsprosessene osv.

Vi har fått produktet i dette tilfellet bygningen Ydalir Skole av Betonmast. Materialene som har blitt brukt har vi tatt ut ved hjelp av Solibri, deretter ført inn i ExCel. Vi har en spesifikk del og generell del som skal sammenlignes.. Spesifikke delen inneholder data av høy kvalitet, innsamlet via EPDer. Bakgrunnen for disse dataene finnes i tabell 2. Disse dataene har blitt plottet inn i Simapro slik at vi får et spesifikt resultat for bygget. Den generelle delen består av data fra databasen i Simapro. Alle materialene har blitt lagt inn i Simapro. Disse er fordelt på bygningsdel etter hvor i bygningene de ulike materialene benyttes. Som vist i tabell 1.

Materialer	Mengde (m ³)
Bærekonstruksjon	
Fundament	2874,695
Massivtre vegger, dekker og tak.	1123,39
Søylar og bjelker i limtre	144,37
Vegger	
Gipsplater	98,75
Trespiller	13,78
Isolasjon	52,85
Isolert stender	1112,14

Betong	159,10
Kledning	65,69
Vindsperre	30,12
Tak	
Massivtre	191,10
Betong	94,80
Isolasjon	1337,43
Stål	11,87
Asfalt	11,85
Grus	44,44
Plater	
Massivtre	887,63
Isolasjon EPS	92,22
Isolasjon-myk/treull/ trykkfast/trinnlydsplate	1657,73
Påstøp/Betong	306,71
Gips	21,77

Tabell 1 Materialer fordelt på bygningsdeler

Materialer	Datakilde	Kommentar
Bærekonstruksjon		
Fundament	Betong Øst	EPDer for sement, flygeaske og betongtype (Øst, 2017).
Massivtrevegger, dekker og tak.	EPD-Norge	Massivtre funnet i EPD-Norge, brukt dataene som har blitt funnet her både i den spesifikke og generelle scenarioene (Ltd, 2017).
Søylar og bjelker i limtre	Simapro	Brukt databasen i Simapro. (Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit). Se vedlegg B1.
Vegger		
Gipsplater	Gyproc	Brukt EPDer fra Gyproc. Funnet på Gyproc sine hjemmesider (Gyproc, 2017).

Trespiler	Moelven	EPDer tilsendt av Vilde Bystuen (Trespiler).
Isolasjon	Glava	EPDer tilsendt av Vilde Bystuen (Glava, 2019).
Isolert stender	Glava	EPDer tilsendt av Vilde Bystuen (Glava,2019).
Betong	Betong øst	EPDer tilsendt av Vilde Bystuen (Øst, 2017).
Kledning	Moelven	EPDer tilsendt av Vilde Bystuen (Moelven, 2019).
Vindsperre	Gyproc	EPD miljødeklarasjoner som har blitt funnet i Gyproc sinne hjemmesider (Gyproc, 2017).
Tak		
Massivtre	EPD-Norge	Massivtre funnet i EPD-Norge, brukt dataene som har blitt funnet her både i den spesifikke og generelle scenarioene (Ltd, 2017).
Betong	Betong øst	EPDer tilsendt av Vilde Bystuen (Øst, 2017).
Isolasjon	Glava/Rockwool	EPDer tilsendt av Vilde Bystuen (Glava,2019) (Rockwool, 2013).
Stål	Simapro	Brukt databasen i Simapro. (Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit) Se vedlegg B2.
Asfalt	Simapro	Brukt databasen i Simapro. (Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit). Se vedlegg B3.

Grus	Simapro	Brukt databasen i Simapro. (Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit). Se vedlegg B4.
Plater		
Massivtre	EPD-Norge	Massivtre funnet i EPD-Norge, brukt dataene som har blitt funnet her både i den spesifikke og generelle scenarioene (Ltd, 2017).
Isolasjon EPS	Glava	EPD funnet på Glava sine hjemmesider (EPS-gruppen, 2015).
Isolasjon-myk/treull/ trykkfast/trinnlydsplate	Glava	EPDer tilsendt av Vilde Bystuen (Glava,2019).
Påstøp/Betong	Betong øst	EPDer tilsendt av Vilde Bystuen (Øst, 2017).
Gips	Gyproc	EPD miljødeklarasjoner som har blitt funnet i gyproc sinne hjemmesider. (Gyproc, 2017)

Tabell 2 Datainnsamlingsgrunnlag

3.5 Fase 3 – Livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA)

I denne fasen blir det tatt utgangspunkt i å vurdere betydningen av mulige miljøpåvirkninger gjennom bruk av LCI-resultatene. Denne prosessen prøver å koble livsløpsregnskapsdata med spesifikke miljøpåvirkningskategorier og kategoriindikatorer. Disse indikatorene beskriver påvirkningen på miljøet. Denne fasen gir også informasjon om fasen for livsløpstolkning (Standard Norge, 2006). SimaPro tilbyr en rekke indikatorer, der de mest aktuelle blir sett nærmere på.

«Livsløpseffektvurderingen kan omfatte den iterative prosessen med å gjennomgå hensikten og omfanget til LCA-studien for å fastslå om målene ved studien er tilfredsstillt, eller for å

endre hensikten og omfanget dersom vurderingen indikerer at de ikke kan oppnås» (Standard Norge, 2006).

De mest aktuelle miljøpåvirkningene fra analysen av Ydalir Skole presenteres i disse seks valgte miljøkategoriene:

- **Global oppvarming** (CO₂-ekvivalenter): Dette er utslipp av klimagassene CO₂ (karbondioksid), CH₄ (metan) og NO₂ (nitrogendioksid). Disse tre klimagassene bidrar til global oppvarming (Goedkoop *et al.*, 2016). Slike gasser finner man i typisk transport og fossil energi.
- **Ozon nedbrytning** (CFC11-ekvivalenter): Dette er utslipp av klorfluorkarbondgasser som bidrar til å bryte ned ozonlaget. Dette gjør at ozonlaget blir tynnere og det slippes inn kraftigere UV-strålinger (Goedkoop *et al.*, 2016). Eksempler på utslipp av slike gasser kom fra spraybokser, og det ble også brukt som drivgass i kjøleskap.
- **Menneskelige giftstoffer - krefteffekt** (CTUh): Dette er utslipp av potensielle farefulle kjemikalier i miljøet som kan være kreftfremkallende.
- **Svevestøv** (PM_{2,5}-ekvivalenter): Består av små, luftbårne partikler. Svevestøv varierer i størrelse og sammensetning. I denne miljøkategorien blir det sett på PM_{2,5}. Slike partikler finner vi i typisk i veitrafikk, vedfyring og langtransportert forurensning (Miljødirektoratet, 2017).
- **Forsuring** (H⁺-ekvivalenter): Dette er utslipp av store mengder CO₂ (karbondioksid) i havet. Dette reagerer med H₂O (vannmolekyler) og skaper H₂CO₃ (karbonsyre). Dette brytes ned til et H⁺ ion (hydrogen ion) og et HCO₃⁻ hydrogenkarbonat. Dette fører til at pH-verdien i havet går ned, noe som igjen fører til at organismer i havet får dårligere levekår.
- **Overgjødsling ferskvann og hav** (P- og N-ekvivalenter): Dette er utslipp av fosfor i vann og nitrogen i hav. Disse stoffene bidrar til økt planteproduksjon og algeproduksjon i havet som kan være med på å utrydde naturlige algesamfunn (Pilkington, 2019). Disse stoffene finnes typisk i utslipp fra avrenning fra dyrka mark og avfallsdeponi.

Disse miljøkategoriene ovenfor er valgt ut ifra problemstillingen utarbeidet om Ydalir Skole. Dette er relaterte miljøkategorier som bidrar negativt på miljøet. Valget av disse kategoriene er basert ut på at det er relevante utfordringer som dagens samfunn står ovenfor.

3.6 Følsomhetsanalyse

Antar høy kvalitet og pålitlighet av spesifikke data, jf. Tabell 2. På bakgrunn av denne antagelsen blir det ikke gjennomført en fullverdig sensitivitetsanalyse av alle dataene. Det vil derimot være hensiktsmessig å se på følsomheten knyttet til transport da oppgaven legger større vekt på dette punktet. Massivtrekonstruksjonen gir positive resultater mtp miljøgevinsten, men store deler av denne gevinsten faller bort når elementene må fraktes fra Østerrike.

For å utføre en følsomhetsanalyse for transportdataene trengs det en referansekilde, her velger vi å bruke Splitkon AS med fabrikk på Åmot. Fra byggeplass til fabrikk regnes det med 200km reisevei. Til sammenlikning er avstand til fabrikk i Ybbs, Østerrike, 1569km.

4 Resultater

I dette kapitlet skal det presenteres resultater av bygningen, Ydalir skole, for de to ulike scenarioene;

- **Spesifikk del**

Her er det blitt brukt EPDer som inneholder data av høy kvalitet, og som blir grundig satt inn i Simapro.

- **Generell del**

Her er det blitt brukt data av medium kvalitet, som allerede finnes i Simapro sin database.

Først vil det bli presentert analyser på forskjellen av miljøkategoriene i hvert av scenarioene tilknyttet bygningselementene (tabell 1). Deretter går det nærmere inn på de forskjellige miljøkategoriene i den spesifikke delen, og om klimagassutslippene. Til slutt ses det hvordan transport påvirker resultatene, samt resultatene fra følsomhetsanalysen.

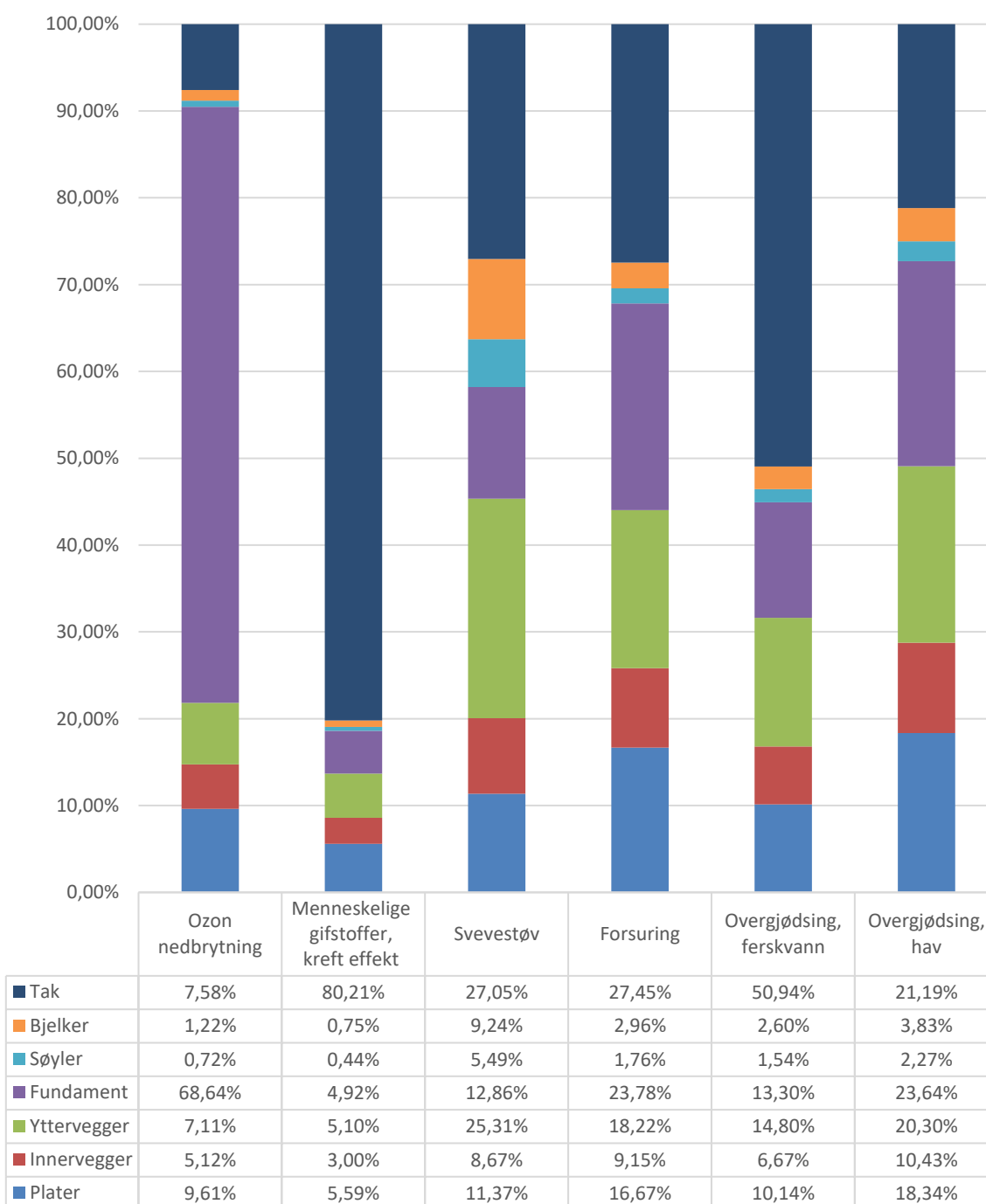
4.1 Miljøpåvirkninger

4.1.1 Analyser av miljøpåvirkninger knyttet til hvert enkelt bygningselement i det spesifikke scenarioet, eks. klimagassutslipp

I dette avsnittet presenteres analyser knyttet til miljøpåvirkninger knyttet til hver enkelt bygningselement i den spesifikke analysen.

Figur 1 viser en oppsummering av dette delkapitlet. Figuren belyser de relative bidragene de ulike bygningselementene har innenfor hver miljøkategori, ekskludert klimagassutslipp.

