



OSLO METROPOLITAN UNIVERSITY  
STORBYUNIVERSITETET

OSLOMET – STORBYUNIVERSITETET

# Bærekraftig bygging

## En sammenligning av klimagassutslipp fra bæresystem i betong og massivtre

---

Bacheloroppgave Bygg

Eldbjørg Aaraas Hånde - Maria Persen

25/05 - 2020



OSLO METROPOLITAN UNIVERSITY  
STORBYUNIVERSITETET

Institutt for Bygg- og energiteknikk - Bygg

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

GRUPPE NR.

31

TILGJENGELIGHET

ÅPEN

Telefon: 67 23 50 00

www.oslomet.no

# BACHELOROPPGAVE

BACHELOROPPGAVENS TITTEL	DATO
Bærekraftig bygging - En sammenligning av klimagassutslipp fra bæresystem i betong og massivtre	25.05 2020
	ANTALL SIDER / ANTALL VEDLEGG
FORFATTERE	VEILEDER
Eldbjørg Aaraas Hånde	Gro Markeset
Maria Persen	

UTFØRT I SAMMARBEID MED	KONTAKTPERSON
Sweco Norge AS	Tor Øistein Andresen

<p><b>SAMMENDRAG</b></p> <p>Byggebransjen står i dag for en tredjedel av klimagassutslippet. Innen 2030 skal klimagassene reduseres med 40%. Byggebransjen er i stadig endring og utvikling. For å konkurrere om oppdragene er det nødvendig å holde seg oppdatert på hvordan man på best måte bygger mest mulig miljøriktig. Målet med denne oppgaven er å kunne opplyse utbyggere om miljøkonsekvensene ved valg av bæresystem.</p> <p>Denne oppgaven er et samarbeid med Sweco Norge AS og skal svare på problemstillingen: <i>Hvilket av materialene, betong eller tre, vil medføre lavest klimagassutslipp?</i></p> <p>Oppgaven tar for seg ett bygg i hhv. betongelementer og massivteelementer. Betongelementbygget er et eksisterende prosjekt og er utgangspunktet for utformingen av bygget i massivtreelementer. For å regne på klimagassutslippet er det gjort en livsløpsanalyse av begge byggene og resultatene har blitt sammenlignet. I denne oppgaven er det konkludert med at bruk av massivtre vil være et bedre valg enn betong. Likevel er det verdt å nevne at størrelse, utforming og plassering kan påvirke resultatet.</p>
---

3 STIKKORD
Bærekonstruksjon
Dimensjonering
LCA

## FORORD


Dette er en bacheloroppgave og er det avsluttende emnet på ingeniørutdanningen ved OsloMet – storbyuniversitetet våren 2020. Oppgaven er utført av forfatterne etter tre fine år på bachelorstudium i ingeniørfag – bygg med studieretningen konstruksjonsteknikk. Oppgaven utgjør 20 studiepoeng og er utført i samarbeid med Sweco.

Det har vært viktig for eksterne veileder at forfatterne har høy motivasjon for oppgavens tema. Problemstillingen er derfor utarbeidet hovedsakelig av forfatterne med bistand av både interne og eksterne veiledere. Temaet i oppgaven er svært relevant i dag fordi verden står oven for en klimakrise. Det blir mer og mer et ønske om å bygge miljøriktig. Denne oppgaven kan være relevant for å informere utbyggere og investorer om miljøkonsekvensene av valgt bæresystem.

Vi ønsker i tillegg å kommenter omstendighetene rundt oppgaven. I slutten av februar kom covid-19, koronaviruset til Norge. Dette har preget oppgaven. Vi har jobbet så godt som mulig sammen, men hver for oss, men vi merker at denne nye situasjonen har vært ubeleilig og har preget arbeidsflyten.

Avslutningsvis vil vi rette en stor takk til de som har bidratt i denne oppgaven. Spesielt ønsker vi å takke Sweco som har disponert tid, egne lokaler og datamaskiner til oss. Vi vil takke Siv. Ing. Kristine Ullsfoss Torp ved Sweco som har hjulpet oss underveis med å dimensjonere og Siv. Ing Tor Øistein Andresen som har vært vår kontaktperson i Sweco. Vi vil også rette en stor takk til vår interne veileder fra OsloMet, Professor Gro Markeset som har vært behjelpelig under hele oppgaven. Tusen takk.

Oslo, 25.05 2020



Eldbjørg Aaraas Hånde



Maria Persen

## SAMMENDRAG

Dette studiet viser en sammenligning av klimagassutslippet for to bæresystem. Arbeidet inkluderer dimensjonering av et bygg i massivtreelementer. Utgangspunktet for dette bygget har vært et leilighetsbygg i betongelementer. Formålet med dette studiet er å finne ut hvilket av bæresystemene som er mest miljøvennlig. Byggebransjen står for en tredjedel av det totale klimagassutslippet i dag. Dette må det gjøres noe med. Med denne studien kan potensielle utbyggere få innsikt i konsekvensene rundt valg av bæresystem.

Arbeidet er gjort i tett samarbeid med Sweco. Betongbygget var ferdig dimensjonert og gitt som et referansebygg av Sweco. Dette var utgangspunktet for dimensjoneringen av et tilsvarende bygg i massivtreelementer, hvor *Calculatis* og *Revit* ble benyttet. For å avgrense arbeidet er det kun valgt å dimensjonere og sammenligne som forprosjektet.

For å finne ut hvor mye klimagass hver av byggene slipper ut, ble det utført en livsløpsanalyse (LCA). Til dette ble *OneClick LCA* benyttet. I *OneClick LCA* ble mengdeberegninger av de forskjellige elementene lagt inn, med tilhørende EPD. Mengdene er hentet ut fra *Revit* og beregnet i *Excel*. Resultatene som blir sammenlignet tar for seg livsløpsfasene A1 - A3 (produksjonsfasen), A4 - A5 (byggefase) og C1 - C4 (sluttfase). Fase B1 - B8 (bruksfasen) antas å være lik i begge tilfeller og fase D omhandler potensiell gjenvinning. Disse fasene er derfor ikke medtatt i klimaregnskapet.

Det er i dette studiet konkludert med at bruk av massivtre vil være et bedre miljømessig valg enn betong. Størrelse, utforming og plassering av bygget vil spille en rolle når man skal velge det mest klimavennlige bæresystem. Dette studiet er ment som en veiledning og pekepinn for tilsvarende bygg.



## ABSTRACT

This paper is a comparison of climate emissions for two different structural systems. A structural system was design in cross laminated timber. The foundation for this building is an apartment complex in concrete elements. The purpose of the paper is to research and conclude which of the two structural systems is more sustainable. The reason for this particular research question originated because of the fact that the construction industry is, to this day, responsible for approximately one third of climate emissions globally. A concerning issue that needs to be addressed promptly. The purpose of this study is to enlighten and inform potential developers of the consequences of choice in structural systems.

This project is concluded in close cooperation with Sweco. The concrete structure and dimensions of the building were provided by Sweco and was the foundation of a similar structure made with cross laminated timber where *Calculatis* and *Revit* were utilized. In order to refine the extensiveness of the task, the paper simply consist of the constructed dimensions and the comparison of the preliminary projects for the structures.

In order to calculate the total emissions of each building, a life cycle assessment (LCA) was conducted. For this assessment *One Click LCA* was used, where the quantity from the different calculations was added with the adjoining EPD. The quantity was retrieved from *Revit* and calculated with *Excel*. The results which are being compared involve the following life cycle phases; A1 to A3 (production stage), A4 to A5 (construction stage), C1 to C4 (end of life stage). Stage B1 to B8 (use stage) is presumed to be the same in both cases, while stage D discuss the potential for recycling. These stages are therefore not included in the life cycle assessment.

In conclusion, results of the comparison show that use of cross laminated timber is more sustainable than concrete. Nevertheless, it is difficult to draw one general conclusion for all future buildings. The size, formation and location of the building can be decisive for the choice of composition material. This assignment is merely intended as a guiding tool for similar buildings.

# INNHALDSFORTEGNELSE

<b>Forord .....</b>	<b>ii</b>
<b>Sammendrag.....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>iv</b>
<b>Innholdsfortegnelse.....</b>	<b>v</b>
<b>Forkortelser .....</b>	<b>viii</b>
<b>Symbolliste.....</b>	<b>ix</b>
<b>Figurliste .....</b>	<b>xi</b>
<b>Tabelliste .....</b>	<b>xii</b>
<b>Formelliste .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Bakgrunn</i> .....	1
1.2 <i>Formål</i> .....	2
1.3 <i>Problemstilling</i> .....	2
1.4 <i>Hypotese</i> .....	2
1.5 <i>Utgangspunkt</i> .....	3
1.6 <i>Avgrensninger</i> .....	3
<b>2 Teori.....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Tre som byggemateriale</i> .....	5
2.1.1 <i>Massivtre</i> .....	5
2.1.2 <i>Limtre</i> .....	6
2.1.3 <i>Fordeler og ulemper ved bruk av trevirke</i> .....	7
2.1.4 <i>Klimapåvirkning</i> .....	7
2.2 <i>Betong</i> .....	8
2.2.1 <i>Generelt om betong</i> .....	8
2.2.2 <i>Armert betong</i> .....	9

2.2.3	Lavkarbonbetong .....	10
2.2.4	Hulldekker.....	10
2.2.5	Fordeler og ulemper ved bruk av betong .....	11
2.2.6	Klimapåvirkning .....	12
2.3	<i>LCA, Life Cycle Assessment</i> .....	12
2.3.1	Livsløpfasene .....	13
2.3.2	EPD.....	15
<b>3</b>	<b>Metode .....</b>	<b>16</b>
3.1	<i>Valg av metoder</i> .....	16
3.1.1	Programvare.....	16
3.2	<i>Refleksjon og kvalitetssikring</i> .....	17
<b>4</b>	<b>Case.....</b>	<b>19</b>
4.1	<i>Beskrivelse av referansebygget</i> .....	19
4.2	<i>Laster</i> .....	21
4.2.1	Egenlast.....	21
4.2.2	Nyttelast .....	22
4.2.3	Snølast.....	23
4.2.4	Vindlast.....	24
4.2.5	Lastkombinasjoner .....	26
4.2.6	Luftlyd og trinnlydisolasjon.....	28
4.2.7	Brann.....	29
4.3	<i>Dimensjonering av trebygget</i> .....	31
4.4	<i>Forskjeller mellom byggene</i> .....	32
4.4.1	Avstivning.....	34
4.5	<i>Valg av massivtreelementer</i> .....	35
<b>5</b>	<b>Livsløpsvurdering.....</b>	<b>37</b>
5.1	<i>Beregningsgrunnlag</i> .....	37
5.2	<i>Materialmengder</i> .....	37
5.3	<i>EPD-grunnlag</i> .....	38
5.3.1	Referansebygget.....	38
5.3.2	Massivtrebygget.....	39

5.4	<i>Sammenligning</i> .....	39
5.4.1	Global Warming Potensial, GWP.....	39
5.4.2	Livsløpfasene .....	41
<b>6</b>	<b>Resultat og diskusjon .....</b>	<b>43</b>
6.1	<i>Material</i> .....	44
6.2	<i>Transport</i> .....	45
6.3	<i>Slutten på livet</i> .....	46
<b>7</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>Vedleggsliste .....</b>	<b>54</b>

## **FORKORTELSER**

ARK – Arkitekt

CLT – Cross-laminated timber (massivtre)

CO<sub>2</sub> – Karbondioksid, svært vanlig klimagass

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

dB – Desibel

EPD – Environmental Product Declaration (miljødeklarasjon)

GWP – Global warming potensial (global oppvarmingspotensialet)