Bygningselementes relative bidrag, eks klimagassutslipp



Figur 1: Bygningselementenes relative bidrag sett over de ulike miljøeffektene, ekskludert klimagassutslipp (Se vedlegg B.8 for eget format for svart/hvitt)

Plater

I tabell 3 er miljøpåvirkninger knyttet til plater presentert. Utslipp av ozonnedbrytende stoffer er få. Disse utgjør litt over 23 gram totalt sett. Utslipp av menneskelige giftstoffer, som kan gi økt sannsynlighet for kreft, bidrar med et lite utslipp. Disse stoffene utgjør 0,01499 CTUh totalt sett.

Den neste kategorien som blir presentert er svevestøv, og bidrar til et utslipp i overkant av 124 kg med PM_{2,5}-ekvivalenter. Utslipp av stoffer som fører til forsuring og lavere pH-verdi i havet er ikke stor. Fra denne kategorien blir det bare sluppet ut omtrent 1,1 gram med stoffer som bidrar til forsuring i havet.

De to siste kategoriene som blir presenter er overgjødsling i ferskvann og hav. I kategorien overgjødsling i ferskvann, bidrar denne kategorien til et utslipp på 40 kg. I kategorien overgjødsling hav, blir det sluppet ut 267 kg fra denne bygningsdelen.

Miljøkategori	Enhet	Plater
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,023786133
Menneskelige giftstoffer - krefteffekt	CTUh	0,014989444
Svevestøv	kg PM _{2.5} eq	124,5270752
Forsuring	molc H ⁺	1098,639267
Overgjødsling ferskvann	kg P eq	40,09659612
Overgjødsling hav	kg N eq	266,985706

Tabell 3 Miljøpåvirkninger, plater

Innervegger

Den neste bygningsdelen som blir presenter er innervegger. Her blir det tatt utgangspunkt i tabell 4. Utslipp av ozonnedbrytende stoffer er også her få. Disse utgjør kun i overkant av 12 gram. Utslipp av menneskelige giftstoffer er også i dette tilfellet lite, disse bidrar med 0,0080 CTUh.

Miljøkategorien svevestøv bidrar også her til utslipp av farlige partikler i luften. Det blir sluppet ut opp mot 95 kg med PM_{2.5}-ekvivalenter. Miljøkategorien forsuring, bidrar ikke med noe nevneverdige utslipp. Det blir sluppet ut 0,6 gram med stoffer som bidrar til

forsuring av havet. Overgjødning ferskvann og hav er derimot betydelig større. Disse bidrar med et utslipp på henholdsvis 26,4 kg og 151,8 kg.

Miljøkategori	Enhet	Innervegger
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,012675187
Menneskelige giftstoffer - krefteffekt	CTUh	0,008038783
Svevestøv	kg PM2.5 eq	94,95767515
Forsuring	molc H+	602,7114511
Overgjødning ferskvann	kg P eq	26,38230726
Overgjødning hav	kg N eq	151,8350444

Tabell 4 Miljøpåvirkninger, innervegger

Yttervegger

I tabell 5 viser en oversikt som viser påvirkningen fra de ulike miljøkategoriene fra ytterveggene. Utslipp av ozonnedbrytende stoffer er minimale, kun 17,6 gram blir sluppet ut fra denne miljøkategorien. Stoffer som kan fremkalle kreft er på 0,0137 CTUh.

Det er et betydelig utslipp av svevestoff i denne kategorien. Det blir sluppet ut 277 kg med svevestøv. Denne bygningsdelen bidrar også til et utslipp på 1,2 gram med stoffer som fører til forsuring av havet. Overgjødning av ferskvann og hav, som fører til økt planteproduksjon, bidrar på denne bygningsdelen med henholdsvis 58,5- og 295,6 kg.

Miljøkategori	Enhet	Yttervegger
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,017596729
Menneskelige giftstoffer - krefteffekt	CTUh	0,013659624
Svevestøv	kg PM2.5 eq	277,0738132
Forsuring	molc H+	1200,655337
Overgjødning ferskvann	kg P eq	58,49343978
Overgjødning hav	kg N eq	295,5543796

Tabell 5 Miljøpåvirkninger, yttervegger

Fundament

Tabell 6 viser oversikt over utslipp fra de forskjellige miljøkategoriene for fundamentet. Her er det et større utslipp av ozonnedbrytende stoffer enn i de andre bygningsdelene. Det blir sluppet ut 170 gram ozonnedbrytbare stoffer fra denne bygningsdelen.

Kreftfremkallende stoffer står for et utslipp på 0,01318 CTUh. Svevestøv står her for et utslipp på 140,8 kg PM2.5-ekvivalenter. Fundamentet bidrar til forsuring i havet med et utslipp på 1,6 gram. Overgjødning i ferskvann og hav bidrar med henholdsvis 52,6- og 344,2 kg. Fundamentet er det som bidrar til størst utslipp av stoffer som bidrar til overgjødning av havet.

Miljøkategori	Enhet	Fundament
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,169903031
Menneskelige giftstoffer - krefteffekt	CTUh	0,013178349
Svevestøv	kg PM2.5 eq	140,7963318
Forsuring	molc H+	1566,869318
Overgjødning ferskvann	kg P eq	52,57406841
Overgjødning hav	kg N eq	344,1485496

Tabell 6 Miljøpåvirkninger, fundament

Søyler

I tabell 7 ser vi hvordan søylene påvirker miljøkategoriene. Utslipp av ozonnedbrytende stoffer er lite i forhold til de andre bygningsdelene, bidraget her er på 0,0018 kg CFC-11-ekvivalenter. Det samme er det også med menneskelige giftstoffer. De bidrar med 0.00119 CTUh.

Svevestøv har et bidrag på 60,11 kg PM2.5-ekvivalenter. Det er det laveste utslippet av alle bygningsdelene. Miljøkategorien forsuring har et bidrag på 0,115 g, som også er det laveste bidraget i de ulike bygningsdelene. Overgjødning av ferskvann og vann er henholdsvis på 6,1 og 33,1 kg. Dette er også det laveste i forhold til de andre bygningsdelene.

Miljøkategori	Enhet	Søyler
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,001789667
Menneskelige giftstoffer - krefteffekt	CTUh	0,001187291
Svevestøv	kg PM2.5 eq	60,11032682
Forsuring	molc H+	115,9432347
Overgjødsling ferskvann	kg P eq	6,098660571
Overgjødsling hav	kg N eq	33,10212954

Tabell 7 Miljøpåvirkninger, søyler

Bjelker

I tabell 8 ser vi hvordan bjelkene påvirker de ulike miljøkategoriene. Utslippene av ozonnedbrytende stoffene også her lite, med et bidrag på 0,003 kg CFC-11-ekvivalenter. Det samme er det også med de menneskelige giftstoffene, med en liten andel på 0.002 CTUh. Utslippene på svevestøv er på 101,2 kg PM2.5-ekvivalenter. Forsuring har en andel på 0.195g. Overgjødsling av ferskvann og hav er henholdsvis på 10,26kg og 55,73kg.

Miljøkategori	Enhet	Bjelker
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,003013072
Menneskelige giftstoffer - krefteffekt	CTUh	0,001998915
Svevestøv	kg PM2.5 eq	101,2013705
Forsuring	molc H+	195,2013053
Overgjødsling ferskvann	kg P eq	10,26766682
Overgjødsling hav	kg N eq	55,7305384

Tabell 8 Miljøpåvirkninger, bjelker

Tak

Tabell 9 viser hvordan taket påvirker de ulike miljøkategoriene. Taket har den største andelen av all utslipp utenom utslippene fra de ozonnedbrytende stoffene der platene har størst andel. I taket utgjør disse på omtrent 18,7 gram. Utslippene for menneskelige giftstoffer er på ca. 0,215 CTUh, som helt klart er det høyeste tallet av alle bygningsdeler. Det samme er det også med svevestøv, som har et utslipp på 296,18 kg PM2.5-ekvivalenter. Forsuringen har et utslipp på 1,808kg og overgjødsling av ferskvann og hav ligger henholdsvis på 201kg og 308kg.

Miljøkategori	Enhet	Tak
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,018757575
Menneskelige giftstoffer - krefteffekt	CTUh	0,21496635
Svevestøv	kg PM2.5 eq	296,1818827
Forsuring	molc H+	1808,999544
Overgjødsling ferskvann	kg P eq	201,3700385
Overgjødsling hav	kg N eq	308,4314214

Tabell 9 Miljøpåvirkninger, tak

4.1.2 Klimagassutslipp av de ulike bygningsdelene i det spesifikke scenarioet

I dette avsnittet presenteres analyser av miljøpåvirkninger av klimagassutslipp fra de forskjellige bygningsdelene.

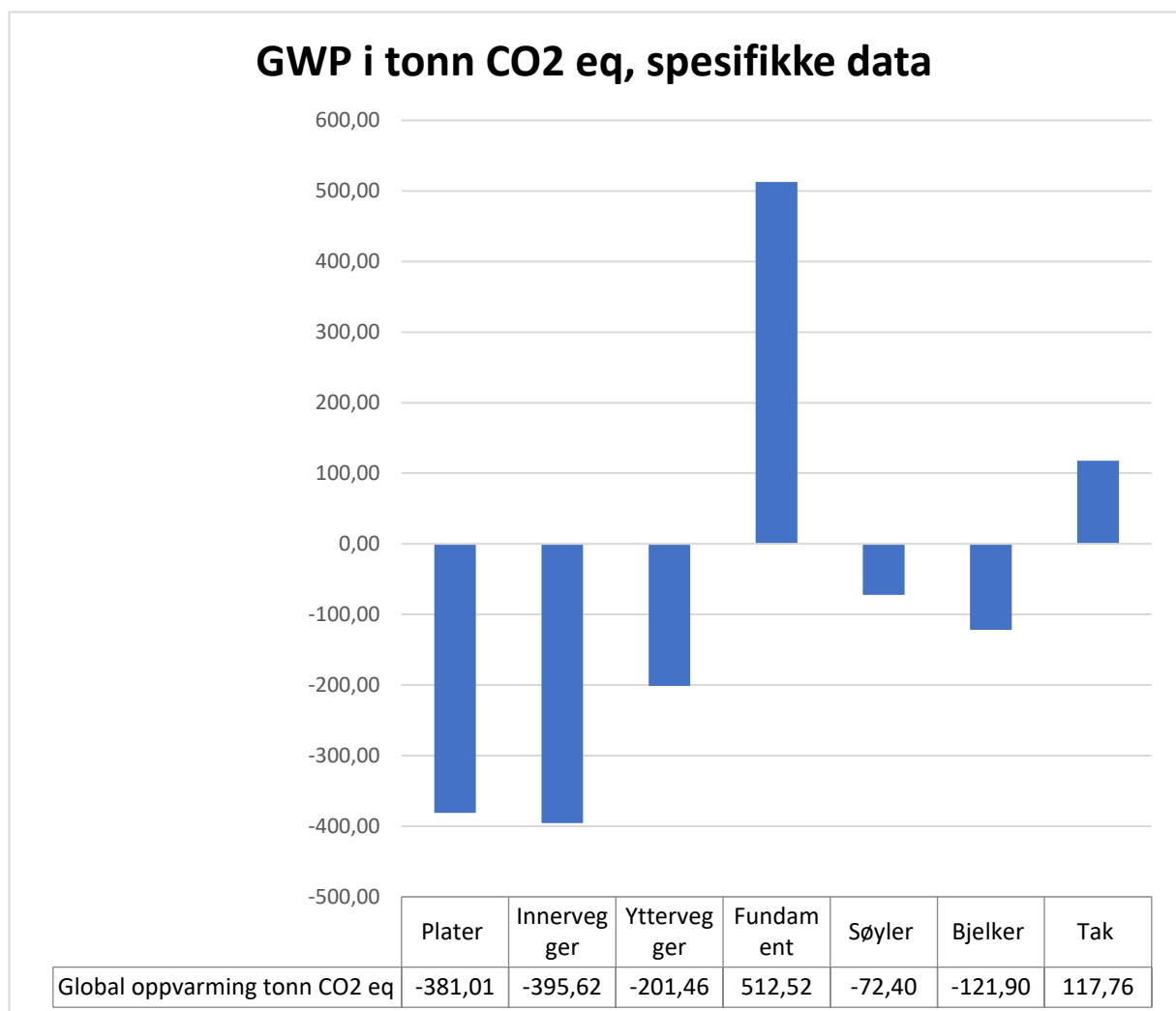
I den spesifikke delen, fordeles klimagassutslippene seg på de forskjellige bygningelementene som vist på figur 2. Fundamentet og taket bidrar til størst utslipp av klimagasser. Disse bidrar til henholdsvis 513- og 118 tonn CO₂-ekvivalenter. Siden det er tatt utgangspunkt i karbonlagring i skog, kommer disse bygningsdelene dårligst ut.

Etter dette kommer søyler, bjelker og yttervegger. Siden disse elementene stort sett er bygd opp av massivtre, kommer de positivt ut på utslipp av klimagasser. Disse bygningsdelene lagrer CO₂ i treet, så det blir gitt et negativt utslipp fra disse bygningsdelene. Søyler står for et negativt utslipp på rundt 72 tonn. Det vil si at søylene lagrer 72 tonn CO₂ i løpet av fasen A1-

A4 til Ydalir skole. Bjelker og yttervegger står for henholdsvis et negativt utslipp på 122- og 201 tonn CO₂-ekvivalenter.

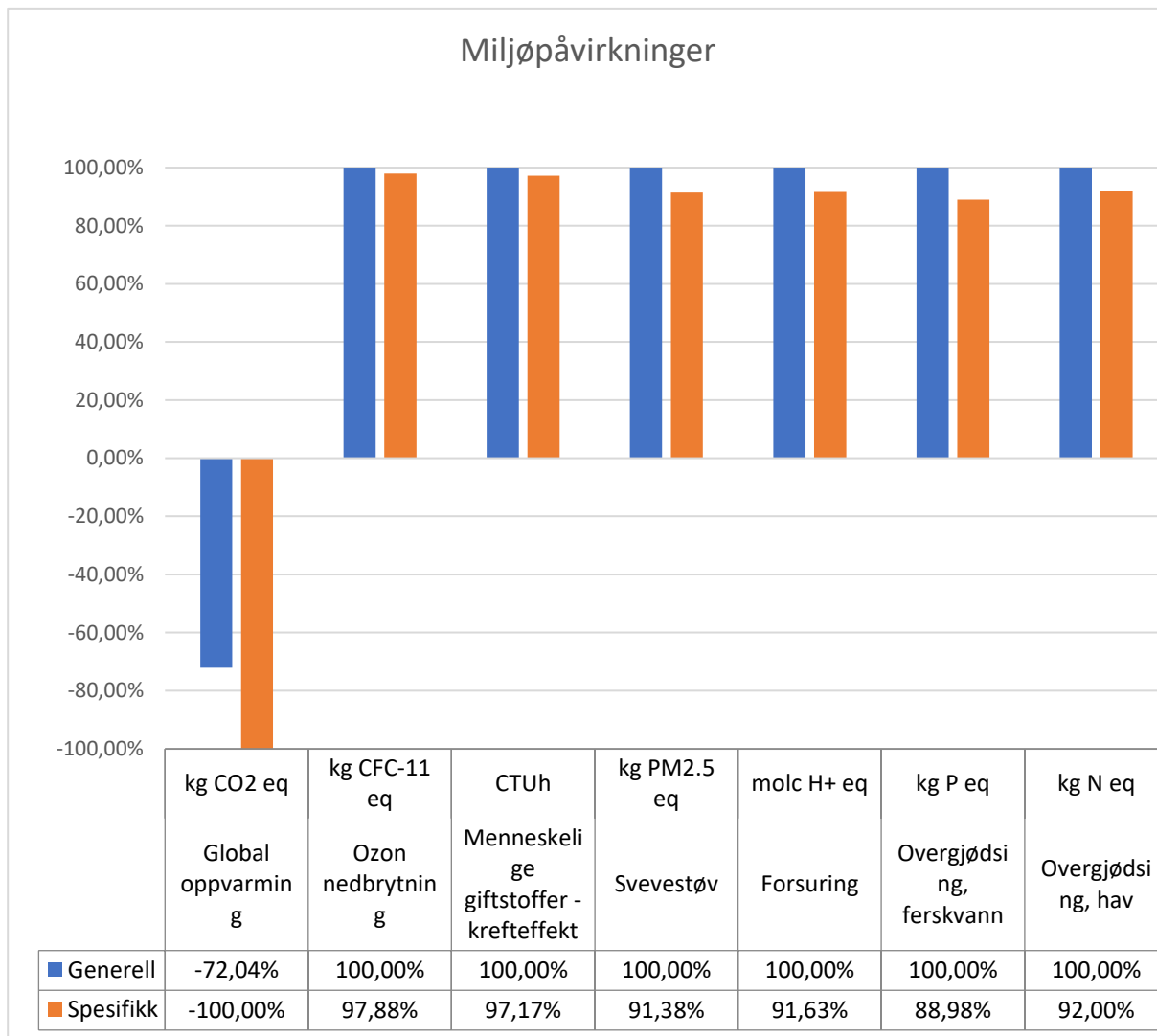
Innervegger står for et negativt utslipp på 396 tonn CO₂-ekvivalenter, mens plater står for et negativt utslipp på 381 tonn CO₂-ekvivalenter.

Siden det er tatt hensyn til karbonlagring i skog, gir dette Ydalir Skole miljømessige fordeler som er med på å redusere skolen sitt totale klimagassutslipp. Selv om fundamentet og taket stod for utslipp av omtrent 630 tonn CO₂-ekvivalenter, gjorde de andre bygningsdelene at Ydalir Skole bidrar til et negativt utslipp på 542 tonn CO₂-ekvivalenter i løpet av fasen A1-A4



Figur 2: GWP (Global Warming Potential), klimagassutslipp for de ulike bygningsdelene

4.1.3 Analyse av miljøkategorier knyttet til det spesifikke og generelle scenarioet



Figur 3: Miljøpåvirkninger knyttet til materialforbruket i spesifikke scenario i % av tilvarende utslipp i generelle scenario. Data hentet fra tabell 10.

Miljøkategori	Enhet	Generell	Spesifikk
Global oppvarming	kg CO2 eq	-390530,6448	-542101,0121
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,252875332	0,247521394
Menneskelige giftstoffer, kreft effekt	CTUh	0,275836305	0,268018757
Svevestøv	kg PM2.5 eq	1198,131353	1094,848476
Forsuring	molc H+ eq	7191,036563	6589,01947
Overgjødsling, ferskvann	kg P eq	444,2626468	395,2827789
Overgjødsling, hav	kg N eq	1582,424496	1455,787772

Tabell 10: Forskjellen av miljøkategorier i hvert av scenarioene

Det er gjort en sammenligning av hvor stor miljøpåvirkningene for det spesifikke scenarioet er i forhold til tilsvarende utslipp i det generelle scenarioet. Tallene som blir brukt er fra tabell 10. De oransje søylene representerer utslippene i det spesifikke scenarioet fordelt på de ulike miljøkategoriene. De blå søylene representerer utslippene i det generelle scenarioet. Disse søylene er størst i hver kategori utenom i global oppvarming. Dette på grunn av at den oransje søylen gir en best negativ verdi for global oppvarming.

Som man kan se i figur 3, er forskjellene mellom scenarioene størst i miljøkategorien global oppvarming. Begge bidrar til en positiv effekt på miljøet. Miljøkategorien har en prosentandel på 27.96% i forskjell fra den generelle til den spesifikke delen.

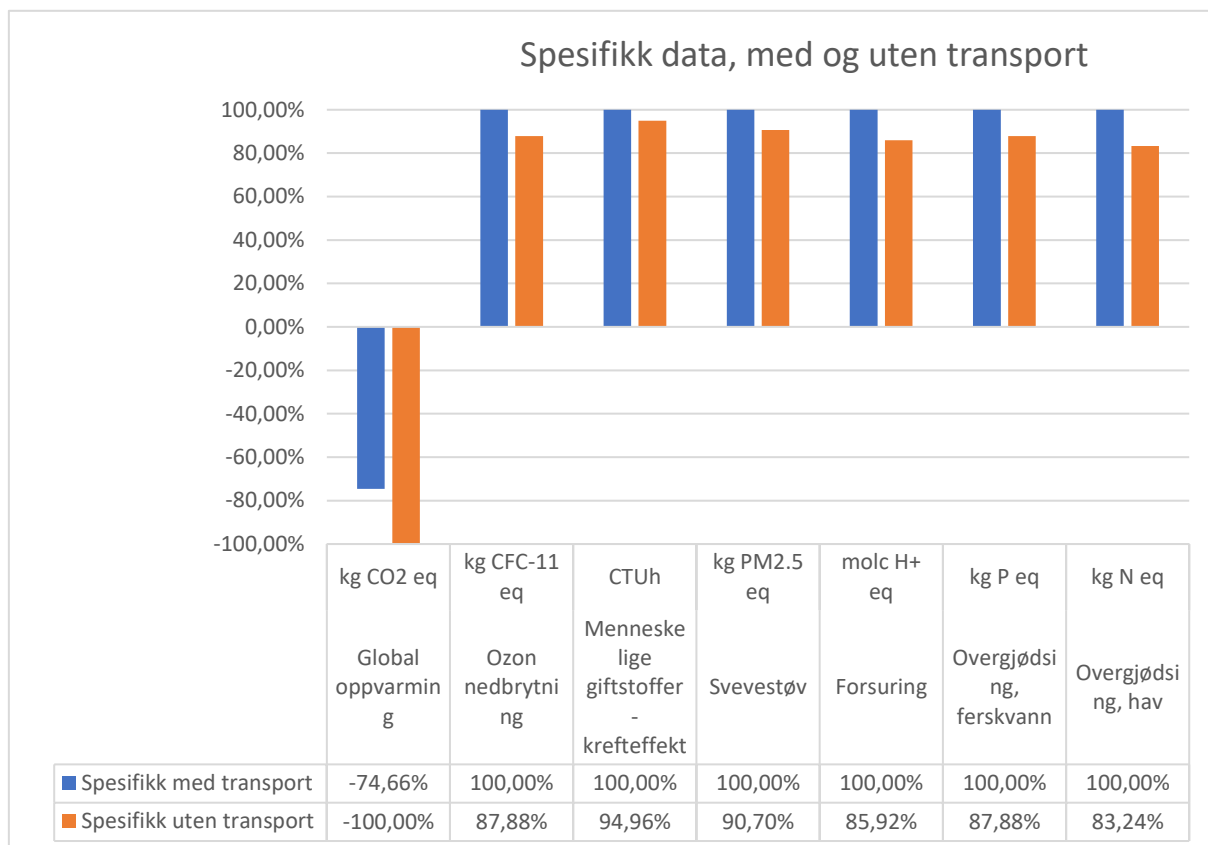
Den kategorien med størst prosentvis forskjell som påvirker miljøet negativt er overgjødning av ferskvann. Her er forskjellen mellom den generelle og spesifikke delen på 11,02%.

Kategoriene svevestøv, forsuring og overgjødning av hav har en relativ forskjell mellom det spesifikke og generelle scenarioet på rundt 8 % hver seg.

Minst forskjell mellom scenarioene er det i kategoriene ozon nedbrytende stoffer og menneskelige giftstoffer. Med en forskjell på 2,12% i ozon nedbrytende stoffer og 2,83% i menneskelige giftstoffer.

4.1.4 Transportinnvirkninger

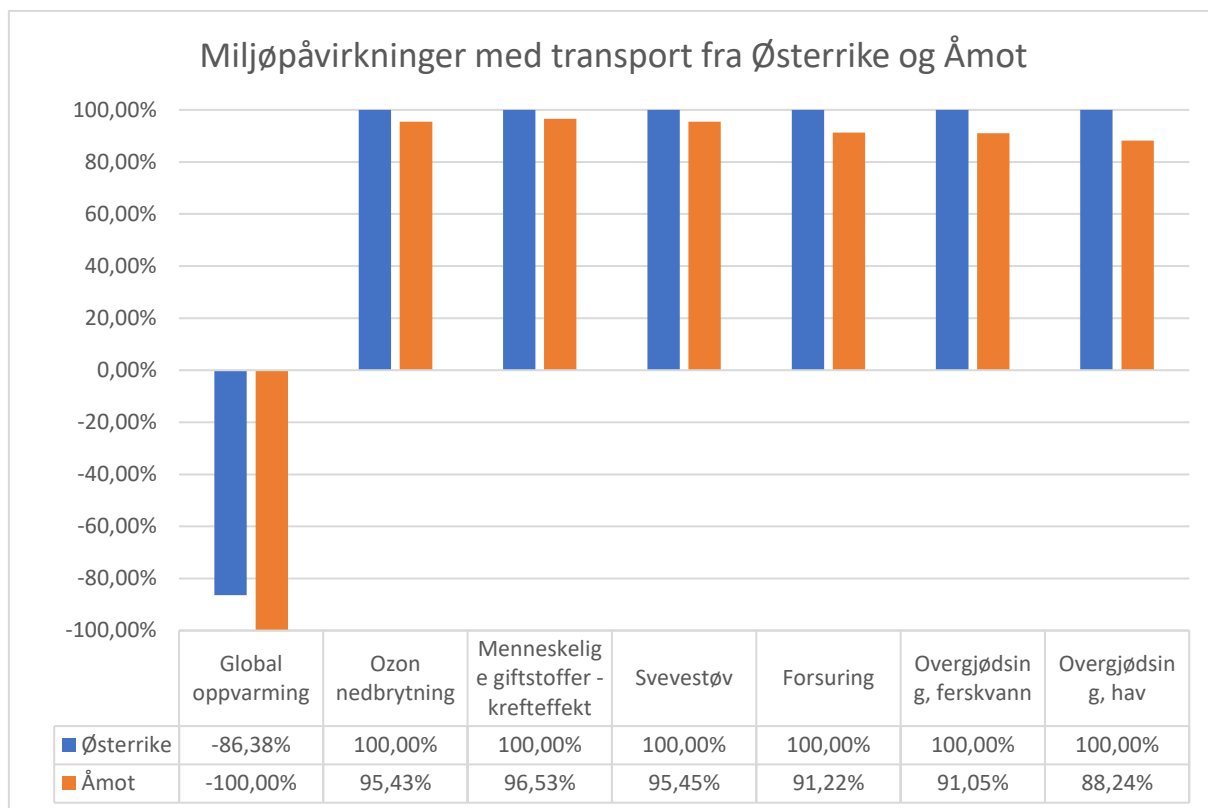
Persontransport og frakt av anleggsmaskiner etc. er ikke en del av denne analysen. Transport faller under kategorien A4 i livsløpsanalysen og vil omhandle transport av byggematerialer til byggeplassen. Tabell over distanser og anvendt transportmiddel belyses i vedlegg D. Det mest hensiktsmessige vil være å se på transport av CLT fra Østerrike, da dette er den lengste strekningen og vil gi de største miljøpåvirkningene. Datainnsamlingen og behandlingen av disse dataene førte til et mer totalt bilde av transport. På bakgrunn av dette vil vi ikke se på kun transport fra Østerrike, men heller den samlede transporteffekten til de ulike bygningsdelene. Figur 4 gir et tydelig bilde på miljøeffekten transport har på den spesifikke delen med og uten transport.



Figur 4: Spesifikke data, med og uten transport. Figuren baseres på data fra vedlegg B.6.