LCA – Livssyklusanalyse

NS – Norsk Standard

R – Bæreevne

RIA – Rådgivende ingeniør akustikk

RIB – Rådgivende ingeniør bygg

RIBr – Rådgivende ingeniør brann

RIE – Rådgivende ingeniør elektriker

RIG – Rådgivende ingeniør geoteknikk

RIV – Rådgivende ingeniør varme-, ventilasjon- og sanitærteknikk

TEK17 – Byggteknisk forskrift

W/m°C – Watt per meter celsius

## SYMBOLLISTE

$\alpha_A$  – Arealreduksjonsfaktor

$\alpha_n$  – Etasjereduksjonsfaktor

$\beta_n$  – Nominell forkullingshastighet

$\psi$  – Faktor for kombinasjonsverdi for en variabel påkjenning

$\mu_i$  – Formfaktor for tak

$\tau_{v,d}$  – Dimensjonerende skjærspenning

$\sigma_{m,d}$  – Dimensjonerende bøyspenning

$c_0$  – Terrengformfaktor

$C_{dir}$  – Retningsfaktor

$C_e$  – Eksponeringsfaktor

$C_{pe}$  – Utvendige formfaktorer

$C_{season}$  – Årstidsfaktor

$C_t$  – Termisk faktor

$d_{ef,h}$  – Effektiv forkullingsdybde

$d_{char,0,h}$  – Nominell forkullingsdybde

$E_d$  – Dimensjonerende verdi for lastvirkning

$E_{mean}$  – Stivhet, mildere

$f_{m,d}$  – Dimensjonerende bøyefasthet

$f_{v,R,d}$  – Dimensjonerende rulleskjærfasthet

$g_k$  – Egenlast

$H_0$  – Høyde over havet

$k_1$  – Vindakselerasjons faktor, åser og skråninger

$k_2$  – Vindkastøkings faktor, fjelltopper og bratt terreng

$k_3$  – Overgangssone faktor

$k_{def}$  – Deformasjonsfaktor

$L_{n,w}$  – Trinnlydisolasjon

$L'_{n,w}$  – Feltmålt trinnlydisolasjon

$p_{fin,ofte}$  – Nedbøyning

$Q_{kast}$  – Vindhastighetstrykk

$R_w$  – Luftlydisolasjon

$R'_w$  – Feltmålt luftlydisolasjon

$s$  – Karakteristisk snølast på tak

$t_{CLT}$  – Resttverrsnitt, brann

$V_b$  – Basisvindhastighet

$V_{b,0}$  – Referansevindhastighet

$V_{kast}$  – Vindhastighet

$V_m$  – Stedsvindhastighet

$W_{fin,ofte}$  – Langtidsnedbøyning, ofte forekommende lastkombinasjoner

$x_B$  – avstanden i kilometer fra overgang i terrengruhet til byggested

$z$  – Høyde på grunnivå til referansenivå

## FIGURLISTE

Figur 2.1 Kantsilt element (Treteknisk, 2006).....	5
Figur 2.2 Krysslågt element (Treteknisk, 2006).....	5
Figur 2.3 Hulromselement (Treteknisk, 2006).....	5
Figur 2.4 Livløpsyklus av råvare, materiale eller produkt.....	12
Figur 4.1 Takplan.....	19
Figur 4.2 Dekke, 2 og 3 etasje.....	20
Figur 4.3 Referansebygget forfra.....	20
Figur 4.4 Referansebygget bakfra.....	20
Figur 4.5 Vindlast mot fasade.....	25
Figur 4.6 Geometri og last, dekke tredje etasje.....	26
Figur 4.7 Massivtreelement lyd løsning, tilleggskonstruksjon.....	29
Figur 4.8 Brannpåkjenning dekke.....	30
Figur 4.9 Dekke, tredje etasje, massivtrebygg.....	31
Figur 4.10 Takplan, referansebygget.....	32
Figur 4.11 Takplan, massivtrebygget.....	33
Figur 4.12 Garasjeområde, massivtrebygget.....	33
Figur 4.13 Garasjeområde, referansebygget.....	33
Figur 4.14 Akse 6, 7, 8 tredje etasje, massivtrebygget.....	33
Figur 4.15 Akse 6, 7, 8 tredje etasje, referansebygget.....	33
Figur 4.16 Oppbygning vegg, kategori 3.....	35
Figur 4.17 Oppbygning dekke, første og andre etasje.....	36
Figur 5.1 GWP, Referansebygg.....	40
Figur 5.2 GWP, Massivtrebygget.....	40
Figur 6.1 LCA resultater, stolpediagram.....	43



## TABELLISTE

Tabell 2.1 Fordeler og ulemper med bruk massivtre og limtre.....	7
Tabell 2.2: Fordeler og ulemper med bruk av betong.....	11
Tabell 2.3 Livsløpsfaser.....	13
Tabell 4.1 Egenlastene fra ikke-bærende bygningsdeler .....	21
Tabell 4.2 Egenlaster fra bærende bygningsdeler.....	22
Tabell 4.3 Brukscategorier.....	23
Tabell 4.4 Vindlast, verdier .....	24
Tabell 4.5 Karakteristisk, lastfordeling, jevnt fordelt last, vegg.....	31
Tabell 4.6 Vegg Kategorier 1-3, Karakteristisk last .....	32
Tabell 5.1 Mengdeoversikt referansebygget.....	37
Tabell 5.2 Mengdeoversikt massivtrebygget.....	38
Tabell 5.3 EPD-oversikt referansebygget.....	38
Tabell 5.4 EPD-oversikt massivtrebygget .....	39
Tabell 5.5 LCA A1-A3, referansebygget.....	41
Tabell 5.6 LCA A1-A3, massivtrebygget.....	41

## FORMELLISTE

Formel 4.1 Karakteristisk snølast (Standard Norge, 2010, s. 12) .....	23
Formel 4.2 Bøyemoment (KLH Massivholz GmbH, 2017, s. 27).....	27
Formel 4.3 Skjærspenning (KLH Massivholz GmbH, 2017, s. 27) .....	27
Formel 4.4 Kontroll av nedbøyning.....	28
Formel 4.5 Netto endelig nedbøyning .....	28
Formel 4.6 Bruksgrensetilstand, ofte forekommende situasjon.....	28
Formel 4.7 Lydklasse C, Luftlydisolasjon (Standard Norge, 2019).....	29
Formel 4.8 Lydklasse C, Trinnlydisolasjon (Standard Norge, 2019).....	29



# 1 INNLEDNING

## 1.1 BAKGRUNN

Verden står ovenfor en klimakrise i dag verre enn noen gang. Byggebransjen står for en tredjedel av det totale klimagassutslippet (Omland, 2015). Bransjen har derfor et stort ansvar for å bidra til å nå klimamålet. I 2030 skal klimagassene reduseres med 40% (Klimaloven, 2017, s. §3). Dette er et mål som er fastsatt etter at Norge forpliktet seg til Parisavtalen (FN-Sambandet, 2019). Byggebransjen kan bidra til å nå målet ved å optimalisere drifts- og byggefasene på miljøparametere, i større grad rehabilitere eksisterende bygg og bygge nye bygg som er effektive på energibruk (Sweco & Zero, 2017). Disse tiltakene påvirker ikke bare miljøet, da også investormarkedet responderer positivt på dette. Det viser seg at miljøvennlige bygg er mer attraktivt for investorer og leietakere. Alle vil være med på den grønne bølgen vi er i nå (M. Tyholt og M. Rønnes, personlig kommunikasjon, 31. januar 2020).

Byggebransjen er i stadig endring og utvikling. For å konkurrere om oppdragene er det nødvendig å holde seg oppdatert på hvordan man bygger mest mulig miljøriktig. Sweco er opptatt av bærekraft og ønsker å bygge med de materialer som gir lavest mulig klimaavtrykk. Et viktig spørsmål som man må stille seg: Er det bruk av tre eller betong som gir er den beste løsningen for et miljøriktig bygg?

Trevirke er en fornybar ressurs og kan være et godt alternativ til betong og stål som er mye brukt i dag (Treindustrien, 2013). Likevel viser forskjellige studier og rapporter at det nødvendigvis ikke er så enkelt (Østfoldforskning AS, 2019). Faktorer som transport av elementer og beliggenhet av bygget er med på å avgjøre byggets klimaavtrykk. Tidligere har det vært vanlig å hente massivtreelementer fra utlandet til Norge. Dette slår negativt ut på klimaavtrykket når elementene fraktes lange strekninger. Nylig er det åpnet en ny og større massivtrefabrikk av Splitkon i Norge. Dette vil medføre økt produksjon lokalt i Norge og vil være med på å redusere transportutslippene ved bruk av massivtre. Likevel er temaet om hvilket materiale som medfører laves klimaavtrykk mye diskutert.

Med dette som bakgrunn ønskes det å skrive en studie som sammenligner klimagassutslippet fra bærekonstruksjon i betong- og massivtreelementer.

## **1.2 FORMÅL**

Formålet med dette studiet er å finne ut hva som er mest miljøvennlig å bruke: Trevirke eller betong som bæresystem i et leilighetsbygg. Med basis i et ferdig prosjektert betongbygg (heretter kalt: Referansebygget) etableres et parallellprosjekt i massivtre. Ett prosjekt, to forskjellige konstruksjonsprinsipper. Dette er utgangspunktet for sammenligningen av miljøpåkjenningene (klimagassutslipp). Det utarbeides et klimagassregnskap for begge konstruksjonsprinsipper ved bruk av LCA metoden.

Sweco ønsker å kunne bruke dette studiet som en referanse for anbefalinger av materialvalg til fremtidige kunder. Det er derfor viktig at referanseprosjektet er mest mulig generelt slik at det kan brukes som et utgangspunkt for tilsvarende leilighetsbygg.

## **1.3 PROBLEMSTILLING**

Dette studiet vil ta for seg materialforbruk og klimagassutslipp. Det tas utgangspunkt i ett betong- og ett massivtrebygg på tre etasjer.

Studiet er basert på følgende problemstilling:

*Hvilket av materialene, betong eller tre, vil medføre lavest klimagassutslipp?*

Videre vil følgende delspørsmål bli diskutert:

*I hvilken grad påvirker de ulike livsløpsfasene klimagassregnskapet?*

## **1.4 HYPOTESE**

Det er mange faktorer som er med på å avgjøre hvor mye klimagasser som slippes ut i løpet av levetiden til et bygg. Bæresystemet er en ting, men for eksempel valg av klimavennlige

materialer, energieffektive løsninger og gode detaljer for å drive vedlikehold betyr også svært mye. Klimagassregnskapet for et bygg er ikke absolutt og to streker under svaret, det er viktig å se hvilke faktorer som påvirker i den mest bærekraftige retningen.

Hypotesen for dette studiet:

*Et leilighetsbygg med bærekonstruksjon i massivtre på tre etasjer, er et mer miljøriktig valg enn med bærekonstruksjon i betong.*

## **1.5 UTGANGSPUNKT**

Studiet tar utgangspunkt i et referansebygg som er prosjektert av Sweco. Bygget er et betongelementbygg med hulldekker og prefabrikkerte betongvegger. I referansebygget er det kun medtatt bæresystemet. Det er ikke tatt hensyn til fundament og peler som vil kunne avhenge i større grad av plassering av bygget. Det er blitt utlevert en 3D modell som er utgangspunktet til referansebygget i massivtre.

## **1.6 AVGRENSNINGER**

Det å sammenligne og prosjektere et leilighetsbygg på tre etasjer kan være omfattende arbeid i en bacheloroppgave. Det er tidkrevende å beskrive og detaljere for flere fag. For å ikke gjøre studien for omfattende er det hensiktsmessig å gjøre noen avgrensinger.

Det er gjort følgende avgrensinger:

Prosjektet er et forprosjekt, det vil si at konstruksjonene ikke vil være dimensjonert ned i detaljnivå med knutepunkter. Hensikten med forprosjektering er å estimere foreløpige dimensjoner av de lastbærende komponentene. Dette er basert på råd fra veilederne og for å ha fokus på dette studies formål, som er å sammenligne bærekonstruksjonene med tanke på miljøpåkjenningene.

Det sees bort i fra fagene ARK, RIV, RIE og RIG, for at studien skal kunne brukes som et referansebygg til fremtidige prosjekter. De nevnte fagene kan variere i større grad fra prosjekt

til prosjekt og er derfor ikke medtatt. Fagene RIB, RIBr og RIA er i større grad medtatt, men massivtrebygget skal i hovedsak speile referansebygget i betong.

Arbeidet tar ikke for seg det økonomiske aspekter, da fokuset er på dimensjonering og sammenligning av miljøpåkjenningen.

LCA regnskapet vil inkludere fasene A1 - A3 og C1 - C4 i tillegg deler av A4 - A5. De resterende livsløpfasene er antatt å være like for byggene som sammenlignes og derfor ikke relevant.

## 2 TEORI

### 2.1 TRE SOM BYGGEMATERIALE

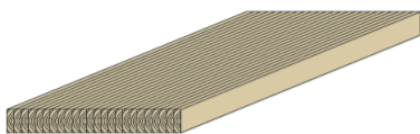
I Norge har det vært en lang tradisjon i å bygge med tre. Gjennom tidene er det blitt brukt forskjellig byggemetoder og man kan følge utviklingen fra langhuskonstruksjonen i steinalderen, til bindingsverket som brukes i dag. Utviklingen av byggemetodene reflekterer klimaforholdene, stilarter, økonomi og levestandard (Edwardsen & Ramstad, 2014, s. 9). Historisk har det vært slik at trehus kun er småhus og større bygg er tradisjonelt bygd i betong. Nå som klimaet er i fokus har det blitt mer og mer i vinden å utforske bruken av trevirke som bærekonstruksjon i større bygg. Det ble satt verdensrekord i 2015 med «Treet» som står i Bergen (Solberg, 2015), som senere ble slått av «Mjøstårnet» på 85,4 meter i 2019 (Bjørnheim, 2019). Begge høyhusene er en kombinasjon av limtre- og massivtrekonstruksjoner.

#### 2.1.1 MASSIVTRE

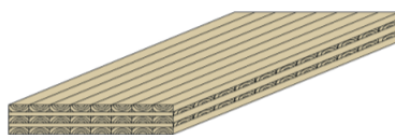
“Massivtre – nye muligheter for tre” (Aarstad, Glasø, & Bunkholt, u.å., s. 2). Utviklingen av massivtre begynte på 1990-tallet i Mellom-Europa og har senere spredt seg til Norden. Det ble sett et behov for nye rasjonelle og miljøeffektive byggesystem, som har ledet til utviklingen av massivtreelementer. I dag brukes massivtreelementer i bolighus, fleretasjes hus, næringsbygg, barnehager og skoler. Byggemetoden er anerkjent og konkurransedyktig på flere plan (Aarstad, Glasø, & Bunkholt, u.å.).

Det finnes tre forskjellige massivtreelementer.

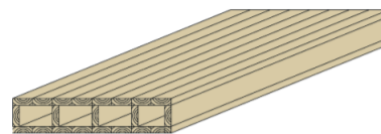
- Kantstilte elementer
- Krysslagte elementer
- Hulromselement



Figur 2.1 Kantsilt element (Treteknisk, 2006)



Figur 2.2 Krysslagt element (Treteknisk, 2006)



Figur 2.3 Hulromselement (Treteknisk, 2006)



Elementtypen som oftest brukes i vegger og etasjeskillere, er krysslagte elementer, også kalt CLT. Krysslagte elementer er som regel lameller lagt 90, eller 45 grader i forhold til hverandre. Oppbygningen er symmetrisk om midtsnittet med hensyn til tykkelse, orientering og fasthetsklasse på de ulike sjiktene. Elementet skjøtes ved at hver lamell fingerskjøtes i lengderetning. Festemiddelet i krysslaminerte elementer kan være lim eller tredybler. Med tredybler oppnås det ikke samme statiske samvirke mellom sjiktene i et element. Dette medfører at styrken og stivheten vil bli svekket med et dyblet tverrsnitt. Et massivtreelement som etasjeskiller kan spenne fritt inntil 7,5 meter. Kombinert med limtrebjelker er det mulig med spenn opptil 14 meter. Selv om det kan være mulig med lange spenn er transport og produksjonslokalene også med på å avgjøre om dimensjonene er gjennomførbart (Tret teknisk, 2006, (hefte 1)).

Grunnlaget for dimensjonering i massivtre er Eurokode 5. Denne standarden tar hovedsakelig for seg trebjelkelag, men brukes som utgangspunktet for dimensjonering av massivtreelementer. Det har ennå ikke kommet en egen standard for massivtre derfor benyttes Eurokode 5 samt erfaringstall og bransjestandarder inntil videre. Massivtre er et anisotropisk materiale, det har derfor ulike egenskaper ut ifra orientering av materialet. Ved styrke- og stivhetsberegninger for CLT ser man på sjiktens E-moduler. Sjiktene har forskjellige orienteringer og bidraget til sjiktene som ligger 90° i forhold til bæringen vil være mindre (Tret teknisk, 2006, (hefte 3)).

### **2.1.2 LIMTRE**

“Limtre er basert på det eneste virkelige fornybare byggemateriale – tre - og har derfor åpenbare fordeler i et miljømessig perspektiv” (Limtreforeningen, 2015, s. 2). Utviklingen av limtre begynte allerede på 1900-tallet med Otto Hetzler i spissen. Han beskrev hvordan krumme trebjelker kunne lages ved hjelp av lameller. Allerede under verdensutstillingen i 1910 ble det utviklet krumme limtrerammer som spente over 43 meter. I dag brukes limtre til industribygg, skoler, barnehager, bolighus og fleretasjesbygg (Limtreforeningen, 2015).

Limtre av gran produseres vanligvis med lameller i tykkelsen 45 mm som limes sammen i høyden. Trevirket kan fingerskjøtes for å få ønskelig lengde. Bredden er normalt mellom 90 til 240 mm, men kan også være bredere. For å oppnå et bredere tverrsnitt er det mulig å lime i bredden. Materialet er meget fleksibelt som gjør det mulig å variere tverrsnitts form, geometri

og størrelse. Med bruk av limtre i konstruksjoner er det fraktemulighetene og produksjonslokalene som setter grenser på hva som er mulig å produsere (Limtreforeningen, 2015).

### 2.1.3 FORDELER OG ULEMPER VED BRUK AV TREVIRKE

Uansett hvilket materiale som velges, finnes det fordeler og ulemper med materialvalget.

Under er det listet opp fordeler og ulemper ved bruk av massivtre og limtre.

Tabell 2.1 Fordeler og ulemper med bruk massivtre og limtre

Fordeler	Ulemper
Lettere bygg	Lett material fører til større vibrasjoner
Rask montering, prefabrikkerte elementer	Liten erfaring hos entreprenører
Godt inneklima	Brannkrav, tre er et brennbart materiale
Høy styrke i forhold til vekt	Større dimensjoner
Positive miljøegenskaper	Transport
Stor formbarhet	Anisotropisk materiale
Energiøkonomisk	Deformasjoner, lav elastisitetsmodul
Fornybar ressurs	Sikre mot oppfukting
God utnyttelse av forskjellige trekvaliteter	Fasthet avtar med økende fuktighetsinnhold
Klimanøytralt i seg selv	Svake områder, kvist og fingerskjøter
Store spenn (Limtre)	

(Treteknisk, 2006, (hefte 1)), (K. Vertes, personlig kommunikasjon, 6. november 2019).

### 2.1.4 KLIMAPÅVIRKNING

Miljøet prioriteres høyt i dag. Det har blitt satt et mål om at Norge skal være karbonnøytralt innen 2030. Dette gir nye muligheter for bruk av tre. I Norge er trevirke ett av de mest miljøvennlige materialene. Det er basert på fornybare ressurser og lagrer karbon gjennom sin levetid (Treindustrien, 2013).

Både limtre og massivtre inneholder 98% fornybare materialer. Råvarene som benyttes til produksjon av massiv- og limtre er uhøvlet trelast (skurlast), lim og noe emballasje. Den

største andelen av potensielle klimagassutslipp fra råmaterialfasen inngår i produksjonen av limet. Av energiresursene som går til transport, avhending, bruksfase, byggeplass, produksjon og råmaterialer, er det produksjon og råmaterialer som har høyest energiforbruk. I løpet av et livsløp ser man at ca. 70% av energien kommer fra en fornybar ressurs, mens de resterende 30% kommer fra en ikke fornybar ressurs. Dette gjelder både limtre og massivtre (Wærp, Grini, Folvik, & Svanæs, 2009).

Når trær vokser tar de opp CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Karbon er en byggestein for treet og oksygenet slippes ut til omgivelsene. På denne måten binder treet karbon og lagrer stoffet (Treindustrien, 2013). Når det gjøres en LCA er det vanlig å kalle karbon i trevirke for biogent karbon. Grunnen for dette er at lagringen av biogent karbon kan regnes på forskjellige måter og man skiller derfor på dette. En vanlig antagelse ved beregning av klimagassene til trevirke er å sløffe biogent karbon i regnskapet. Dette fordi det antas at treet binder like mye karbon i levetiden som det slippes ut ved forbrenning eller nedbryting (TreFokus, Treteknisk, & Innovasjon Norge, 2015).

## **2.2 BETONG**

Betong forekom i konstruksjoner allerede 5600 år f. Kr, men det var først midt på 1700-tallet at det ble sett på som et byggemateriale. Norge tok det i bruk i siste halvdel av 1800-tallet, og siden har betong blitt det mest brukte byggematerialet. Franskmannen Joseph Monier tok i disse tider patent på kombinasjonen av armering og betong. Man oppdaget fort fordelene med denne kombinasjonen og den ble raskt tatt i bruk. Tidlig etter krigen, rundt 1950 –tallet ble også produksjon av betongelementer etablert i Norge (M. Opshal, personlig kommunikasjon, 21.august 2018). Betongen har altså utviklet seg fra å kun være betong, til armert betong, frem til i dag hvor det produseres betongelementer. Veien videre nå er å utvikle en mer miljøvennlig betong.

### **2.2.1 GENERELT OM BETONG**

Betong er en sammensetning av vann, sement, sand, stein, tilsetningsstoffer og tilsetningsmateriale. Valg av de ulike delmaterialene og mengdene av disse gir forskjellige typer betong som har forskjellige bruksområder. For eksempel finnes det utallige varianter av

sement som blant annet har forskjellig varmeutvikling og slutfasthet. Tilslag er en samlebetegnelse for sand og stein og kommer i ulike størrelser og fasonger. Dette har en innvirkning på sluttresultat av betongen. Ved valg av tilsetningsmateriale- og stoffer kan konsistensen til betongblandingen bli endret fra hard og fast til bløt og seig (SINTEF Byggforskserien, 2016).

Forholdet mellom vann og sement, også kalt v/s tallet, forteller hvilken trykkfasthet betongen har. Et lavt masseforhold gir sterkere betong enn et høyt. Normalt ligger v/c tallet på rundt 0,4 (Thue, 2019).

Betongen blir delt inn i trykkfasthetsklasser og bestandighetsklasser. Disse klassene henger sammen, da bestandigheten styres av masseforholdet, og masseforholdet sier hvilken fasthet betongen får. Trykkfasthet blir delt inn i klassene ut ifra hvilken type betong det er og deretter etter hvilken trykkfasthet den har, mens bestandighetsklassen blir delt ut fra hvilken eksponering den er egnet for. Det finnes altså forskjellige type betong til forskjellige formål, hvor alle har sine fordeler og ulemper (SINTEF Byggforskserien, 2016).

### **2.2.2 ARMERT BETONG**

Armering er jernstenger som monteres i et unikt og beregnet system. Betongen støpes rundt stengene for forsterkning. Armeringen tar opp strekkraftene, mens betongen er den som tar opp mesteparten av trykkraftene. Betongen alene vil få skader i form av sprekker eller knekking når den blir utsatt for strekk. En kombinasjon av disse materialene er helt nødvendig i vegger og dekker for å opprettholde alle krav (Thue, 2019).