Figur 4 belyser at transport, i helhet, gir størst utslag mtp klimagassutslipp, en nevneverdig differanse på 25,34%. Det skal allikevel nevnes at det totale netto utslippet forblir negativt selv med karbonlagring og transport inkludert. Sett over alle de ulike miljøkategoriene utgjør transporten rundt 25,8% av det totale regnskapet.

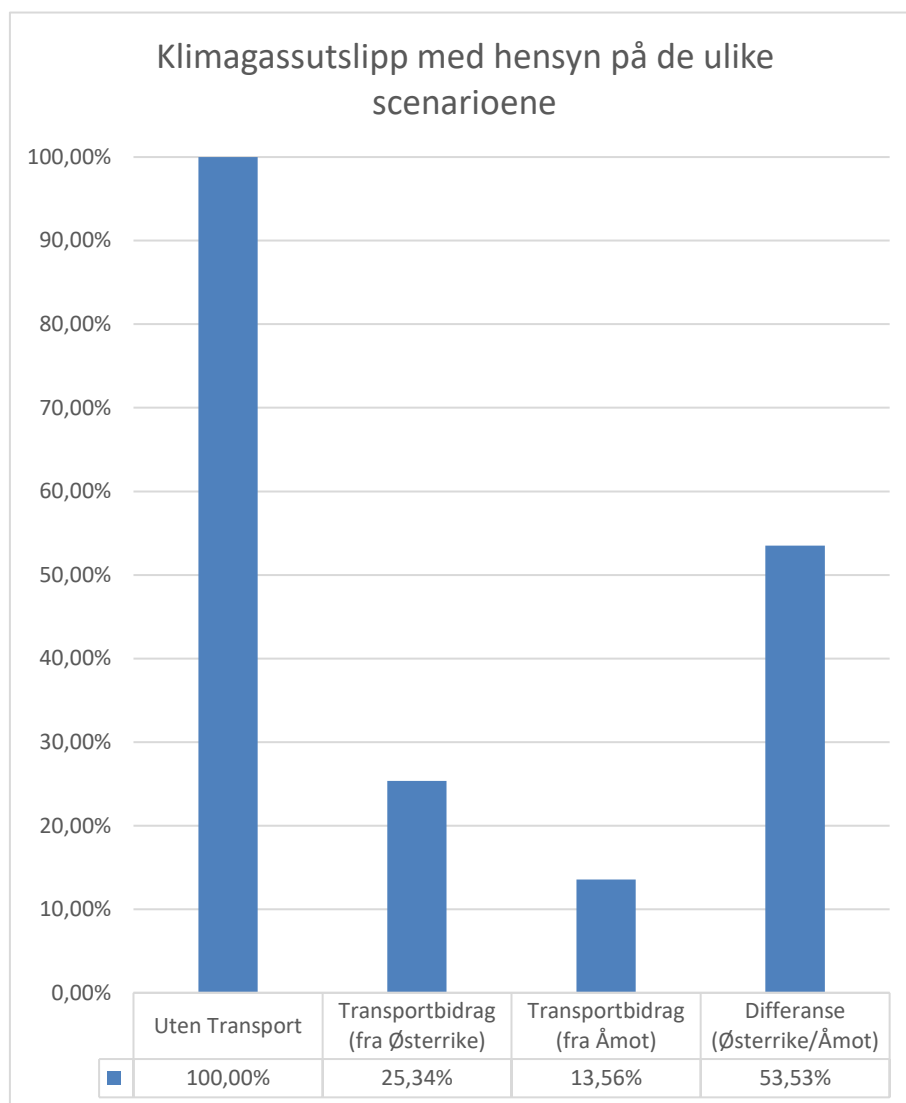
4.2 Resultat av følsomhetsanalyse



Figur 5: Resultat av følsomhetsanalyse, ulike miljøpåvirkninger mhp. transport fra Østerrike og Åmot. Figuren basers på tallene i vedlegg B.7.

Etter at strekningen har blitt redusert med 87 %, kan vi se en reduisering i påvirkningen fra de ulike miljøkategoriene, som vist i figur 5. Det skal huskes at transporten av elementene fra Ybbs til Drammen forgår med tog, deretter trailer til Elverum, mens transporten fra Åmot til Elverum er beregnet med trailere hele veien. Disse beregningene ble gjort i SimaPro, og det har ikke foregått noe form for kommunikasjon mellom gruppen og Splitkon AS. Dataene fungerer derfor som en estimering. Det skal også huskes på at dataene for transport er ikke isolert for hver type materiale, men heller sett på som en total. Skulle denne testen utføres ved å se på kun massivtre-transport vil verdiene kunne variere.

Figur 6 viser klimagassutslipp relativt til ulike scenarier. Selv med en redusert avstand på 87 %, ser vi en halvering (53,53 %) av klimagassutslippene.



Figur 6: Klimagassutslipp med hensyn på de ulike scenarioene.

5 Diskusjon

I dette kapitlet blir resultatene oppsummert og diskutert opp mot valgt problemstilling. I tillegg blir usikkerhet knyttet til datagrunnlag, metode og resultat vurdert.

Hensikten med denne studien har vært å dokumentere eventuelle forskjeller i den generelle og spesifikke livsløpsanalysen i SimaPro. En annen hensikt med studien har vært å se på utslipp av de forskjellige miljøkategoriene i den spesifikke analysen, og finne ut hva som står for det største utslippet. Til slutt har det blitt gjort en analyse som viser hvor stor miljøpåvirkning transport har å si for resultatet.

5.1 Spesifikk og generell livsløpsanalyse

Studien viser at Ydalir Skole fører til forskjeller i de studerte miljøkategoriene ut ifra om vi velger å benytte oss av de spesifikke eller generelle dataene. Den spesifikke analysen kommer betraktelig bedre ut enn den generelle analysen. Ser man på den prosentvise forskjellen på de ulike miljøkategoriene, vil det å utføre en spesifikk livsløpsanalyse gi et mer reelt bilde på utslippene fra de forskjellige miljøkategoriene. Blir det sett på den generelle analysen, vil denne gi et mer usikkert bilde på det reelle utslippet. Dette er fordi den generelle delen er basert på globale, gjennomsnittlige prosesser fra databasen i SimaPro, mens den spesifikke delen er basert på EPDer fra hvert enkelt produkt, som er satt inn i SimaPro. Det skal også sies at massivtre er bygd opp av det samme både på den spesifikke- og generelle delen. Dette er fordi det ikke finnes noe som tilsvare massivtre i SimaPro. Derfor vil det ikke forekomme en forskjell for kun massivtre ved den generelle og spesifikke delen i resultatet.

Studien viser at det er klimagassutslipp som står for den største påvirkningen av de ulike miljøkategoriene i den spesifikke analysen. Det at det er tatt utgangspunkt i karbonlagring i skog gir et betydelig netto negativt klimagassutslipp knyttet til selve bygningskonstruksjonen. Massivtre bidrar med å redusere bygningens klimapåvirkning.

Den neste miljøkategorien som bidrar størst etter klimagassutslipp, er overgjødning i hav. Etter overgjødning av hav, er det svevestøv som står for størst påvirkning av de resterende miljøkategoriene. Deretter kommer overgjødning av ferskvann og forsuring. Utslipp av

giftfremkallende stoffer er også betydelig lave. Utslipp av ozonfremkallende stoffer er også lave, og viser seg å være i underkant av 250 gram.

Ydalir skole er et massivtrebygg som ferdigstilles mai 2019. Dette gjør at denne analysen er basert på et realistisk eksempel. Dette styrker resultatet av analysen. Elverum Kommune hadde et ønske å bygge denne skolen i massivtre, og resultatene fra analysen viser av Elverum Kommune gjorde et godt valg når de nå har bygd et nytt og moderne skolebygg som bidrar positivt på miljøet.

Når det blir satt opp et nytt bygg, ser man ofte på de økonomiske kostnadene. Ny forskning viser at bygging i massivtre kan lønne seg økonomisk sett, sammenlignet med andre byggemetoder som man finner på markedet i dag (Langfeldtwessel, 2014). Informasjon om bygget som kommer frem ved gjennomføring av en anbudsrunde skal gjøre det mulig å gjennomføre en livsløpsanalyse. Dette gjør det mulig å se hvem som leverer både det beste økonomiske og miljømessige tilbudet. Derfor er LCA et verktøy som kan brukes mer i planleggingsprosessen til et nybygg. Grunnen til at det ikke er et krav å gjennomføre slike analyser er nok på grunn av at det er kostbart og det krever store ressurser for å gjennomføre en slik analyse av alle komponenter i bygget.

I denne studien ble det kun gjort en analyse av bygget fra «vugge til port». Det vil si utvinning av råmaterialer til materialet ankom byggeplassen. Livsløpsanalysen som er gjennomført fra «vugge til port» består av gode data, og vil gi et godt resultat på de forskjellige miljøkategoriene. En svakhet med analysen er at det ikke er tatt hensyn til armeringen i betongen. Dette gjør at utslipp av de ulike miljøkategoriene ikke stemmer helt. En annen svakhet er at vinduer, dører, elektriske føringer og inventar ikke er tatt med i analysen. Dette gjør at utslippet av de forskjellige miljøkategoriene hadde vært høyere enn hva de er i denne analysen. Siden analysen kun strekker seg fra «vugge til grav», får man ikke et bilde på hvordan utslippet fra de forskjellige miljøkategoriene er gjennom hele livsløpet.

5.2 Transport

I denne studien blir det også sett på hvor stor andel av utslipp av de forskjellige miljøkategoriene som kommer fra transport av de ulike elementene skolen er bygget opp av. Ikke overraskende er det utslipp av klimagasser som gir størst utslag. Hadde det blitt sett bort fra transport i denne studien, hadde utslipp av klimagasser blitt betraktelig mindre. Hele 25,34 %. Dette viser hvor mye utslipp av klimagasser det kommer fra transport, og hvor viktig det er å ta hensyn til dette i bestillinger av byggematerialer. Det er ikke bare på utslipp av klimagasser at det viser stor forskjell på påvirkningen med og uten transport. På de resterende miljøkategoriene minker utslippene med alt fra ca. 5% til ca. 17%.

Følsomhetsanalysen resulterte i en halvering av klimagassutslipp når vi transporterer massivtreet fra Åmot. Hvorfor utslippet ikke reduseres ytterligere grunner i det faktum at massivtreet blir fraktet med tog fra Ybbs til Drammen, deretter med trailere til Elverum. Skulle den første etappen fra Ybbs til Drammen ikke bli gjort med tog, ville vi mest sannsynlig sett en større differanse mellom de to ulike scenarioene. Siden det ble tatt hensyn til karbonlagring i skog, gjør massivtrekonstruksjonen at det blir en positiv miljøgevinst. En del av denne miljøgevinsten faller bort når massivtreelementer blir fraktet helt fra Østerrike.

Fordelene med å produsere massivtreelementer i Norge er mange. Deriblant at strømmen i Norge blir produsert i stor grad av vannkraft. I Østerrike blir det brukt mer kull og olje for produksjon av strøm. Dette gjør ikke bare at klimagassutslippene minker på transportdelen, men det fører også til mindre utslipp på produksjonsdelen i Norge. Det vil også bli billigere å produsere massivtreet i Norge siden strømprisene er betydelig lavere enn i resten av Europa. I følge gjennomsnittlige strømpriser fra 2000 til 2018, er strømprisene i Østerrike 26 % dyrere enn i Norge (Hovland, 2019). Det lønner seg ikke bare miljømessig å flytte produksjonen til Norge, det lønner seg også med tanke på strømutgiftene som går med på produksjon av massivtreelementer. Fabrikken vil også skape nye arbeidsplasser for fabrikkansatte, ingeniører og en hel mengde andre ledd.

6 Konklusjon

Etter at Parisavtalen ble innført i 2015, har det vært et enda større fokus på global oppvarming. Ett av hovedpunktene i denne avtalen er at temperaturen ikke skal øke med mer enn 2 grader før århundret er over. Når byggesektoren står for 40 % av energibruken og klimagassutslippene globalt sett i 2015, har vi et felles ansvar å bidra med mindre utslipp og mer bærekraftigere løsninger. Spørsmålet er hvordan dette kan gjøres på best mulig måte. Generasjonene som kommer etter oss skal få oppleve samme jordklode som den vi har opplevd. Det er derfor viktig å danne seg et korrekt bilde av bygningers klima- og miljøavtrykk. Dette gjør at vi kan finne byggeløsninger som gir minst mulig påvirkning til miljøet rundt oss.

Analysen av transportbidraget i de ulike miljøkategoriene viser at det totale utslippet av klimagasser går i minus. Dette er fordi det blir tatt utgangspunkt i karbonlagring i treverk. Deretter kommer utslippene i kategoriene overgjødning i hav, svevestøv, overgjødning i ferskvann, forsuring, giftfremkallende stoffer og ozonfremkallende stoffer.

Studien har også sett hvor mye transport påvirket utslippet av klimagasser. Totalt sett bidro transport med 25,8 % av klimagassutslippene. Det ble også utført en følsomhetsanalyse for å se hvor mye mindre utslipp det ble dersom massivtreet ble transportert fra Splitcon AS sin nye massivtrefabrikk i Åmot i Buskerud istedenfor fra Ybbs i Østerrike. Analysen resulterte i en halvering av klimagassutslippene ved å transportere fra Åmot, kontra Ybbs.

Det kan derfor konkluderes med at det å bygge i massivtre er en bærekraftig byggeløsning, så fremt vi ser på utslippene relatert fra «vugge til port» (A1-A4), som det må satses mer på i fremtiden. Dette er en byggeløsning som ivaretar miljø og økosystemer på en god måte, og er med på å minske utslippet av klimagasser i forhold til andre byggeløsninger. Utslippet av klimagasser fra transport har et stort potensial til å minske på fremtidige prosjekter med denne byggeløsningen. Bare det å frakte massivtreet fra Splitcon AS sin fabrikk i Åmot er med på å minske utslippet betraktelig.