Armeringsjernene kommer i ulike typer og størrelser som blir plassert ut fra beregninger med basis i dimensjoneringskriterier. I armert betong brukes varmvalset stål, også kalt armeringsstål (Gunnarsjaas, 2019). Stengene lages med ru, eller kammet overflate slik at betongen fester seg skikkelig rundt jernet. Dette er viktig for at kreftene skal overføres mellom materialene (Brørs, 2019).

Fordelen med armeringsjern er at de har stor styrke uten at egenvekten blir for høy. For at armeringen skal fungere optimalt må det unngås skade på dem. Typisk skade på jern er korrosjon, noe som kan unngås ved å ha stor nok overdekning, det vil si avstanden fra betongoverflaten og til armeringsstengene (Thue, 2019).

Det er ikke uten grunn at armert betong har vært så populært i så lang tid. Armert betong tåler mye, blant annet er den svært motstandsdyktig mot brann og vann, og takler store belastninger (Kontrollrådet, u.å).

### **2.2.3 LAVKARBONBETONG**

Lavkarbonbetong er den mest miljøvennlige betongen, det vil si at den gir lavest CO<sub>2</sub>-utslipp. Av alle delmaterialene som utgjør betongen er det sementen som gir det største CO<sub>2</sub>-utslippet. Dette er nærmere beskrevet i *kapitel 2.2.6*. Lavkarbonbetong kan inneholde en type sement som i seg selv gir lavt CO<sub>2</sub>-utslipp eller så kan noe av sementen byttes ut med flygeaske, slagg og/eller silikastøv (SINTEF Byggforskserien, 2016).

Lavkarbonbetong deles inn i ulike klasser med tilhørende antall kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per kubikkmeter betong, ut ifra fasthetsklasser. Ifølge Norsk Betongforening er det i dag lavkarbonklasse A og B, samt lavkarbonklasse Pluss og Ekstrem. Pluss og Ekstrem er strengere enn A, som krever spesielle tiltak for materialesammensetning (Smeplass, Busterud, Fredvik, Sæter, & Østrem, 2019).

Lavkarbonbetong er i utvikling og det jobbes med å minske CO<sub>2</sub> utslipp og korte ned herdetiden ved vinterstøp. Tidligere har denne typen betong hatt lengre herdetid enn vanlig betong, men ved å benytte flyveaske reduseres den. Med kortere herdetid er det blitt mer vanlig å bruke lavkarbonbetong. Det gjelder ikke bare i plasstøpte konstruksjoner, men også i fabrikkproduserte hulldekker og veggelementer, noe som ikke var vanlig for noen år siden (Contiga, personlig kommunikasjon, 20. februar 2020).

### **2.2.4 HULLDEKKER**

Hulldekker kommer med forspent armering og er et alternativ til plasstøpt betong. Forspent armering vil si at armeringsjernet blir spent opp langsgående i hullene før betongen støpes ut. Når betongen er ferdig herdet og blir utsatt for belastning, vil spennarmeringen skape trykkrefter i betongen som utligner strekkreftene som oppstår på undersiden (Nordal, 2019). Det at hulldekker er forspent gjør at de har stor bærekapasitet og kan inneholde 40% mindre betong, og likevel spenne opptil 20 meter (Spenncon, u.å). Dette gjør at man har større frihet til planløsninger i bygg som kontorbygg, forretningsbygg, boligbygg, skoler, landbruksbygg

og industribygg (Contiga, u.d.). Dekkene er derfor veldig vanlig å bruke som etasjeskillere. Hullene kan brukes til å føre el- og VVS-installasjoner, de har god lydisolasjon og høy brannmotstand (Betongelementer AS, u.å).

Hulldekker er et mer økonomisk og miljøvennlig materiale å bruke enn plastøst betong, da hulldekkene inneholder 40% mindre betong, 50% mindre stål og 35% mindre avfall (Spenncon, u.å). Disse dekkene har også kort byggetid fordi tørkeperioden skjer på fabrikk og det blir lite fuktig inneklima (Nordland Betongelementer AS, u.å).

### 2.2.5 FORDELER OG ULEMPER VED BRUK AV BETONG

Betong er det mest brukte byggematerialet opp gjennom tidene, med god grunn. Det finnes mange fordeler med det, men også noen ulemper. Under er det listet opp fordeler og ulemper ved bruk av betong.

Tabell 2.2: Fordeler og ulemper med bruk av betong

Fordeler	Ulemper
God kvalitet	Lite strekkfasthet
Stor trykkfasthet	CO <sub>2</sub> -utslipp
Stor formbarhet	Høy vekt
God bestandighet	Betongen er et «levende» materiale (endrer dimensjoner i samsvar med belastning, fuktnivå og temperatur).
Kort byggetid	
Brannsikkert	
Frostsikkert	
Kan lages tilnærmet vanntett	
Forholdsvist rimelig i pris	
Relativt bra utseende	
Krever minimalt vedlikehold	

(M. Opshal, personlig kommunikasjon, 21. august 2018) og (Betongelement foreningen, u.å, s. 11).

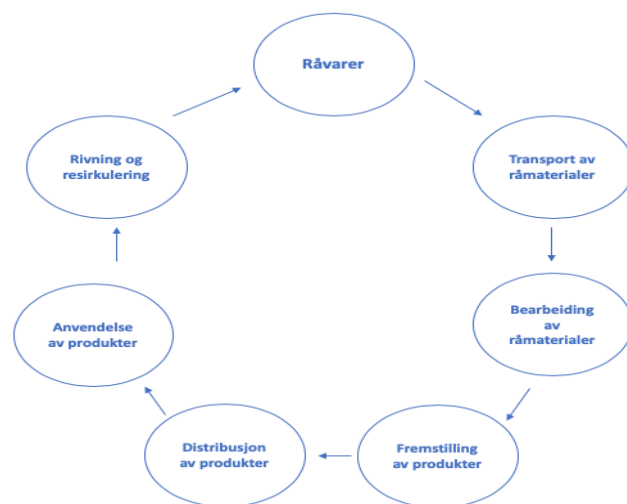
## 2.2.6 KLIMAPÅVIRKNING

«Betong står for ca. 5% av verdens CO<sub>2</sub>-utslipp» (Solberg, 2016, avsn. 1). Det er produksjonen av råvarer som står bak mesteparten av utslippene. I all hovedsak er det sementindustrien med sin 4-5% som er verstingen (Solberg, 2017).

Norcem AS, er den eneste sementprodusenten i Norge, som har som mål å levere klimanøytral betongprodukter innen 2030 med CO<sub>2</sub>-fangst (karbonfangst). Norcem er globalt sett først ute i sementindustrien med å utrede et anlegg for karbonfangst. Dette vil redusere klimagassutslippene for betong betraktelig (Norcem, u.å).

## 2.3 LCA, LIFE CYCLE ASSESSMENT

”LCA er en sammenstilling og evaluering av inngangsfaktorer, utgangsfaktorer og de potensielle miljøpåvirkningene til et produktsystem gjennom dets livsløp” (Standard Norge, 2006, s. 4). Life Cycle Assessment, på norsk livsløpsvurdering, er en analysemetode brukt for å se på miljøpåvirkningene gjennom hele levetiden til et mangfold av aktiviteter (LCA.no, u.å). LCA gjøres for å kunne kartlegge et produkt sitt klimaavtrykk. Vurderingen gir en forståelse på hvilke miljøpåkjenninger som knytter seg til produktet og man kan derav velge løsninger med lavere påkjenninger. En LCA analyse er med på å utvikle kunnskap om hvor du kan oppdage de kritiske miljøpåvirkningene i livsløpet til et produkt (Østfoldforskning, u.å). En råvare, et materiale eller et produkt går igjennom en livsløpsyklus som vist på i figuren under. Alle ferdige produkter, om det er et bygg eller melken i kjøleskapet, går igjennom en slik syklus hvor det er utslipp knyttet til hver fase.



Figur 2.4 Livsløpsyklus av råvare, materiale eller produkt

En livsløpsvurdering kan benyttes for å sammenligne miljøaspekter i et komplett byggeprosjekt. Livsløpsvurderingen består av fem overordnede livsløpsfaser, med flere underfaser slik det er vist på *tabell 2.3* (SINTEF Byggforskserien, 2015). Utgangspunktet for livsløpsvurderinger er miljødeklarasjoner, EPD'er. Når man skal utarbeide en livsløpsvurdering må det settes systemgrenser. Det må derfor avgjøres om man skal se på hele livsløpet eller bare deler, hvis ikke alt er relevant. Det er viktig at det ikke bare er selve produktet som er med i livsløpsvurderingen, men at det er hele produktsystemet som skal bli sett på. Et produkt går gjennom ulike systemer/faser fra råvareuttak og transport til avhending. Når det gjøres en vurdering av et bygg kan informasjon om byggets bruksfase være relevant. Da skal dette også med i analysen (SINTEF Byggforskserien, 2014).

Tabell 2.3 Livsløpsfaser

A1-A3			A4-A5		B1-B7								C1-C4				D
Produksjonsfase			Byggefase		Bruksfase								Slutfase				Etter livsløpet
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	C1	C2	C3	C4	D
Råvareuttak	Transport	Produksjon	Transport	Byggeplass	Bruk	Vedlikehold	Represjon	Utskiftning	Ombygging	Energibruk	Vannbruk	Transport	Rivning	Transport	Avfallshåndtering	Avhending	Potensialet for gjenvinning

(Standard Norge, 2018)

### 2.3.1 LIVSLØPFASENE

Fase A1 - A3 blir ofte kalt materialfasen eller produksjonsfasen. Det er her råvarer blir tatt ut, transportert til produksjonslokaler og bearbeidet. Disse fasene dekker handlinger ”fra vugge til port” det vil si at all aktivitet fra råvareuttak til ferdig bearbeidet produkt skal medtas i denne fasen. Om et material som sluttprodukt er tildekket med for eksempel plast for beskyttelse er også plasten en del av varen og skal medtas i disse fasene.

Byggefasen eller konstruksjonsfasen omhandler fase A4 - A5. Fase A4 er knyttet til transport fra produksjonslokalene til byggeplassen samt all transport i byggefasen av for eksempel utstyr og tjenester. Det er viktig å påpeke at fase A4 omhandler ikke kun transport *til* byggeplassen, men også transport *fra* byggeplassen. A5 er utslippene knyttet til oppstilling av bygget, altså byggestart helt til praktisk ferdigstillelse. Montering av produkter både på og



utenfor byggeplass samt kapp og svinn skal også medtas her. Energibruk knyttet til for eksempel kraner, oppvarming og kjøling er også relevant for denne fasen.

Bruksfasen er aktiviteter med en relevant miljøpåkjenning knyttet til drift av bygningen. Det kreves at det tas hensyn til aktiviteter rundt fasene B1 - B8 som er oppgitt i *tabell 2.3*. Fase B1 skal fastslå de innvendige og utvendige forholdene for bygget. Utslipp av stoffer kan avhenge av hvordan bygget brukes, hvilken temperatur, fuktighet og lufthastighet det er i bygget og er derfor relevant for denne fasen. Fase B2 - B4 er vedlikehold, reparasjon og utskifting. Disse fasene kan være krav byggherren har satt på vedlikeholdsintervall eller en produsents informasjon angående hvor lenge et produkt kan brukes før det må skiftes ut. Disse utslippene er anbefalt å basere seg på statistikk eller normative data. Fase B5, oppussing, skal avfallshåndtering, produksjon, transport og montering medtas. Det er også viktig å ta hensyn til livsløpets slutt-stadium for de nye komponentene. Fase B6 gjelder energiforbruk. Denne fasen skal minimum omfatte energiforbruket knyttet oppvarming, kjøling, ventilasjon, varmtvann og belysning. Energiforbruket skal være beskrevet og dokumentert. Det finnes flere modeller som kan etterfølges for å få oversikt over importert og eksportert energi. Fase B7, vannforbruk, skal minimum omfatte anvendt drikkevann til hygieniske formål og drikking samt forbruk knyttet til annen relevant aktivitet. Dette kan for eksempel være vanning av plen samt oppfylling av svømmebasseng. Fase B8, transport er en relativ ny fase og er ikke omtalt i NS 15978. I NS 3720:2018 er det omtalt at denne fasen omhandler all utslipp tilknyttet transport. Dette gjelder personbiler, varetjenester, avfallstjenester og kollektivtransport som buss, båt, fly og tog.

Sluttfasene, C1 - C4, omfatter utslipp knyttet til demontering, rivning av bygget samt transport og håndtering av materialene. Fase C1, rivning, er begrenset til relevante aktiviteter på og rundt byggeplassen som omhandler rivning. I fase C2, transport, er det viktig å dokumentere type transportmiddel, avstand og brenselforbruk for hver materialgruppe. Fase C3, avfallshåndtering omhandler gjenbruk, resirkulering og energigjenvinning. Denne fasen er aktivitet rundt håndtering av avfall til det ikke lengre anses å være avfall fordi det har blitt resirkulert, gjenbrukt eller energigjenvunnet. Fase C4, avhending, er aktiviteter rundt disponering av materialer. Dette kan for eksempel være nøytralisering eller forbrenning.

Etter livsløpet, fase D, omfatter gjenbruk, gjenvinning og resirkuleringspotensialet til et bygg. Dette utgjør positive eller negative bidrag avfallhåndteringen har på miljøet. Hvis dette punktet er relevant og tilgjengelig kan dette punktet medtas i livsløpsvurderingen, men det er gitt at alle de andre fasene er tilstrekkelig gjort rede for.

(Standard Norge, 2012)

### **2.3.2 EPD**

EPD står for Environmental Product Declaration, miljødeklarasjon som det heter på norsk. En EPD tar for seg fasene gitt i *tabell 2.3* og er et dokument på noen få sider som tar for seg miljøbelastningene til et produkt eller en tjeneste. For at det skal være mulig å kunne sammenligne flere EPD'er, baserer de seg på vitenskapelige metoder og internasjonale standarder. Poenget er at kunder skal kunne ta miljømessige riktige valg basert på miljødeklarasjonene. Siden EPD'er er objektive, troverdige og adderbare kan de brukes som miljødokumentasjon på varer der dette kreves (EPD-Norge, u.å). Dette er relevant i byggebransjen da plan- og bygningsloven setter krav på blant annet miljøkvalitet for byggevarer. (Wærp, u.å).

### 3 METODE

Metode omhandler bevissthet om valg av fremgangsmåte. For å komme til den beste konklusjon på en hensiktsmessig måte er det viktig å være bevisst på valg av metode i arbeidet. Arbeidet skal være repeterbart, det må derfor beskrives slik at studien kan gjentas og eventuelt videreutvikles.

#### 3.1 VALG AV METODER

Til denne studien er det valgt kvantitativ metode. Kvantitativ metode baseres på sammenligning og forståelse av tall og data, til forskjell fra kvalitativ metode som vektlegger teorier og fortolkninger (De Nasjonale Forskningsteknisk Komiteen, 2010). Konklusjoner baseres på sammenligning av beregnede CO<sub>2</sub> ekvivalenter for konstruksjonene.

##### 3.1.1 PROGRAMVARE

Til å beregne nødvendig tykkelse på vegger, søyler, bjelker, tak og dekke i forhold til alle laster, samt brann- og lydkrav brukes det beregningsprogrammer. Det brukes også programmer til å tegne figurer for å lettere se hvordan lastene fordeler seg nedover bygget.

*Calculatis* benyttes til å velge størrelser og tykkelse på treelementene. Dette programmet er fra *Stora Enso*, en utvikler og produsent av løsninger basert på blant annet trevirke (*Stora Enso*, u.å). *Calculatis* er et anerkjent dimensjoneringsverktøy og er mye brukt av ingeniører for dimensjonering av treprodukter. Programmet analyserer produkter som trebjelker, massivtre og limtre (*Stora Enso*, u.å).

*Bluebeam* er et program som ofte blir brukt til å revidere og supplere PDF-filer. I dette arbeidet er *Bluebeam* brukt til å tegne enkle forklarende figurer.

*Revit* er et BIM-program fra Autodesk. I arbeidet brukes *Revit* til å modellere massivtrebygget i 3D.

For beregning av vindlast er det blitt benyttet et program fra Ove Sletten, *Last*. Dette programmet oppgir hvilke vindlast som oppstår på bygget og følger NS-EN 1991-1-4.

Programmet er også blitt brukt til å kontrollere snølast, der NS-EN 1991-1-3 blir etterfulgt (Sletten Byggdata, u.å).

*Excel* brukes som et regneark for å holde en oversiktlig orden over alle faktorer og funksjoner. Dette programmet er brukt til ”håndberegningene”.

*One click LCA* er et LCA verktøy. Programmet er brukt til å beregne klimagassutslippene til bæresystemene. Data om materialer og mengder fra byggene er importert inn i dette programmet. I programmet lages det to scenarioer, ett for referansebygget og ett for massivtrebygget. Innenfor hver av scenarioene velges type- og mengde materialer fra valgt produsent. Programmet har en database med EPD'er som er utgangspunktet til klimagassregnskapet. Avstanden fra produsenten til byggeplassen angis inn og det velges hvilken transportform det skal benyttes.

### **3.2 REFLEKSJON OG KVALITETSSIKRING**

Sweco ønsker at resultatene som kommer fra dette studien skal være generaliserbare. Bygget som er gitt som utgangspunktet er et typisk leilighetsbygg med tanke på etasjer og utforming. Det vil likevel være faktorer, som høyde og geografisk plassering av bygget som er unikt for dette prosjektet. Når lastene beregnes, beskrives dette så godt som mulig, slik at det er mulig å gjennomføre tilsvarende beregninger for et fremtidig prosjekt.

Kvalitetssikring av dimensjonene fra Stora Enso *Calculatis* er kontrollert opp mot standarder i form av egne beregninger og med ferdige Excel-ark som er utarbeidet av Sweco.

Mengeberegninger er utført i Excel og dobbeltsjekket av partner i gruppen.

Programmer og Excel-arkene som er brukt til å dimensjonere brukes aktivt av Sweco, det er derfor pålitelige programmer.

Kildene er for det meste er hentet fra Standard Norge og SINTEF Byggforskserien, mens noe er av interessegrupper og fagsider som Norsk Treinstitutt og Østfoldforskning. Kildene har blitt sett med et kritisk perspektiv.

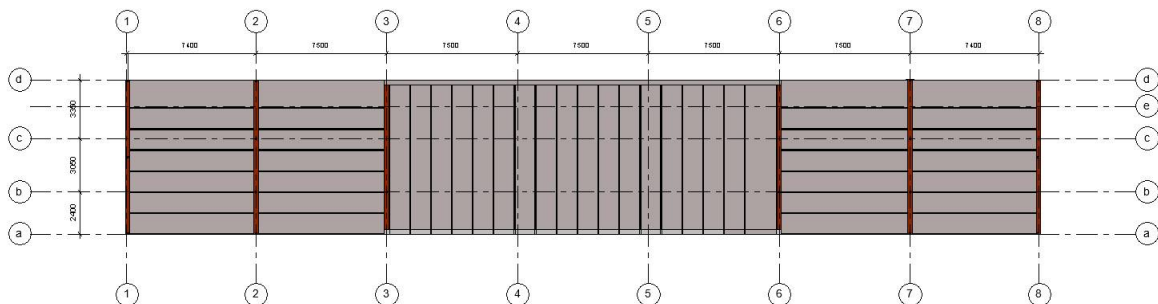
Noen av EPD'ene som har blitt benyttet i denne studien er til en viss grad mangelfulle. Dette gjelder spesielt fase A5 og C1 - C4 som ikke er deklarerert eventuelt ikke relevant. Hele fase B er også i noen av EPD'ene ikke deklarerert, men denne fasen er ikke relevant for denne studien. EPD'ene som er benyttet er valg med bakgrunn av material. Der materialet med tilhørende EPD ikke er funnet er det benyttet tilsvarende EPD benyttet. Leverandører har i tillegg blitt kontaktet for å kontrollere at tilsvarende EPD'er er tilstrekkelig.

## 4 CASE

### 4.1 BESKRIVELSE AV REFERANSEBYGGET

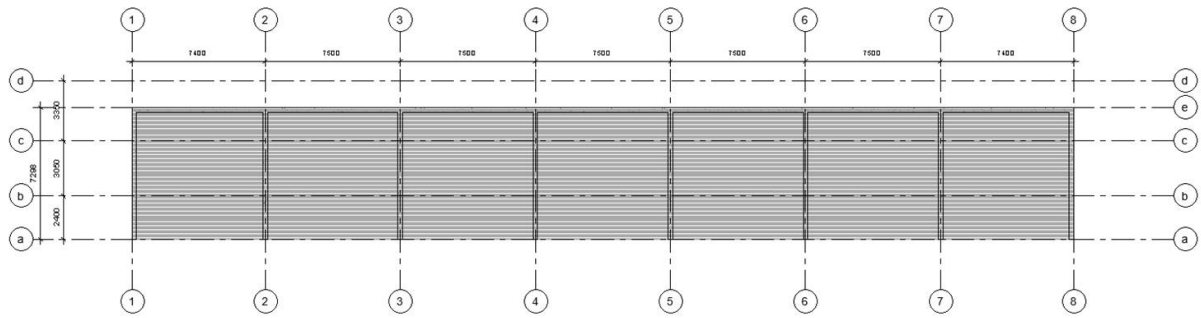
Referansebygget som er utlevert består av vegg- og hulldekkeelementer, stålbejler- og søyler, samt flatt tak. I modellen er kun bæresystemet medtatt. Det er kun oppgitt geografisk plassering dimensjoner og betong- og stålklasse. De tilhørende lastene for referansebygget er ikke blitt utlevert.

Bygget består av totalt ni leiligheter og ni parkeringsplasser med tilhørende boder fordelt over tre etasjer. Alle parkeringsplassene og boder, er plassert etter hverandre i tredje etasje. For å få en friere planløsning er det benyttet stålsøyler fremfor betongskiver i denne etasjen. Hulldekkene over parkeringene spenner på tvers, med en spennvidde lik 8 800 mm. Disse elementene ligger på en LB-bejler som blir støttet av søyler. Dermed er det unngått ytterlige søyler i akse 4 og 5. *Figur 4.1* viser takplanet for referansebygget.



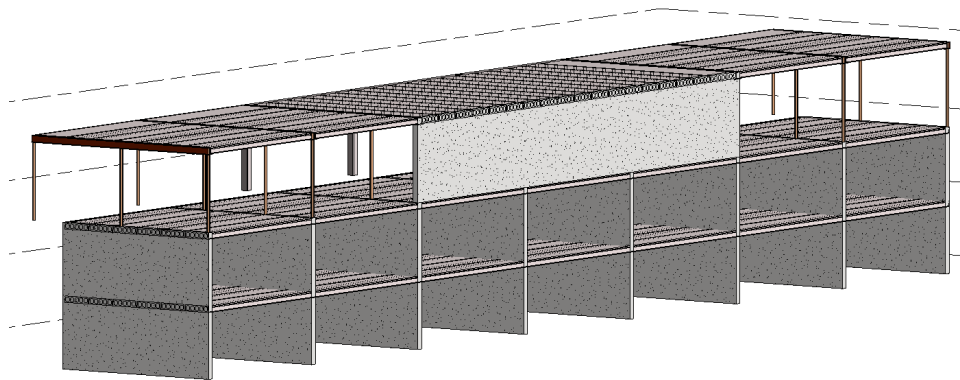
*Figur 4.1 Takplan*

Hulldekkene i leilighetene ligger langsgående med standard elementbredde på 1 200 mm og tykkelse 265 mm, dekkene er lagret opp på stålbejler. Dekkene mellom akse 1 og 2, samt 7 og 8 spenner over 7 400 mm, mens resterende dekker spenner over 7 500 mm som vist i figuren under.