I denne studien ble det bare gjort en undersøkelse fra systemgrensene A1-A4 (vugge til port). Det anbefales derfor å utføre en livsløpsanalyse for hele livsløpet til bygningen i videre

studier. Dette for å få en helhetlig forståelse for utslippet av de ulike miljøkategoriene gjennom hele livsløpet.

Det kan også anbefales å utføre en kartlegging av kostnader ved å utføre en LCA som en del av prosjekteringen av nybygg. En livsløpsanalyse gir informasjon om potensielle miljøpåvirkninger til et produkt gjennom et livsløp. Dette kan føre til at det blir valgt mer miljøvennlige produkter i et prosjekt. Om det er mulig å utføre en realistisk livsløpsanalyse allerede i planleggingsfasen av et bygg, og om disse vil gi et korrekt resultat er et annet sentralt spørsmål.

Per dags dato blir data fra BIM-modeller satt inn i LCA ved hjelp av manuelt arbeid. En veldig viktig fremtidig oppgave er å automatisere denne prosessen, slik at data fra BIM-modeller blir satt rett inn i en LCA automatisk. I løpet av denne studien har vi brukt mye tid på å gå gjennom hvert element i BIM, for deretter å sette disse inn i en LCA. Dette har vært en svært utfordrende og tidkrevende prosess. Hadde det allerede vært en automatisering mellom BIM og LCA, ville jobben vært mye mindre krevende. Derfor vil vi anbefale å automatisere denne prosessen.

Litteraturliste

- Aarstad, J. og Glasø, G. (2011) *Massivtre* (Hentet: 18.03 2019).
- Allskog (2013a) *Skog og klima*. Tilgjengelig fra: <https://www.allskog.no/skog-og-klima> (Hentet: 05.04 2019).
- Allskog (2013b) *Fakta om karbonlagring i skog*. Tilgjengelig fra: <https://www.allskog.no/fakta-om-karbonlagring-i-skog> (Hentet: 05.04 2019).
- Bygg21 (2018) *Bygg- og eiendomssektorens betydning for klimagassutslipp*. Oslo: Skog21. Tilgjengelig fra: https://www.bygg21.no/contentassets/901dbc37a0c242229f4d8248a12919dc/33019_d elrapport-3b_digitalt.compressed.pdf (Hentet: 13.03.2019).
- Dalen, L. S. (2017) *Nye rekordtall for skogen i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/nyheter/nye-rekordtall-for-skogen-i-norge> (Hentet: 11.05 2019).
- Dragland, Å. (2015) *Bygg står for 40% av verdens utslipp - slik skal det reduseres*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/bygg-star-for-40-av-verdens-utslipp-slik-skal-det-reduseres/223922> (Hentet: 13.03 2019).
- Durlinger, B., Crossin, E. og Wong, J. (2013) *Life Cycle Assessment of a cross laminated timber building*. Masteroppgave, RMIT University. Tilgjengelig fra: https://researchbank.rmit.edu.au/eserv/rmit:38146/n2006040144.pdf?fbclid=IwAR2cq6YNMcMW02sbUxV4mZ1C8s57Nbs_D64podCTFV9JIHeVLoMEcUmJNLg.
- EPD-Norge (u.å.) *Hva er en EPD?* Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/> (Hentet: 04.04.2019 2019).
- EPS-gruppen (2015) *EPS isolasjon (trykkklasse 80)*. Tilgjengelig fra: <https://media.glava.net/mediabank/store/11026/NEPD-322-185-NO-EPS-isolasjon-trykkfasthet-80-rev-June-2015-GK.pdf> (Hentet: 11.05 2019).
- FN (2018) *Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen> (Hentet: 13.03 2019).
- Fuglseth, M. et al. (2018) *Utredning av livsløpsbaserte miljøkrav i TEK*. Sandvika: Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengelig fra: https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/utredning_av_livslopsbaserte_miljokrav_i_tek_asplan_viak_2018.pdf (Hentet: 14.03.2019).
- Glava (2019) *Glava glassull*. Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/isolasjon/glava-glassull-article2023-321.html> (Hentet: 09.04 2019).
- Goedkoop, M. et al. (2016) *Introduction to LCA with SimaPro*. San Francisco: PRè. Tilgjengelig fra: <https://www.pre-sustainability.com/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf> (Hentet: 25.04.2019).
- Grønvold, K. (2019) *Tre som byggemateriale*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/subjects/subject:11/topic:1:183108/topic:1:158644/resource:1:169558> (Hentet: 13.03 2019).
- Gyproc (2017) *Gyproc Normal - Standard Plasterboard*. Tilgjengelig fra: <https://www.gyproc.no/sites/gypsum.nordic.master/files/gyproc-site/document-files/Environmental-NO/NEPD-1260-406-Gyproc-Normal.pdf> (Hentet: 10.04 2019).
- Hoen, H. F. (2009) *Tømmer - felt tre*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/t%C3%B8mmer_-_felt_tre (Hentet: 05.04 2019).
- Langfeldtwessel (2014) *Økonomi vs. bruk av massivtre*. Tilgjengelig fra: <http://www.langfeldtwessel.no/okonomi-vs-bruk-av-massivtre> (Hentet: 14.03 2019).

- Ltd, C. T. S. (2017) *Cross laminated timber panels*. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/137187-1489474635/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1269-410_Cross-laminated-timber-panels.pdf (2019).
- Miljødirektoratet (2017) *Luftforurensning: Svevestøv*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M829/M829.pdf> (Hentet: 25.04 2019).
- Moelven (2019) *Malm100*. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/139808-1548156954/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1691-682_Malm100.pdf (Hentet: 09.04 2019).
- Naturvernforbundet (2018) *Global oppvarming og drivhuseffekten*. Tilgjengelig fra: <https://naturvernforbundet.no/hva-er-global-oppvarming/category1362.html> (Hentet: 12.03 2019).
- Pilkington, C. (2019) *Eutrophication in coastal environments*. Tilgjengelig fra: http://www.coastalwiki.org/wiki/Eutrophication_in_coastal_environments (Hentet: 29.04 2019).
- Rockwool (2013) *Rockwool isolering*. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/139441-1551091696/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-00131E_rev1_ROCKWOOL-isolering_4_1.pdf (Hentet: 09.04 2019).
- Rønning, A., Lyng, K.-A. og Vold, M. (2011) *Kunnskapsplattform for beregning av klimabelastning fra bygg og byggematerialer*. (Litteraturstudie bygg og byggematerialer OR.02.11). Kråkerøy: Østfoldforskning. Tilgjengelig fra: <https://www.ostfoldforskning.no/media/1186/0211.pdf> (Hentet: 04.04.2019).
- Skullestad, J. L. (2016) *Bygging av høyhus i tre som et klimatiltak*. Masteroppgave, Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet. Tilgjengelig fra: https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2407885/14670_FULLTEXT.pdf?sequence=1.
- Standard, N. (2011) NS-EN 15978:2011: Norsk Standard. (Hentet: 03.03.2019).
- Standard Norge (2006) *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer ISO 14044:2006*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=236803> (Hentet: 08.04 2019).
- Strekerud, I. M. (2017) *Forskjeller i miljøpåvirkninger gjennom livsløpet til Ullerud Helsebygg som følge av valg mellom bærende konstruksjon i massivtre eller stål og betong*. Masteroppgave, Norges miljø- og biovitenskaplige universitet. Tilgjengelig fra: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2468074/Strekerud2017.pdf?sequence=1&is>
- Trefokus (u.å.) *Massivtre*. Tilgjengelig fra: <http://www.trefokus.no/treveilederen/temaer/byggesystemer/massivtre> (Hentet: 18.03 2019).
- Wærp, S., Flæte, P. O. og Svanæs, J. (2008) *MIKADO - Miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter over livsløpet*. (B2203904 Prosjektrapport nr. 14). Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Øst, B. (2017) *30702 B30 M60 LKB 22MM. Tilsiktet konsistens 220mm*. (Hentet: 07.05 2019).

Vedlegg

Vedlegg A	Stikkordsliste
Vedlegg B	Simapro
B.1	Limtre
B.2	Stål
B.3	Asfalt
B.4	Grus
B.5	Transportetapper
B.6	Tabell, spesifikke data med og uten transport
B.7	Tabell, spesifikke data fra transport fra Østerrike kontra Åmot
B.8	Figur 1, Bygningselementenes relative bidrag sett over de ulike miljøeffektene, ekskludert klimagassutslipp (svart/hvitt)
Vedlegg C	Datatabeller fra BIM
C.1	Innervegger
C.2	Yttervegger
C.3	Tak
C.4	Plater
C.5	Søyler
C.6	Bjelker
C.7	Skjermdump av ARK-Model i Solibri

Vedlegg A

Stikkordsliste

Begrep	Forklaring
Massivtre	Sikter til en bærekonstruksjon bestående av elementer i massivtre.
Klimagass	Sikter til klimagassene karbondioksid (CO ₂), metan (CH ₄) og nitrogendioksid (NO ₂).
Bærekonstruksjon	Bærekonstruksjonen er et bæresystem som gjør at bygningen står oppreist.
Parisavtalen	En klimaavtale som ble vedtatt i 2015. Avtalen skal sørge for at verdens land skal begrense klimaendringene.
Prefabrikkerte løsninger	Større eller mindre bygningsdeler som blir fremstilt på fabrikk.
LCA	LCA er en forkortelse for «Life-cycle assessment». På norsk blir det ofte kalt for en «livsløpsanalyse». Et verktøy for å analysere og kartlegge energi- og materialstrømmer.
EPD	Forkortelse for Environmental Product Declaration. Et kortfattet dokument som oppsummerer miljøprofilen til ett komponent.
ISO	Forkortelse for International Organization Standardization, og dette er en internasjonal standardiseringsorganisasjon. Gir ut standarder innenfor en rekke områder.
Karbonlagring i skog	Skogen binder CO ₂ fra lufta gjennom fotosyntesen og lagrer det i biomassen i levende trær.

SimaPro	Dataprogram som brukes til utførelse av en LCA.
Solibri Model Checker	Dette er et verktøy som brukes innenfor BIM. Verktøyet analyserer, visualiserer, kvalitetsikrer og kommuniserer BIM.
BIM	Forkortelse for Building Information Modeling. Begrep som benyttes om prosjektering hvor det brukes digitale 3D-modeller til å få en større forståelse av tegningene.
Excel	Et dataprogram som er basert på regneark der man kan utføre beregninger.
RIB	Sikter til bæresystemet i et bygg.
TEK 17	Veiledning om tekniske krav til byggverk

Vedlegg B

B.1

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment	
Glued laminated timber, for indoor use (GLO) market for Cut-off, U	1	m ³	Volume	100 %		Wood(Products)/Market	Production Volume Amount: 2744000	
Outputs to technosphere: Avoided products								
Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment		
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Inputs from technosphere: materials/fuels								
Glued laminated timber, for indoor use (CA-QC) production Cut-off, U		0,0033441098834	m ³	Undefined				Production Volume Amount: 9176.23752012984
Glued laminated timber, for indoor use (RER) production Cut-off, U		0,6705539358600	m ³	Undefined				Production Volume Amount: 1840000
Glued laminated timber, for indoor use (RoW) production Cut-off, U		0,3261019542565	m ³	Undefined				Production Volume Amount: 894823.76247987

B.2

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment	
Steel, low-alloyed (GLO) market for Cut-off, U		kg	Mass	100 %	Steel	Metals(Ferro)/Market	Production Volume Amount: 1021352600000	
Outputs to technosphere: Avoided products								
Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment		
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Inputs from technosphere: materials/fuels								
Steel, low-alloyed (CA-QC) steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U		0,0023596160620	kg	Undefined				Production Volume Amount: 2410000000
Steel, low-alloyed (RER) steel production, converter, low-alloyed Cut-off, U		0,0881048670165	kg	Undefined				Production Volume Amount: 89986135000
Steel, low-alloyed (RER) steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U		0,1148321745105	kg	Undefined				Production Volume Amount: 117284140000
Steel, low-alloyed (RoW) steel production, converter, low-alloyed Cut-off, U		0,4790378611656	kg	Undefined				Production Volume Amount: 489266565000
Steel, low-alloyed (RoW) steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U		0,3156654812451	kg	Undefined				Production Volume Amount: 322405760000

B.3

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment	
Mastic asphalt (GLO) market for Cut-off, U		kg	Mass	100 %	not defined	Construction Ot... Market	Production Volume Amount: 4	
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Mastic asphalt (CH) production Cut-off, U	0,0084168855596	kg	Undefined				Production Volume Amount: 0.033667542238713	
Mastic asphalt (RoW) production Cut-off, U	0,9915831144403	kg	Undefined				Production Volume Amount: 3.96633245776129	
Transport, freight train (GLO) market group for Cut-off, U	0,0136	tkm	Lognormal	1,9993			(1,1,5,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007. US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics.	
Transport, freight, inland waterways, barge (GLO) market for Cut-off, U	0,001	tkm	Lognormal	1,9993			(1,1,5,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007. US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics.	
Transport, freight, light commercial vehicle (GLO) market for Cut-off, U	0,0018	tkm	Lognormal	1,9993			(1,1,5,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007. US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics. Of the total road transport, 6% is assumed to be by delivery van for goods with a large share of retail sale, and 3% for goods that are mainly sold via wholesale.	
Transport, freight, lorry, unspecified (GLO) market for Cut-off, U	0,0583	tkm	Lognormal	1,9993			(1,1,5,5,4,na) Transport distance based on US BTS Commodity Flow Surveys 1993, 1997, 2002, 2007. US Dep. Of Transportation, Bureau of Transportation Statistics. Of the total road transport, 6% is assumed to be by delivery van for goods with a large share of retail sale, and 3% for goods that are mainly sold via wholesale.	