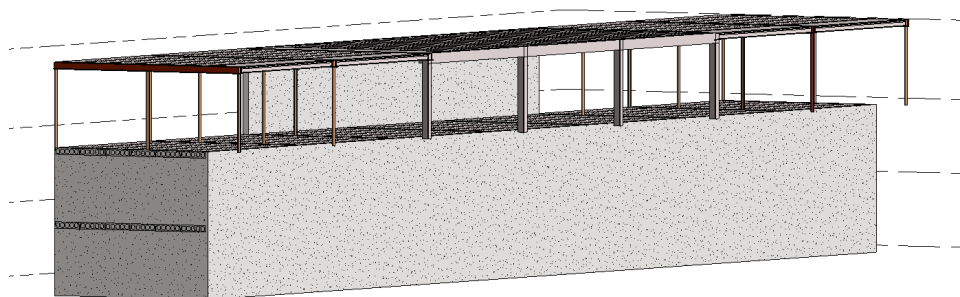


Figur 4.2 Dekke, 2 og 3 etasje

Alle veggskivene består av armert betong med en tykkelse på 250 mm. I første og andre etasje er høyden på veggene 3 000 mm, mens i tredje etasje er høyden 3 300 mm. Det er satt opp avstivende vegger for å stabilisere og å motstå trykk fra grunnen i lengderetningen både i første og andre etasje. I tredje etasje er det vindavstivende vegger langsgående med parkeringene. Under er referansebygget vist i to figurer fra *revit*.



Figur 4.3 Referansebygget forfra



Figur 4.4 Referansebygget bakfra

## 4.2 LASTER

Valgene som gjøres i dimensjoneringen av massivtrebygget baseres på ulike laster. Lastpåkjenningene som medtas i denne studien er egenlaster, nyttelaster, snølast, vindlast og ulykkeslaster. Byggets geografiske plassering, utforming og hva det skal brukes til er avgjørende for størrelsen på disse lastene.

I dette studiet er massivtrebygget dimensjonert ut ifra et treetasjes leilighetsbygg på Langhus. Dette er informasjon som er gitt i referansebygget. Med dette som grunnlag vil det i de følgende delkapitlene bli sett på lastene som virker på bæresystemet til bygget.

### 4.2.1 EGENLAST

Egenlast beregnes ut ifra Eurokode 1: Allmenne laster – Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger (Standard Norge, 2019) og fra Byggforskserien 471.031: Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler (SINTEF Byggforskserien, 2013).

Egenlasten er permanente laster, som faste installasjoner og dekker, samt egenvekten til massivtreet. Under er det tabeller som viser oppbygningen til dekket, med tilhørende egenlast.

Tabell 4.1 Egenlastene fra ikke-bærende bygningsdeler

	Oppbygning	Egenvekt [kN/m <sup>3</sup> ]	Egenlast: $q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Takplan	Taktekking og isolasjon (SINTEF Byggforsk, 2013, pkt. 46.)		0,4
	Himling, rør og ventilasjon (erfaringstall Sweco)		0,3
	<b>Σ Påført egenlast</b>		<b>0,7</b>
Typisk etasje	Parkett, 20 mm (SINTEF Byggforsk, 2013, pkt. 38)	5,0	0,1
	Påstøp, 80mm	25,0	2,0
	Trinnlydplate, 20 mm (SINTEF Byggforsk, 2013, pkt. 26)	1,6	0,03
	Sponplate, 22 mm	7,5	0,17



	(SINTEF Byggforsk, 2013, pkt 28)		
	Gipsplate, 13 mm	9,0	0,13
	(SINTEF Byggforsk, 2013, pkt 29)		
	Himling, rør og ventilasjon (erfaringstall Sweco).		0,3
	<b>Σ Påført egenlast</b>		<b>2,73</b>
<b>Fasade</b>	Fasadesystem – linjelast (produsenten oppgir opplysninger)		Neglisjerer dette.
<b>Etasjedekke under garasje</b>	Himling, rør og ventilasjon (erfaringstall, Sweco)		0,3
	Påstøp 100 mm med fall	25,0	2,5
	Trinnlydsplate, 50 mm	1,6	0,08
	<b>Σ Påført egenlast</b>		<b>3,0</b>

Tabell 4.2 Egenlaster fra bærende bygningsdeler

Materiale	Oppbygning	Egenvekt [kN/m <sup>3</sup> ]	Egenlast $q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Massivtre</b>	Typisk dekke, CLT 220 (tak)	5 (SINTEF	1,1
	Typisk dekke, CLT 280 (3. Etg.)	Byggforsk, 2013,	1,4
	Typisk dekke, CLT 280 (2. Etg.)	pkt. 28.)	1,4

#### 4.2.2 NYTTELAST

Nyttelasten beregnes ut ifra Eurokode 1: Allmenne laster – Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger (Standard Norge, 2019).

All normal bruk av bygget betegnes som nyttelast, dette vil si last fra vanlig menneskelig bruk, møbler og bevegelige gjenstander, kjøretøy og maskiner.

Ifølge NA.6.1.2(10) og NA.6.1.2(11) kan nyttelasten redusere med henholdsvis etasjereduksjonsfaktoren,  $\psi_n$ , og arealreduksjonsfaktoren,  $\psi_A$ . Det velges å se bort i fra disse reduksjonsfaktorene. I dette arbeidet benyttes hele nyttelasten uten noen form for reduksjon (SINTEF Byggforskserien, 2003).

Lastene deles inn i forskjellige brukskategorier ut ifra hvilket bruksformål området har. Disse kategoriene har nyttelastverdier som er hentet fra tabell 6.2, 6.8, 6.9 og 6.10 i NS-EN 1991-1-1. Under vises brukskategoriene som er i massivtrebygget.

Tabell 4.3 Brukskategorier

Kategori	Spesifikk bruk	Min. jevnt fordelt last, $q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Min. Punktlast, $Q_k$ [kN]
A	Areal for inneaktiviteter og hjemmeaktiviteter	2,0	2,0
H Takvinkel < 20°	Tak som det ikke er adkomst til annet enn for vedlikehold og reparasjon	0,75	1,5
F	Garasje, parkeringsareal, parkeringshus	2,5	10-20

(Standard Norge, 2019)

#### 4.2.3 SNØLAST

Beregninger for dimensjonerende snølast utføres i henhold til Eurokode 1: Allmenne Laster – snølaster (Standard Norge, 2010) og Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner (Standard Norge, 2016). Resultatet fra beregningen dobbeltsjekkes med programmet Ove Sletten som ligger i *Vedlegg 7 - Snølast* (Sletten Byggdata, u.å).

For å beregne snølast må det tas hensyn til område, meter over havet og geometrien på taket. Leilighetsbygget ligger i Langhus som er i Nordre Follo (tidligere Ski kommune). Her er det normal topografi og snøen smelter mellom årstidene (SINTEF Byggforskserien, 2003, pk. 22).

Formelen for snølast på tak hentes fra ligning (5.1) (Standard Norge, 2010, s. 12).

Formel 4.1 Karakteristisk snølast (Standard Norge, 2010, s. 12)

$$S = \mu_i C_e C_t s_{k,0} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,5 = 2,8 \frac{kN}{m^2}$$

$C_e = 1,0$  fra tabell 5.1 – Anbefalte verdier for  $C_e$  for forskjellige topografier.

(Eksponeringsfaktor)

$C_t = 1,0$  fra 5.2(8) Lasttilfelle (termisk faktor)

$\mu_1(0^\circ) = 0,8$  fra tabell 5.2 (formfaktor for snølast)

$S_{k,0} = 3,5 \frac{kN}{m^2}$  fra tabell NA.4.1(901) (karakteristisk snølast på mark)

#### 4.2.4 VINDLAST

Bygget er plassert i Langhus blant andre leiligheter og annen bebyggelse. Dette har sammen med byggets geometri en innvirkning på vindtrykket bygget skal dimensjoneres for.

Vindlaster beregnes med programmet til Ove Sletten, som følger Eurokode 1: Allmenne laster – Vindlaster (Standard Norge, 2009).

Bygget har følgende geometri:

- Bredder: 8,8 m
- Lengde: 52,3 m
- Høyde: 9,44 m
- Flatt tak

Følgende resultat regnes ut:

Tabell 4.4 Vindlast, verdier

Fylke, kommune		Viken, Nordre Follo	
Høyde over havet	$H_0$	52,8 fra tabell NA.4(901.2)	m
Returperiode		50	år
Referansevindhastighet	$V_{b,0}$	22 fra tabell NA.4(901.1)	m/s
Høyde fra grunnivå til referansenivå	$z$	9,45	m
Terrenggruhetskategori		III fra tabell NA.4.1	
Beregnet vindhastighet	$V_{kast}$	29,1	m/s
Beregnet vindkasthastighetstrykk	$Q_{kast}$	0,53 fra figur V.1 a	$kN/m^2$

For å regne ut vindkasthastighetstrykket er koeffisientene i ligning V.1 antatt å være lik 1,0.

Anbefaling fra veiledere oppga at  $c_0$  skal være lik 1,0. Derav blir:

$k_1 = 1,0$  ut ifra punkt V.4

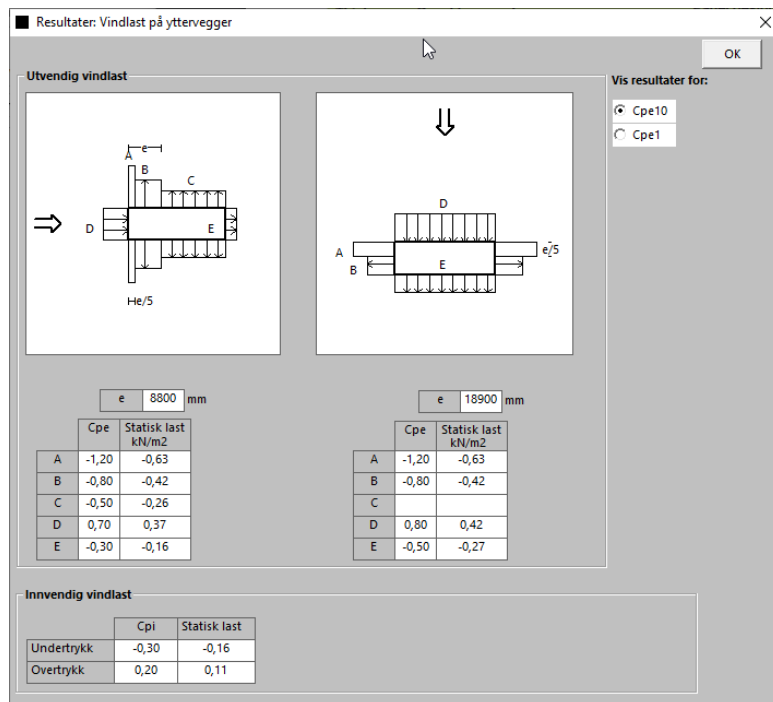
$k_2 = 1,0$  ut ifra punkt V.5  $c_0=k_1=1,0$  og dermed  $k_2 = 1,0$

$k_3 = 1,0$  ut i fra punkt V.6  $x_B$  er avstanden i kilometer fra overgang i terrengruhet til byggested, ingen nærliggende overgangssone, derav  $x_B = 10$  og  $k_3 = 1,0$  for alle verdier i terrengkategori III.

Referansehastigheten,  $V_{b0}$ , for Nordre Follo er 22 m/s som hentes fra tabell NA.4(901.2), terrengruhetkategorien III er fra tabell NA.4.1 og høyden  $z$  over terrenget er byggets høyde. Vindkasthastighetstrykket bestemmes ut ifra figur V.1 a til å være  $0,53 \text{ kN/m}^2$ .

Vindtrykket på byggets overflate vurderes med tanke på vindkasthastigheten. Som man kan se på figuren under vil bygget få forskjellig sug- og trykkrefter alt etter hvor vinden kommer fra. Bygget dimensjoneres for det verste tilfelle.

Tabellene viser formfaktorer for det utvendige trykket  $C_{pe10}$ , som er for dimensjonering av bærekonstruksjoner og vindlast på lang- og kortsiden. De positive verdiene er for trykkrefter, mens de negative er for sugekrefter. Bygning er uten dominerende vindfasade. Det er derfor valgt standard faktorer for overtrykk og undertrykk henholdsvis lik 0,2 og -0,3.

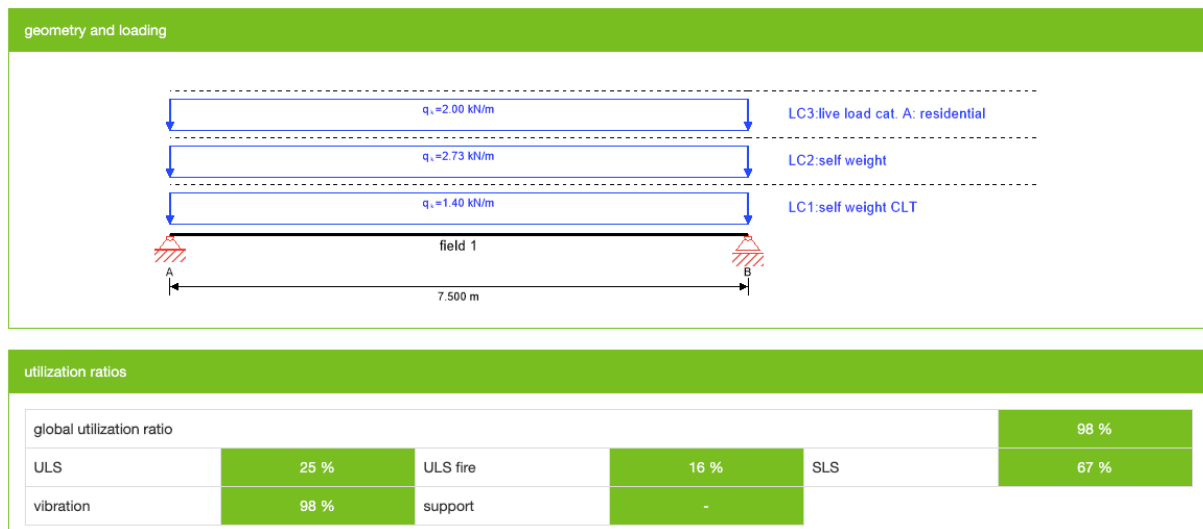


Figur 4.5 Vindlast mot fasade

#### 4.2.5 LASTKOMBINASJONER

Bygget må tilfredsstille kravene til brudd- og bruksgrensetilstand etter Eurokode: Grunnlag for prosjektering (Standard Norge, 2016) og Eurokode 5: prosjektering av trekonstruksjoner (Standard Norge, 2010). Det er ennå ikke laget en egen standard for massivtre, derfor hentes verifikasjonsmetoden fra KLH sin ETA-godkjenning som baserer seg på Eurokode 5 (KLH Massivholz GmbH, 2017).

Som nevnt blir Calculatis brukt til å beregne bæresystemet, der blant annet brudd- og bruksgrensetilstand kontrolleres, samt vibrasjon og brannmotstand. Et eksempel på dette er illustrert på figuren under. Her utnyttes bruddgrensetilstanden med 25%, bruksgrensen med 67% og vibrasjonen 98% på dekket i tredje etasje kategori A. Vibrasjonen er som regel dimensjonerende for etasjeskillere. Kravene i Calculatis er basert på det nasjonale tillegget til standarden i Østeriket. I *Vedlegg 3 – Calculatis massivtreelementer* finnes alle dekkene og viser at grenseverdiene er overholdt.



Figur 4.6 Geometri og last, dekke tredje etasje

Videre i dette kapitlet presenteres formler som brukes for å kontrollere resultatene av dekkene som kommer fra *Calculatis*. I *Vedlegg 4 – Håndberegninger av brudd- og bruksgrensekontroll* av dekker finnes alt av utregninger av disse formlene. Kontroller av limtrebjelker- og søyler er kontrollert med Excel-arkene gitt av Sweco som finnes i *Vedlegg 2 - Excel-ark som kontroll av limtrebjelker- og søyler*.

*Bruddgrensetilstand* gjelder sikkerhet mot kollaps av konstruksjonen. Det skal ikke være fare for sikkerheten til mennesker eller store materielle skader. Det må kontrolleres at dimensjonerende kapasitet er større enn dimensjonerende belastning. Dette gjøres ved å kontrollere bøye- og skjærspenninger.

### **Bøyemoment**

Følgende bøyemoment på dekkene må kontrolleres:

*Formel 4.2 Bøyemoment (KLH Massivholz GmbH, 2017, s. 27)*

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

Her er  $\sigma_{m,d}$  dimensjonerende bøyespenning om hovedaksen, mens  $f_{m,d}$  er dimensjonerende bøyefasthet.

### **Skjær**

Følgende skjærspenninger på dekkene må kontrolleres:

*Formel 4.3 Skjærspenning (KLH Massivholz GmbH, 2017, s. 27)*

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,R,d}$$

Her er  $\tau_{v,d}$  dimensjonerende skjærspenninger og  $f_{v,R,d}$  er dimensjonerende rulleskjærfasthet.

*Bruksgrensetilstand* skal sørge for at konstruksjonen ikke påvirker menneskets komfort, konstruksjonen utseende eller funksjonsdyktigheten ved vanlig bruk. For massivtredekker er det spesielt vibrasjon og nedbøyning som må sjekkes. Under er det et eget kapittel om luftlyd og trinnlydisolasjon. Det skal påvises at den dimensjonerende grenseverdien skal være større eller lik den dimensjonerende verdien for lastvirkning.

### **Nedbøyning av dekker**

Det kontrolleres at nedbøyning ikke overskrider grenseverdiene gitt i tabell 7.2 i EC5 som er mellom 1/250 og 1/350. For å beregne endelig nedbøyning på dekkene i massivtrebygget benyttes en direkte beregningsmetode hentet fra Limtreboka - beregningseksempler (Bell & Liven, 2018, s. 23). Det vanligste er å velge bruksgrenseverdien «hyppig forekommende lastkombinasjon». Denne verdien sjekkes opp mot kravet.

Kontroll av nedbøyning av dekket:

*Formel 4.4 Kontroll av nedbøyning*

$$W_{fin,ofte} \leq \frac{l}{300}$$

*Formel 4.5 Netto endelig nedbøyning*

$$W_{fin,ofte} = \frac{5 p_{fin,ofte} l^4}{384 E_{mean} I}$$

*Formel 4.6 Bruksgrensetilstand, ofte forekommende situasjon*

$$p_{fin,ofte} = q_k(\Psi_{1,1} + \Psi_{2,1} k_{def} + g_k (1 + k_{def}))$$

Her er  $k_{def} = 0,8$  hentet fra tabell 3.2 i EC5.

#### 4.2.6 LUFTLYD OG TRINNLYDISOLASJON

Svingninger i mekaniske systemer blir ofte betegnet som vibrasjon. Som nevnt er vibrasjon som regel dimensjonerende for etasjeskiller, så for oppbygningen av dekke må vibrasjon medtas og tas hensyn til. Disse svingningene kan forplante seg videre gjennom andre materialer. Et massivtredekke utføres som én sammensatt bygningsdel for å oppnå kravet til forskriften. Kravet til forskriften oppnås i massivtrebygget ved tiltak på oversiden av elementet i dette studiet (Treteteknisk, 2006, (hefte 5)).

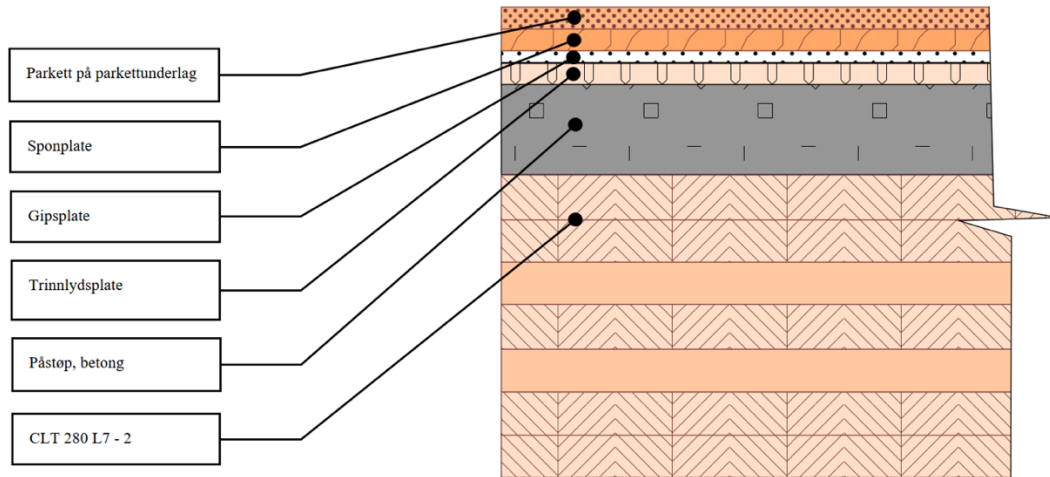
Byggforskserien viser forhåndsdokumenterte løsninger for oppbygning av etasjeskillere i massivtre. I dette studiet velges det en løsningen fra tabell 62 fra 522.891, Byggforskserien. Denne oppbygningen består av massivtre og betongpåstøp (80 mm). Det skal i tillegg være en trinnlydsplate, men dette påvirker ikke oppbygningen av dette bæresystemet som én sammensatt bygningsdel. Med denne løsningen blir  $R_w = 55-58$  og  $L_{n,w} = 53-50$  (SINTEF Byggforskserien, 2009).  $R_w$  er luftlydisolasjon, egenskapen en konstruksjon har til å stenge ut luftlydoverføringer i bygninger og  $L_{n,w}$  er trinnlydisolasjon, egenskapen en konstruksjon har til å stenge ut lyd fra banking, fottrinn og lignende i bygninger (Standard Norge, 2019). I NS 8175:2019 angis det krav for feltmålte verdier av luftlydisolasjon og trinnlydisolasjon,  $R'_w$  og  $L'_{n,w}$ . Med denne oppbygningen oppnås kravene for lydklasse C (Standard Norge, 2019). Figuren under viser oppbygning av ferdig dekke.

Formel 4.7 Lydklasse C, Luftlydisolasjon (Standard Norge, 2019)

$$R'_w + C_{50-5000} \geq 54 \text{ dB}$$

Formel 4.8 Lydklasse C, Trinnlydisolasjon (Standard Norge, 2019)

$$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 54 \text{ dB}$$



Figur 4.7 Massivtreelement lyd løsning, tilleggskonstruksjon

#### 4.2.7 BRANN

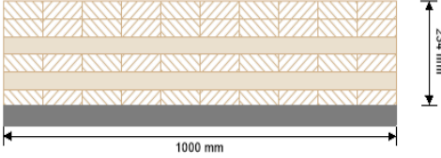
Bygget dimensjoneres for brann etter Byggteknisk forskrift (TEK17), kapittel 11: Sikkerhet ved brann (Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017) og ved hjelp av *Calculatis*.

I følge «§11-2» og «§11-3» tilhører bygget henholdsvis **risikoklasse 4** og **brannklasse 2**.

Med dette som bakgrunn gir «§11-4 tabell 1» at hovedbærekonstruksjonen skal ha brannkrav **R60**. R60 betyr at bygget skal ha tilstrekkelig bæreevne og stabilitet i minst 60 minutter ved en brannpåkjenning, slik at det er mulig å komme seg ut og slukke brannen i tide.