B.4

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment	
Gravel, crushed (RoW) market for gravel, crushed Cut-off, U	1	kg	Mass	100 %	not defined	Minerals Market	Production Volume Amount: 4306093247588,42	
Add								
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Gravel, crushed (RoW) production Cut-off, U	0,0044583335511	kg	Undefined				Production Volume Amount: 19198000000	
Gravel, crushed (RoW) production Cut-off, U	0,9955416664488	kg	Undefined					

B.5

Tog	Km	Lastebil	Km
Ybbs – Passau	181	Drammen – Elverum (massivtre)	183
Passau – Nuremberg	200	Askim – Elverum (Isolasjon)	190
Nuremberg – Rostock	521	Fredrikstad – Elverum (Gips)	227
Rostock - Malmö	178	Moelv – Elverum (Trespiler)	58
Malmö – Drammen	489	Alvdal – Elverum (Kledning, malmfuru)	165
		Hamar – Elverum (Betong)	30

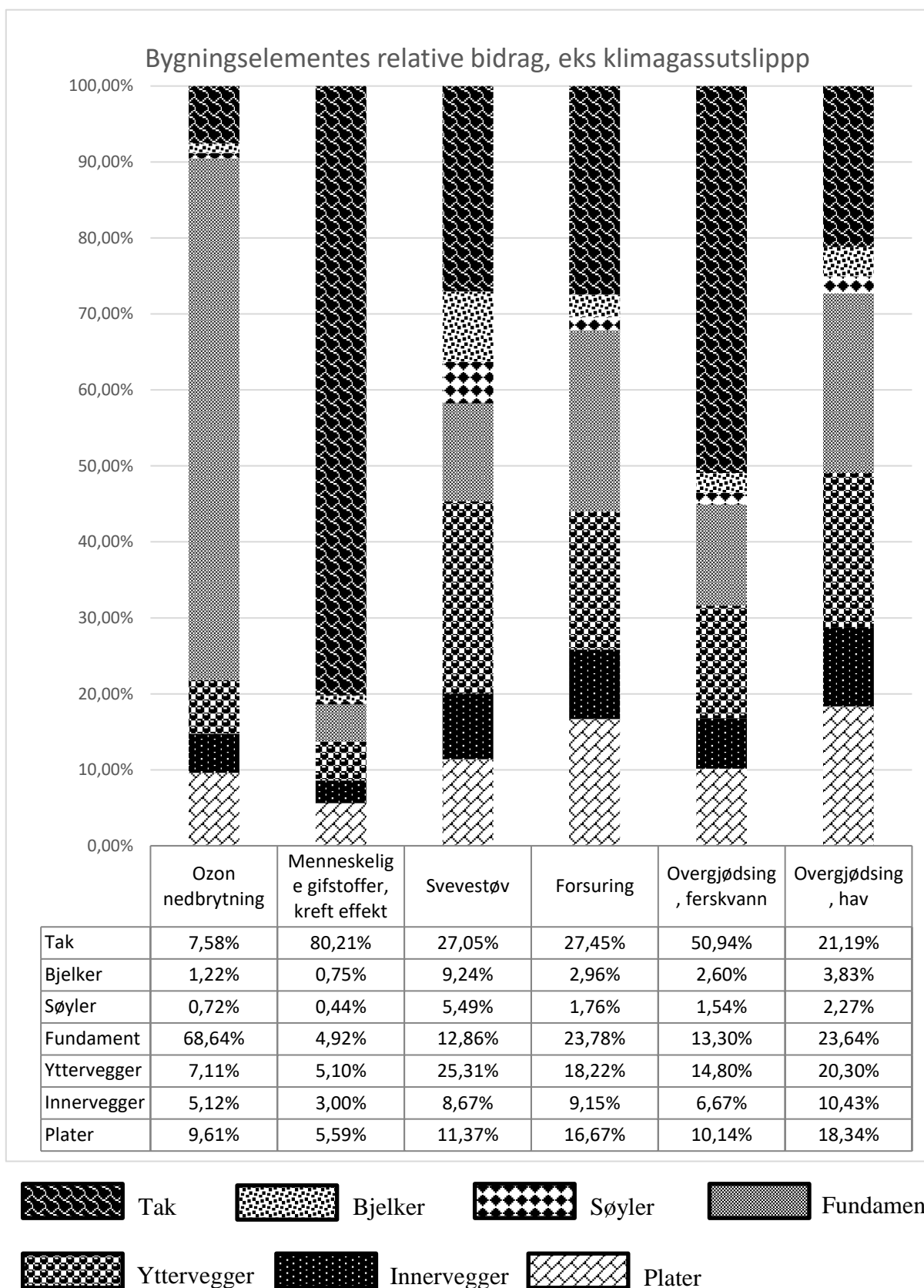
B.6

Impact category	Enhet	Spesefikk m. transport	Spesefikk u. transport
Global oppvarming	kg CO ₂ eq	-542101,0121	-726066,4748
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,247521394	0,217517256
Menneskelige giftstoffer, kreft effekt	CTUh	0,268018757	0,254519979
Svevestøv	kg PM2.5 eq	1061,848476	993,0137252
Forsuring	molc H ⁺ eq	6589,01947	5661,29755
Overgjødsling, ferskvann	kg P eq	395,2827789	347,3721689
Overgjødsling, hav	kg N eq	1455,787772	1211,841517

B.7

Miljøkategori	Enhet	Spesifikk fra Østerrike	Spesifikk fra Åmot
Global oppvarming	kg CO ₂ eq	-542101,0121	-627597,6643
Ozon nedbrytning	kg CFC-11 eq	0,247521394	0,236212105
Menneskelige giftstoffer - krefteffekt	CTUh	0,268018757	0,258708504
Svevestøv	kg PM2.5 eq	1061,848476	1045,045542
Forsuring	molc H ⁺ eq	6589,01947	6010,797844
Overgjødsling, ferskvann	kg P eq	395,2827789	359,8855066
Overgjødsling, hav	kg N eq	1455,787772	1284,607823

B.8



Vedlegg C

C.1

Innervegger/Internal walls							
Type	Oppbygning	Tykkelse [mm]	%	KVM [m ²]	Totalt volum [m ³]	Volum per FU	Density
IV001	MT	100	45,05 %	813,97	178,46	0,10	39,3
	Luftsjikt	20	9,01 %			0,02	0
	Isolert stender	70	31,53 %			0,07	1,225
	Gips	13	5,86 %			0,01	0,117
	Tre	19	8,56 %			0,02	7,448
Total		222	100,00 %				48,09
IV002	MT	100	46,30 %	452,33	96,11	0,10	39,3
	Luftsjikt	20	9,26 %			0,02	0
	Isolert stender	70	32,41 %			0,07	1,225
	Gips	26	12,04 %			0,03	0,234
Total		216	100,00 %				40,759
IV003	MT	100	40,65 %	57,69	14,2	0,1	39,3
	Luftsjikt	20	8,13 %			0,02	0
	Isolert stender	100	40,65 %			0,1	1,75
	Gips	26	10,57 %			0,026	0,234
Total		246	100,00 %				41,284
IV004	MT	100	33,22 %	221,52	65,79	0,1	39,3
	Luftsjikt	20	6,64 %			0,02	0
	Isolert stender	110	36,54 %			0,11	1,925
	Gips	26	8,64 %			0,026	0,234
	Akustisk duk	0	0,00 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	14,95 %			0,045	17,64
Total		301	100,00 %				59,099
IV005	MT	100	100,00 %	500,28	49,38	0,1	39,3

Total		100	100,00 %				39,3
IV006	MT	100	39,68 %	89,06	21,25	0,1	39,3
	Luftsjikt	20	7,94 %			0,02	0
	Isolert stender	100	39,68 %			0,1	1,75
	Gips	13	5,16 %			0,013	0,117
	Tre	19	7,54 %			0,019	7,448
Total		252	100,00 %				48,615
IV007	MT	100	42,55 %	59,09	13,59	0,1	39,3
	Luftsjikt	20	8,51 %			0,02	0
	Isolert stender	70	29,79 %			0,07	1,225
	Gips	26	11,06 %			0,026	0,234
	Tre	19	8,09 %			0,019	7,448
Total		235	100,00 %				48,207
IV008	MT	100	54,05 %			0,1	39,3
	Isolasjon	40	21,62 %			0,04	0,7
	Akustisk duk	0	0,00 %			0	0
	Trespiler	45	24,32 %			0,045	17,64
Total		185	100,00 %				57,64
IV009	MT	100	38,61 %	20,83	5,39	0,1	39,3
	Luftsjikt	20	7,72 %			0,02	0
	Isolert stender	100	38,61 %			0,1	1,75
	Gips	39	15,06 %			0,039	0,351
Total		259	100,00 %				41,401
IV010	MT	100	43,67 %	76,51	17,02	0,1	39,3
	Luftsjikt	20	8,73 %			0,02	0
	Isolert stender	70	30,57 %			0,07	1,225
	Gips	39	17,03 %			0,039	0,351
Total		229	100,00 %				40,876
IV011	MT	100	88,50 %	145,05	15,97	0,1	39,3
	Gips	13	11,50 %			0,013	0,117
Total		113	100,00 %				39,417

IV012	MT	100	36,23 %	26,44	7,15	0,1	39,3
	Isolasjon	52	18,84 %			0,052	0,91
	Isolert stender	98	35,51 %			0,098	1,715
	Gips	26	9,42 %			0,026	0,234
Total		276	100,00 %				42,159
IV013	MT	100	46,30 %	52,51	11,42	0,1	39,3
	Luftsjikt	20	9,26 %			0,02	0
	Isolasjon	70	32,41 %			0,07	1,225
	Gips	26	12,04 %			0,026	0,234
Total		216	100,00 %				40,759
IV014	MT	100	31,85 %				
	Luftsjikt	20	6,37 %				
	Isolert stender	70	22,29 %				
	Isolasjon	40	12,74 %				
	Gips	39	12,42 %				
	Akustisk duk	0	0,00 %				
	Trespiler (21x45)	45	14,33 %				
Total		314	100,00 %				
IV015	MT	100	33,22 %	12,87	3,7	0,1	39,3
	Luftsjikt	20	6,64 %			0,02	0
	Isolert stender	70	23,26 %			0,07	1,225
	Isolasjon	40	13,29 %			0,04	0,7
	Gips	26	8,64 %			0,026	0,234
	Akustisk duk	0	0,00 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	14,95 %			0,045	17,64
Total		301	100,00 %				59,099
IV016	MT	100	51 %	25,85	5,1	0,1	39,3
	Isolasjon	40	20 %			0,04	0,7
	Gips	13	7 %			0,013	0,117
	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	23 %			0,045	17,64

Total		198	100 %				57,757
IV017	MT	100				0,1	
	Isolert stender	100				0,1	
	Isolasjon	40				0,04	
	Gips	26				0,026	
	Akustisk duk	0				0	
	Trespiler (21x45)	45				0,045	
Total		311					
IV018	MT	100	31 %			0,1	39,3
	Luftsjikt	20	6 %			0,02	0
	Isolert stender	100	31 %			0,1	1,75
	Isolasjon	40	12 %	12,32	3,99	0,04	0,7
	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	14 %			0,045	17,64
	Tre	19	6 %			0,019	7,448
Total		324	100 %				66,838
IV019	MT	100	34 %			0,1	39,3
	Luftsjikt	20	7 %			0,02	0
	Isolert stender	70	24 %			0,07	1,225
	Isolasjon	40	14 %	12,77	3,71	0,04	0,7
	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	15 %			0,045	17,64
	Tre	19	6 %			0,019	7,448
Total		294	100 %				66,313
IV101	MT	120	50 %			0,12	47,16
	Luftsjikt	20	8 %			0,02	0
	Isolert stender	70	29 %	196,12	47,01	0,07	1,225
	Gips	13	5 %			0,013	0,117
	Tre	19	8 %			0,019	7,448
Total		242	100 %				55,95
IV102	MT	120	45 %	6,99	1,86	0,12	47,16

	Luftsjikt	20	8 %			0,02	0
	Isolert stender	100	38 %			0,1	1,75
	Gips	26	10 %			0,026	0,234
Total		266	100 %				49,144
IV103	MT	120	51 %	162,55	37,92	0,12	47,16
	Luftsjikt	20	8 %			0,02	0
	Isolert stender	70	30 %			0,07	1,225
	Gips	26	11 %			0,026	0,234
Total		236	100 %				48,619
IV104	MT	120	44 %	34,82	9,32	0,12	47,16
	Luftsjikt	20	7 %			0,02	0
	Isolert stender	100	37 %			0,1	1,75
	Gips	13	5 %			0,013	0,117
	Tre	19	7 %			0,019	7,448
Total		272	100 %				56,475
IV105	MT	120	100 %	168,79	20,02	0,12	47,16
Total		120	100 %				47,16
IV106	MT	120	47 %	44,38	10,82	0,12	47,16
	Luftsjikt	20	8 %			0,02	0
	Isolert stender	70	27 %			0,07	1,225
	Gips	26	10 %			0,026	0,234
	Tre	19	7 %			0,019	7,448
Total		255	100 %				56,067
IV107	MT	120	90 %	62,94	8,16	0,12	47,16
	Gips	13	10 %			0,013	0,117
Total		133	100 %				47,277
IV108	MT	120	36 %	13,36	4,24	0,12	47,16
	Luftsjikt	20	6 %			0,02	0
	Isolert stender	70	21 %			0,07	1,225
	Isolasjon	40	12 %			0,04	0,7
	Gips	39	12 %			0,039	0,351

	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	13 %			0,045	17,64
Total		334	100 %				67,076
IV109	MT	120	37 %	39,10	12,27	0,12	47,16
	Luftsjikt	20	6 %			0,02	0
	Isolert stender	70	22 %			0,07	1,225
	Isolasjon	40	12 %			0,04	0,7
	Gips	26	8 %			0,026	0,234
	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	14 %			0,045	17,64
Total		321	100 %				66,959
IV110	MT	120	41 %	49,67	14,48	0,12	47,16
	Isolert stender	98	33 %			0,098	1,715
	Isolasjon	52	18 %			0,052	0,91
	Gips	26	9 %			0,026	0,234
Total		296	100 %				50,019
IV111	MT	120	37 %	3,44	1,1	0,12	47,16
	Luftsjikt	20	6 %			0,02	0
	Isolert stender	70	22 %			0,07	1,225
	Isolasjon	40	12 %			0,04	0,7
	Gips	26	8 %			0,026	0,234
	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	14 %			0,045	17,64
Total		321	100 %				66,959
IV112	MT	120	34 %	10,69	3,53	0,12	47,16
	Luftsjikt	20	6 %			0,02	0
	Isolert stender	100	28 %			0,1	1,75
	Isolasjon	40	11 %			0,04	0,7
	Gips	26	7 %			0,026	0,234
	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	13 %			0,045	17,64
Total		351	100 %				67,484

IV113	MT	120	37 %	7,89	2,51	0,12	47,16
	Luftsjikt	20	6 %			0,02	0
	Isolert stender	70	21 %			0,07	1,225
	Isolasjon	40	12 %			0,04	0,7
	Gips	13	4 %			0,013	0,117
	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	14 %			0,045	17,64
	Tre	19	6 %			0,019	7,448
Total		327	100 %				74,29
IV115	MT	120	48,19 %	7,46	1,86	0,12	47,16
	Luftsjikt	20	8,03 %			0,02	0
	Isolert stender	70	28,11 %			0,07	1,225
	Gips	39	15,66 %			0,039	0,351
Total		249	100,00 %				48,736
IV116	MT	120	32,26 %	74,90	27,86	0,12	47,16
	Luftsjikt	150	40,32 %			0,15	0
	Isolert stender	70	18,82 %			0,07	1,225
	Gips	13	3,49 %			0,013	0,117
	Tre	19	5,11 %			0,019	7,448
Total		372	100,00 %				55,95
IV117	MT	120	32,61 %	59,98	22,07	0,12	47,16
	Luftsjikt	150	40,76 %			0,15	0
	Isolert stender	70	19,02 %			0,07	1,225
	Gips	26	7,07 %			0,026	0,234
	Banebelegg	2	0,54 %			0,002	0
Total		368	100,00 %				48,619
IV118	MT	120	23,48 %	78,01	38,44	0,12	47,16
	Luftsjikt	210	41,10 %			0,21	0
	Isolert stender	70	13,70 %			0,07	1,225
	Gips	26	5,09 %			0,026	0,234

	Isolasjon	40	7,83 %			0,04	0,7
	Akustisk duk	0	0,00 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	8,81 %			0,045	17,64
Total		511	100,00 %				66,959
IV119	MT	119	56,94 %			0,119	46,767
	Luftsjikt	20	9,57 %			0,02	0
	Isolert stender	70	33,49 %			0,07	1,225
Total		209	100,00 %				47,992
IV120	MT	119	49,79 %			0,119	46,767
	Luftsjikt	20	8,37 %			0,02	0
	Isolert stender	100	41,84 %			0,1	1,75
Total		239	100,00 %				48,517
IV201	MT	140	100,00 %	389,67	54,14	0,14	55,02
Total		140	100,00 %				55,02
IV202	MT	140	53,44 %	310,06	80,97	0,14	55,02
	Luftsjikt	20	7,63 %			0,02	0
	Isolert stender	70	26,72 %			0,07	1,225
	Gips	13	4,96 %			0,013	0,117
	Tre	19	7,25 %			0,019	7,448
Total		262	100,00 %				63,81
IV203	MT	140	47,95 %	19,02	5,28	0,14	55,02
	Luftsjikt	20	6,85 %			0,02	0
	Isolert stender	100	34,25 %			0,1	1,75
	Gips	13	4,45 %			0,013	0,117
	Tre	19	6,51 %			0,019	7,448
Total		292	100,00 %				56,887
IV204	MT	140	91,50 %	74,35	10,93	0,14	55,02
	Gips	13	8,50 %			0,013	0,117
Total		153	100,00 %				55,137
IV205	MT	140	84,34 %	8,39	1,39	0,14	55,02

	Gips	26	15,66 %			0,026	0,234
Total		166	100,00 %				55,254
IV206	MT	140	62,22 %	6,80	1,53	0,14	55,02
	Isolasjon	40	17,78 %			0,04	0,7
	Akustisk duk	0	0,00 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	20,00 %			0,045	17,64
Total		225	100,00 %				73,36
IV207	MT	140	58,82 %			0,14	55,02
	Isolasjon	40	16,81 %			0,04	0,7
	Gips	13	5,46 %			0,013	0,117
	Akustisk duk	0	0,00 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	18,91 %			0,045	17,64
Total		238	100,00 %				73,477
IV208	MT	160	65,31 %	54,92	13,38	0,16	62,88
	Isolasjon	40	16,33 %			0,04	0,7
	Akustisk duk	0	0,00 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	18,37 %			0,045	17,64
Total		245	100,00 %				81,22
IV209	MT	140	37,74 %			0,14	55,02
	Luftsjikt	20	5,39 %			0,02	0
	Isolert stender	100	26,95 %			0,1	1,75
	Isolasjon	40	10,78 %			0,04	0,7
	Gips	26	7,01 %			0,026	0,234
	Akustisk duk	0	0,00 %			0	0
	Trespiler (21x45)	45	12,13 %			0,045	17,64
Total		371	100,00 %				75,344
IV210	MT	160	92,49 %	10,25	1,74	0,16	62,88
	Gips	13	7,51 %			0,013	0,117
Total		173	100,00 %				62,997
IV211	MT	200	100,00 %	27,74	5,46	0,2	78,6
Total		200	100,00 %				78,6

IV212	MT	140	100,00 %	6,34	0,89	0,14	
Total		140	100,00 %				
IV213	MT	140	54,69 %	29,23	7,48	0,14	55,02
	Luftsjikt	20	7,81 %			0,02	0
	Isolert stender	70	27,34 %			0,07	1,225
	Gips	26	10,16 %			0,026	0,234
Total		256	100,00 %				56,479
IV214	MT	160	100,00 %	107,50	17,07	0,16	62,88
Total		160	100,00 %				62,88
IV301	Gips	52	34,67 %	77,97	11,64	0,052	0,468
	Isolert lydstender	98	65,33 %			0,098	0
Total		150	100,00 %				
IV302	Gips	52	40,63 %	88,97	11,12	0,052	0,468
	Isolert lydstender	76	59,38 %			0,076	0
Total		128	100,00 %				0,468
IV303	Isolert stender	48	71,64 %	69,30	4,14	0,048	0,84
	Tre	19	28,36 %			0,019	7,467
Total		67	100,00 %				8,307
IV304	Isolert stender	48	78,69 %			0,048	
	Gips	13	21,31 %			0,013	
Total		61	100,00 %				
IV305	Banebelegg	2	1,54 %	22,08	2,87	0,002	0
	Gips	52	40,00 %			0,052	0,468
	Isolert lydstender	76	58,46 %			0,076	0
Total		130	100,00 %				0,468
IV306	Isolert stender	76	56,72 %	143,16	18,64	0,076	1,33
	Gips	39	29,10 %			0,039	0,351

	Tre	19	14,18 %			0,019	7,467
Total		134	100,00 %				9,148
IV307	Banebelegg	2	1,32 %	57,49	8,66	0,002	0
	Gips	52	34,21 %			0,052	0,468
	Isolert lydstender	98	64,47 %			0,098	0
Total		152	100,00 %				0,468
IV308	Banebelegg	2	1,47 %	126,22	16,99	0,002	0
	Gips	39	28,68 %			0,039	0,351
	Isolert lydstender	76	55,88 %			0,076	0
	Tre	19	13,97 %			0,019	7,467
Total		136	100,00 %				7,818
IV309	Banebelegg	4	2,60 %	24,80	3,78	0,004	0
	Gips	52	33,77 %			0,052	0,468
	Isolert lydstender	98	63,64 %			0,098	0
Total		154	100,00 %				0,468
IV310	Isolert stender	98	88,29 %				
	Perforert gips	13	11,71 %				
Total		111	100,00 %				
IV311	Isolasjon	52	29,55 %				
	Isolert stender	98	55,68 %				
	Gips	26	14,77 %				
Total		176	100,00 %				
IV312	Isolert stender	76	54,29 %	127,07	17,54	0,076	1,33
	Gips	26	18,57 %			0,026	0,234
	Tre	38	27,14 %			0,038	14,934
Total		140	100,00 %				16,498
IV313	Isolert stender	173	76,89 %	5,74	1,29	0,173	3,0275
	Gips	52	23,11 %			0,052	0,468
Total		225	100,00 %				3,4955

IV314	Isolert stender	123	70,29 %	2,00	0,34	0,123	2,1525
	Gips	52	29,71 %			0,052	0,468
Totalt		175	100,00 %				2,6205
IV401	Betong	200	93,46 %	10,89	2,34	0,2	490
	Gips	12	5,61 %			0,012	0,108
	Banebelegg	2	0,93 %			0,002	0
Total		214	100,00 %				490,108
IV402	Betong	200	68,49 %	8,77	2,56	0,2	490
	Luftsjikt	12	4,11 %			0,012	0
	Isolert stender	61	20,89 %			0,061	1,0675
	Tre	19	6,51 %			0,019	7,467
Total		292	100,00 %				498,5345

C.2

Yttervegger/External walls							
Type	Oppbygning	Tykkelse [mm]	%	KVM [m ²]	Totalt volum [m ³]	Volum per FU	Density [kg/m ³]
YV001	MT	100	25 %	510,65	193,5	0,1	39,3
	Isolert stender	250	62 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Utlekting	23	6 %			0,023	0
	Kledning	19	5 %			0,019	9,5
Total		401	100 %				53,2398
YV002	Gips	13	3 %	144,31	55,44	0,013	0,117
	MT	100	24 %			0,1	39,3
	Isolert stender	250	60 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Utlekting	23	6 %			0,023	0
	Kledning	19	5 %			0,019	9,5
Total		414	100 %				53,3568
YV003	Kledning	38	7 %	40,15	20,71	0,038	19
	Utlekting	46	8 %			0,046	0

	Vindsperre	18	3 %			0,018	0,1296
	Isolasjon	100	18 %			0,1	1,75
	MT	100	18 %			0,1	39,3
	Isolert stender	250	45 %			0,25	4,375
Total		552	100 %				64,5546
YV004	MT	100	20 %	75,23	36,83	0,1	39,3
	Isolert stender	250	50 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Utlekting	121	24 %			0,121	0
	Kledning	19	4 %			0,019	9,5
Total		499	100 %				53,2398
YV005	MT	100	69 %	59,71	10,52	0,1	39,3
	Vindsperre	2	1 %			0,002	0,0144
	Utlekting	23	16 %			0,023	0
	Kledning	19	13 %			0,019	9,5
Total		144	100 %				48,8144
YV101	MT	120	29 %	1120,23	459,3	0,12	47,16
	Isolert stender	250	59 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Utlekting	23	5 %			0,023	0
	Kledning	19	5 %			0,019	9,5
Total		421	100 %				61,0998
YV102	Gips	13	3 %	31,08	12,37	0,013	0,117
	MT	120	28 %			0,12	47,16
	Isolert stender	250	58 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0
	Utlekting	23	5 %			0,023	0,1656
	Kledning	19	4 %			0,019	9,5
Total		434	100 %				61,3176
YV103	MT	139	26 %				
	Gips	13	2 %				
	Isolert stender	320	59 %				
	Luftsjikt	20	4 %				
	Vindsperre	9	2 %				
	Utlekting	23	4 %				
	Kledning	19	3 %				
Total		543	100 %				
YV104	MT	120	73 %	25,00	3,91	0,12	47,16

	Vindsperre	2	1 %			0,002	0,0144
	Utlekting	23	14 %			0,023	0
	Kledning	19	12 %			0,019	9,5
Total		164	100 %				56,6744
YV105	MT	120	26 %	76,53	34,31	0,12	47,16
	Isolert stender	250	55 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Lufting	23	5 %			0,023	0
	Utlekting	36	8 %			0,036	0
	Kledning	19	4 %			0,019	9,5
Total		457	100 %				61,0998
YV106	MT	120	24 %	35,66	16,88	0,12	47,16
	Isolert stender	250	49 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Lufting	23	5 %			0,023	0
	Utlekting	89	17 %			0,089	0
	Kledning	19	4 %			0,019	9,5
Total		510	100 %				61,0998
YV107	MT	120	23 %	11,22	5,86	0,12	47,16
	Isolert stender	300	57 %			0,3	5,25
	Vindsperre	18	3 %			0,018	0,1296
	Utlekting	46	9 %			0,046	0
	Kledning	38	7 %			0,038	19
Total		522	100 %				71,5396
YV201	MT	140	32 %	1061,23	453,9	0,14	55,02
	Isolert stender	250	57 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Utlekting	23	5 %			0,023	0
	Kledning	19	4 %			0,019	9,5
Total		441	100 %				68,9598
YV202	Gips	26	4 %	29,12	17,94	0,026	0,234
	Frittstående stender	98	16 %			0,098	0
	Luftrom	52	8 %			0,052	0
	MT	140	23 %			0,14	55,02
	Isolert stender	250	41 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	1 %			0,009	0,0648
	Utlekting	23	4 %			0,023	0
	Kledning	19	3 %			0,019	9,5
Total		617	100 %				69,1938

YV203	Gips	13	3 %	7,68	3,11	0,013	0,117
	MT	140	31 %			0,14	55,02
	Isolert stender	250	55 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Utlekting	23	5 %			0,023	0
	Kledning	19	4 %			0,019	9,5
Total		454	100 %				69,0768
YV204	Kledning	38	6 %	8,31	4,08	0,038	19
	Utlekting	46	8 %			0,046	0
	Vindsperre	18	3 %			0,018	0,1296
	Isolasjon	100	17 %			0,1	1,75
	MT	140	24 %			0,14	55,02
	Isolert stender	250	42 %			0,25	4,375
Total		592	100 %				80,2746
YV205	Gips	13	2 %	44,82	24,98	0,013	0,117
	Luftsjikt	20	4 %			0,02	0
	MT	140	25 %			0,14	55,02
	Isolert stender	320	57 %			0,32	5,6
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Utlekting	23	4 %			0,023	0
	Kledning	38	7 %			0,038	19
Total		563	100 %				79,8018
YV301	MT	160	35 %	8,01	3,54	0,16	62,88
	Isolert stender	250	54 %			0,25	4,375
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Utlekting	23	5 %			0,023	0
	Kledning	19	4 %			0,019	9,5
Total		461	100 %				76,8198
YV302	Trespiler (21x45)	45	8 %				
	Akustisk duk	0	0 %				
	Isolasjon	40	7 %				
	MT	160	29 %				
	Isolert stender	250	46 %				
	Vindsperre	9	2 %				
	Utlekting	23	4 %				
	Kledning	19	3 %				
Total		546	100 %				
YV801	Gips	13	4 %	64,18	22,88	0,013	0,117

	Isolert stender	300	82 %			0,3	5,25
	Vindsperre	9	2 %			0,009	0,0648
	Utlekting	23	6 %			0,023	0
	Kledning	19	5 %			0,019	9,5
Total		364	100 %				14,9318
YV802	Kledning	38	11 %				
	Utlekting	46	13 %				
	Vindsperre	18	5 %				
	Uisolert stender	250	71 %				
Total		352	100 %				
YV803	Kledning	38	6 %				
	Utlekting	46	8 %				
	Vindsperre	18	3 %		2,5		
	Uisolert stender	489	83 %				
Total		591	100 %				
YV901	Betong	250	56 %	477,22	211,95	0,25	612,5
	Isolasjon	200	44 %			0,2	3,5
Total		450	100 %				616
YV902	Trespiler	45	8 %	67,86	35,8	0,045	17,64
	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Isolasjon	240	45 %			0,24	4,2
	Betong	250	47 %			0,25	612,5
Total		535	100 %				634,34
YV903	Trespiler	45	7 %	54,00	33,33	0,045	17,64
	Akustisk duk	0	0 %			0	0
	Isolasjon	240	38 %			0,24	4,2
	Betong	350	55 %			0,35	857,5
Total		635	100 %				879,34

C.3

Tak/Roof						
Navn	Oppbygning	Tykkelse [mm]	%	KVM [m ²]	Totalt Volum [m ³]	Volum per FU
Dekke over garderobe 770	Asfalt	40	5 %	296,25	225,86	0,04
	Grus	150	19 %			0,15
	Membran	5	1 %			0,005
	Isolasjon - Trykkfast	250	32 %			0,25
	Membran	5	1 %			0,005
	Betong	320	42 %			0,32
Total		770	100 %			
Himling korridor						
Treull 25 + 45 min.ull 70	Isolasjon	45	64 %	430,04	30,01	0,045
	Isolasjon - Trykkfast	25	36 %			0,025
Total		70	100 %			0,07
Isolasjon - Myk						
Isolasjon - Myk	Isolasjon - myk	79	100 %	66,37	5,26	0,079
Total		79	100 %			
Tak 1_770						
Tak 1_770	Taktekking	5	1 %	80,37	62	0,005
	isolasjon - Trykkfast	525	68 %			0,525
	MT	240	31 %			0,24
Total		770	100 %			
Tak_1_160 MT 690						
Tak_1_160 MT 690	Taktekking	5	1 %	80,7	55,68	0,005
	isolasjon - Trykkfast	525	76 %			0,525
	MT	160	23 %			0,16
Total		690	100 %			
Tak_1_180 MT 710						
Tak_1_180 MT 710	Taktekking	5	1 %	65,77	45,69	0,005
	isolasjon - Trykkfast	525	74 %			0,525
	MT	180	25 %			0,18
Total		710	100 %			
	Taktekking	5	1 %	112,52	86,64	0,005

Tak_2_240 MT 770	isolasjon - Trykkfast	525	68 %			0,525
	MT	240	31 %			0,24
Total		770	100 %			
Tak_3 500	Isolasjon - Trykkfast	350	70 %	19,24	9,56	0,35
	MT	150	30 %			0,15
Total		500	100 %			0,5
Tak_3_220 MT 750	Taktekking	5	1 %	202,49	149,67	0,005
	isolasjon - Trykkfast	525	70 %			0,525
	MT	220	29 %			0,22
Total		750	100 %			
Tak_4_120 MT SLØYD 830	Utvendig kledning - Stående	44	5 %	150,9	124,94	
	Lufting	182	22 %			
	Taktekking	2	0 %			
	Finer	30	4 %			
	Membran	2	0 %			
	isolasjon - Myk	450	54 %			
	MT	120	14 %			
Total		830	100 %			
Tak_4_120 MT SLØYD uten kledning 585	Finer	15	3 %	11,67	6,83	
	isolasjon	450	77 %			
	MT	120	21 %			
Total		585	100 %			
Tak_4_120 MT uisolert med kledning 219	Utvendig kledning - Stående	38	17 %	30,3	6,63	
	Lufting	59	27 %			
	Taktekking	2	1 %			
	MT	120	55 %			
Total		219	100 %			
Tak_4_120 MT uisolert uten kledning 172	Taktekking	2	1 %	20,75	3,57	
	Finer	12	7 %			
	Lufting	36	21 %			
	Membran	2	1 %			

	MT	120	70 %			
Total		172	100 %			
Tak_4_140 MT uisolert med kledning 239	Utvendig kledning - Stående	38	16 %	100,5	24,09	
	Lufting	59	25 %			
	Taktekking	2	1 %			
	MT	140	59 %			
Total		239	100 %			
Tak_4_160 MT SLØYD uisolert 405	Utvendig kledning - Stående	44	11 %	110,86	44,9	
	Lufting	182	45 %			
	Taktekking	2	0 %			
	Finer	15	4 %			
	Membran	2	0 %			
	MT	160	40 %			
Total		405	100 %			
Tak_4_160 MT SLØYD uisolert KUN takpapp 242	Taktekking	4	2 %	23,22	5,62	
	Finer	15	6 %			
	Lufting	61	25 %			
	Membran	2	1 %			
	MT	160	66 %			
Total		242	100 %			
Tak_6_140 MT 670	Taktekking	5	1 %	81,92	54,89	
	Isolasjon - Trykkfast	525	78 %			
	MT	140	21 %			
Total		670	100 %			
Tak idrettshall (lett tak) 645	Taktekking	5	1 %	1186,52	744,49	
	Isolasjon - Trykkfast	630	98 %			
	Stål	10	2 %			
Total		645	100 %			

C.4

Slabs							
Type	Oppbygning	Tykkelse [mm]	Totalt volum [m ³]	Area [m ²]	Volum per FU	Density [kg/m ³]	Description
1.239	Påstøp	40	3,66	30,47	0,04	98	Dekke i bod
	Isolasjon - EPS	80			0,08	1,2	
Total		120					
1.137	Gulvbelegg	2	152,5	1270,81	0,002	0	Gymshall
	Betong	38			0,038	93,1	
	Isolasjon - Trinnlydsplate	80			0,08	1,4	
Total		120					
1.334	Betong	95	85,54	743,8	0,095	232,75	Korridor 1.Etj
	Trinnlydsplate	20			0,02	0,35	
Total		115					
1.46 (1.4)	Banebelegg	5	206,51	1795,71	0,005	0,0145	Undervisningsrom 1.Etj
	Påstøp	40			0,04	98	
	Trinnlydsplate	20			0,02	0,35	
	Isolasjon - EPS	50			0,05	0,75	
Total		115					
1.475	Gips	39	7,29	52,45	0,039	0,351	Himling korridor (Treull)
	Isolasjon - Myk	100			0,1	1,75	
Total		139					
2.12	Parkett	40	7,52	62,64	0,04		Dekke
	Isolasjon - Trinnlydsplate	80			0,08	1,4	
Total		120					
2.49	MT	240	247,64	1031,84	0,24	94,32	Dekke
Total		240					
2.242	Betong	40	3,25	27,11	0,04	98	Dekke
	Isolasjon - Trinnlydsplate	80			0,08	1,4	
Total		120					
2.265	MT	140	5,3	10,86	0,014	5,502	Dekke
	Isolasjon - Myk	300			0,03	0,525	

	Lufting (Horisontalt)	48			0,0048	0	
Total		488					
2.28	MT	180	44,94	249,65	0,18	70,74	Dekke
Total		180					
2.38	MT	260	51,74	199,02	0,26	102,18	Dekke
Total		260					
2.106	Terrassebord	28	28,3	81,32	0,028	0	Paviljong
	Lufting	158			0,158	0	
	Membran	2			0,002	0	
	MT	160			0,16	2,24	
Total		348					
3.39	MT	200	9,24	46,22	0,2	78,6	Dekke
Total		200					
3.10	Betong	100	26,4	264	0,1	245	Dekke Tekn.Rom
Total		100					
3.1	Isolasjon - Myk	100	23,73	237,28	0,1	1,75	isolasjon
Total		100					
3.3	Taktekking	5	697,44	929,94	0,005		Tak_3_220 MT 750
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	220			0,22	86,46	
Total		750					
3.33	Taktekking	5	282,84	394	0,005		Tak
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	200			0,2	78,6	
Total		730					
3.17	Taktekking	5	71,65	90,7	0,005		Tak
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	260			0,26	102,18	

Total		790					
1.39	MT	120	6,17	51,44	0,12	47,16	Dekke
Total		120					
2.242	Betong	40	3,25	27,11	0,04	98	Dekke
	Isolasjon - Trinnlydsplate	80			0,08	1,4	
Total		120					
2.89	MT	140	50,72	362,26	0,14	55,02	Dekke
Total		140					
2.1	Gulvbelegg	2	143,25	1193,79	0,002	0	Dekke
	Påstøp	38			0,038	93,1	
	Trinnlydsplate	80			0,08	1,4	
Total		120					
2.12	Påstøp	80	61,17	509,79	0,08	196	Dekke
	Isolasjon - Trinnlydsplate	40			0,04	0,7	
Total		120					
1.2	Parkett	15	15,53	82,6	0,015		Dekke_amfi 160
	MT	160			0,16	62,88	
	Gips	13			0,013	0,117	
Total		188					
1.77	Parkett	15	1,92	16,74	0,015		Dekke
	MT	100			0,1	39,3	
Total		115					
2.5	Gips	13	78,89	1434,5	0,013	0,117	Himling Klasserom
	Isolasjon - Trykkfast	42			0,042	0,735	
Total		55					
2.4	Isolasjon (min.ull)	45	100,04	1429,1	0,045	0,7875	Himling Korridor
	Isolasjon - Trykkfast (treull)	25			0,025		
Total		70					
1.17	Isolasjon - Myk	30	7,82	260,77	0,03	0,525	isolasjon
Total		30					

2.2	Isolasjon - Myk	35	14,5	414,42	0,035	0,6125	isolasjon
Total		35					
2.166	MT	400	2,97	7,42	0,4	157,2	MT 400
Total		400					
4.11	Taktekking	5	269,82	391,04	0,005		Tak_1_160 MT 690
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	160			0,16	62,88	
Total		690					
4.4	Taktekking	5	5,63	6,77	0,005		Tak_1_160 MT isolert
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	160			0,16	62,88	
	Utv. Kledning	19			0,019	9,5	
Total		709					
4.2	Taktekking	5	32,25	45,42	0,005		Tak_1_180 MT 710
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	180			0,18	70,74	
Total		710					
2.42	Taktekking	5	50,95	66,17	0,005		Tak_2_240 MT 770
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	240			0,24	94,32	
Total		770					
4.4	Taktekking	5	3,69	4,14	0,005		Tak_3_120 MT isolert
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	220			0,22	86,46	
	Utv. Kledning	19			0,019	9,5	
Total		769					
4.2	Taktekking	5	85,08	130,9	0,005		Tak_4_120 MT 650

	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	120			0,12	47,16	
Total		650					
3.6	Taktekking	2	6,25	28,53	0,002		Tak_4_120 MT uisolert med kld.
	Utv. Kledning	38			0,038	19	
	Lufting	59			0,059	0	
	MT	120			0,12	47,16	
Total		219					
3.8	Taktekking	5	134,97	201,44	0,005		Tak_6_140 MT 670
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	140			0,14	55,02	
Total		670					
4.8	Taktekking	5	10,82	13,32	0,005		Tak_6_140 MT isolert
	isolasjon - Trykkfast	250			0,25	4,375	
	Isolasjon - Trykkfast	275			0,275	4,8125	
	MT	140			0,14	55,02	
	Utv. Kledning	19			0,019	9,5	
Total		689					

C.5

Søyler			
Type	Materiale	Mengde [m ³]	Beskrivelse
215x630	GL36c	53,76	Bærende søyle
73x48	Tre	30,81	Trespiler, fasade, vertikalt

C.6

Bjelker			
Type	Materiale	Mengde [m ³]	Beskrivelse
240x320	Trykimpregnert limtre	90,51	Bærende bjelke
73x48	Tre	14,45	Trespiler, fasade, horisontalt

C.7