Når det velges tykkelse på vegg- og dekkelementer i programmet *Calculatis* er det valgt brannklasse R60 og hvor mange sider av elementet som vil være brannutsatt. Dette velges for å vite om det skal beregnes for innbrenning fra én eller flere sider. Vanligvis for dekker er det kun en side brannutsatt. *Calculatis* vil ut ifra disse kravene regne ut kapasiteter i bruddgrense ved brann. Under er det vist et eksempel på oppbygning av dekke i massivtrebygget, og hvordan den blir påvirket under brann. Den grå delen på dekket indikerer forkullingen som vil skje under en brann på 60 min.



section fire: CLT 280 L7s - 2						
	layer	thickness	orientation	material		
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	3	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	5	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	6	34.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	$t_{CLT}$	<b>234.0 mm</b>				
fire resistance class:R 60	time	<b>60 min</b>				
fire protection layering : no additional fire protection	$k_0$	$d_0$	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{ef,v}$
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	39.0	46.0	0.0	0.0

Figur 4.8 Brannpåkjenning dekke

Beregning av restverrsnitt som forklarer forkortelsene som er brukt i figuren over:

Branneksponeringstid (t): 60 min

Nominell forkullingshastighet ( $\beta_n$ ): 0,65 mm/min

Nominell forkullingsdybde ( $d_{char,0,h}$ ): 0,65 mm/min\*60 min = 39 mm

Effektiv forkullingsdybde ( $d_{ef,h}$ ): 39 mm + 1\*7 mm = 46 mm

Restverrsnittet ( $t_{CLT}$ ): 280 mm – 46 mm = 234 mm

(Treteknisk, 2012, s. 3)

Som man ser på figuren over er det er ikke valgt noen brannbeskyttelse på verken dette elementet eller resten av dekkene og veggene som er lagt i *Vedlegg 3 – Calculatis massivtreelementer*. Grunnen til dette er at massivtre forkulles under den termiske nedbrytningen. Kull har en varmeledningsevne på ca. 0,07 W/m°C, mens tre har 0,14 W/m°C som gjør at det friske treet bak forkullingen holder seg nærmest upåvirket. Denne egenskapen til tre vil medføre svært liten temperaturøkning på motsatt side av massivtreelementet. Selv om tre er et brennbart materiale er det sikkert å bruke, da det er forutsigbart så lenge bygget er tett rundt sjakter, rør- og kanalgjennomføringer (Tretknisk, 2006, (hefte 4)).

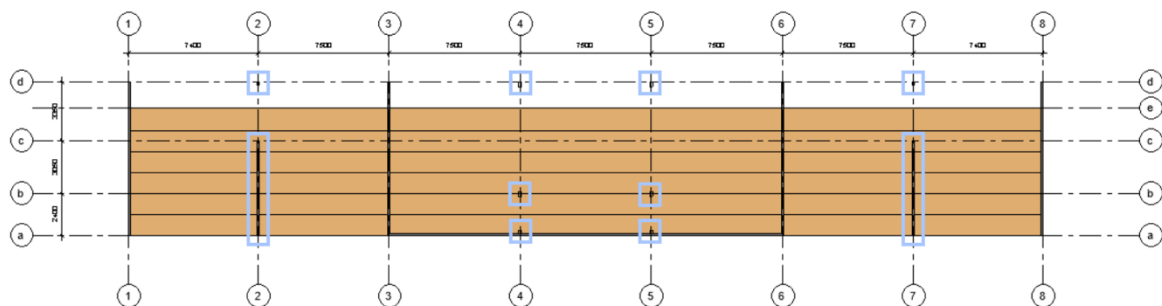
### 4.3 DIMENSJONERING AV TREBYGGET

Ut fra bæresystemet i referansebygget, dimensjoneres det et tilsvarende bygg hovedsakelig i massivtre, CLT. For beregninger av tykkelser på søyler, bjelker, dekke- og veggelementene benyttes *Calculatis* av Stora Enso. Dette sjekkes også gjennom Excel-ark gitt av Sweco og egne beregninger, som er knyttet opp mot Eurokoder. Lastoverføringene beregnes ved håndberegninger som finnes i *Vedlegg 1 - Lastoverføringer*. For veggene er lastfordeling gitt i *tabell 4.5*.

Tabell 4.5 Karakteristisk, lastfordeling, jevnt fordelt last, vegg

[kN/m], Akse	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Vegger 3. etg</b>	22	42	42	42	42	42	42	22
<b>Vegger 2. etg</b>	46	89	93	97	97	93	89	46
<b>Vegger 1. etg</b>	71	137	140	147	147	140	137	71

Tabell 4.5 viser resultatene av håndberegninger som gjøres for å bestemme hvor stor last hver vegg skal dimensjoneres for. Her er det tatt hensyn til nyttelast, egenlast, vindlast og snølast, og er gjort om til jevnt fordelte laster. Fire av veggene er markert i *tabell 4.5* og vist i *figur 4.9* med en blå kant rundt akse 2, 4, 5 og 7 i tredje etasje. Her er det ikke en hel vegg gjennomgående over dekket, slik som i de andre aksene. I akse 2 og 7 er det en massivvegg kombinert med bjelke og søyle, og i akse 4 og 5 er det tre søyler med en overliggende bjelke.



Figur 4.9 Dekke, tredje etasje, massivtrebygg

Lastfordelingen i disse aksene vil derfor oppføre seg litt annerledes enn hvor det er en gjennomgående vegg over dekket. Der det er søyler vil lasten være å betraktes som en tilnærmet punktlast og vil derfor være en større lokal last, spesielt i akse 4 og 5. Lasten vil

være tilnærmet punktlast fordi lasten fra søylen går ned til dekke og deretter videre til veggen under. Lasten vil kunne fordele seg noe, da den ikke går direkte fra søylen og til veggen.

Veggene i hele bygget er klassifisert i kategorier ut ifra hvilken last de skal tåle. I *tabell 4.6* er det en oversikt over veggtypene, kategoriene og lastintervall.

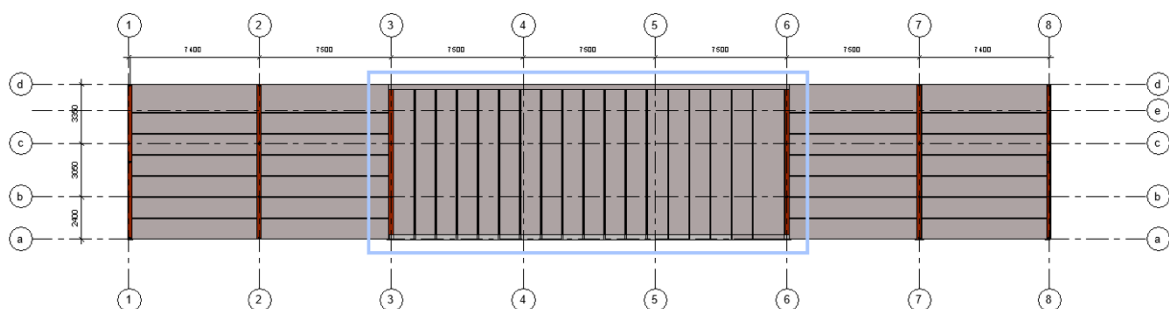
Tabell 4.6 Vegg Kategorier 1-3, Karakteristisk last

Vegg type	Kategori	[kN/m]
CLT 120L3s	1	20-44
CLT 120L5s	2	45-145
CLT 240 L7s	3	146-200

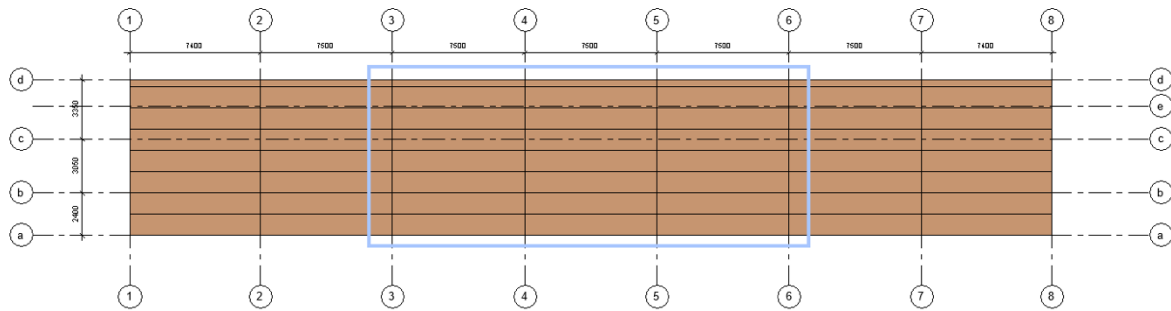
Fargene i *tabell 4.5* korresponderer med fargene i *tabell 4.6* hvor veggene er kartlagt med tilhørende kategori. Ut ifra denne tabellen kan man se at lastintervallet ikke stemmer for veggene i akse 4 og 5 i første og andre etasje. Dette er fordi lastene vil fungere som tilnærmet punktlastene over disse veggene og ikke en jevnt fordelt last.

#### 4.4 FORSKJELLER MELLOM BYGGENE

Det forsøkes å speile referansebygget så likt som mulig, men noen endringer må til for at alle kravene skal opprettholdes for massivtrebygget. En av endringene som gjøres er vist i *figur 4.10 og 4.11* under. I referansebygget spenner takelementene i motsatt retning mellom akse 3 og 6. Betongelementene spenner her over 8 800 mm. Så lange spenn bør unngås med trelementer. Massivtrelementer kan benyttes til frie spennvidder inntil 7 500 mm (Treteknisk, 2006, s. 19 (hefte 1)). Dette er på grensen av hva som blir regnet som rasjonelt i et massivtrebygg, derfor er takelementene lagt langsgående med bygget.

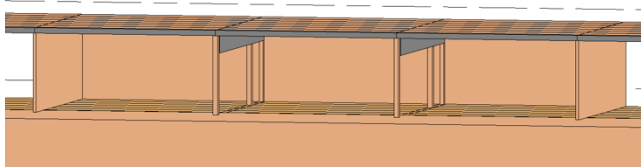


Figur 4.10 Takplan, referansebygget

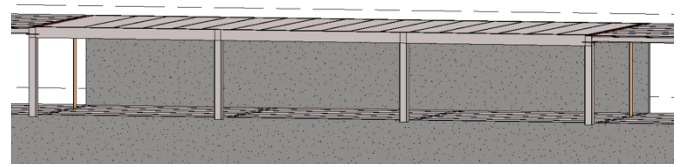


Figur 4.11 Takplan, massivtrebygget

Figur 4.12 og 4.13 viser løsningen originalt i referansebygget og løsningen det velges i massivtrebygget. I massivtrebygget velges det å ha tre søyler; en i akse a, b og d i øverste etasje. Det er boder mellom akse a og b, dermed er plasseringen av søylene i disse aksene vurdert å ikke ha noe reduserende effekt på plassen. Her er det er parkeringsområdet som er det mest kritiske. Grunnet lang spennvidde og innfestning av overliggende elementer er det behov for å ha en bjelke mellom søylene som vist i figur 4.12. Siden bjelken er relativt høy, 230 x 810 mm vil dette redusere takhøyden, men er fortsatt innenfor kravet som er minimum 2,3 meter (SINTEF Byggforskserien, 2015).

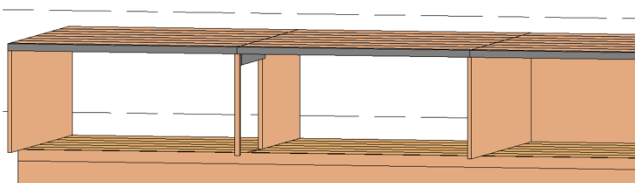


Figur 4.13 Garasjeområde, massivtrebygget

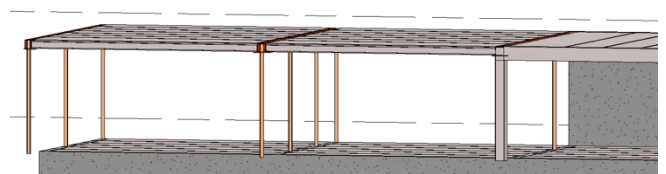


Figur 4.12 Garasjeområde, referansebygget

I akse 1, 3, 6 og 8 i tredje etasje er det valgt å ha en gjennomgående vegg som skiller boenheten og garasjen. Veggene er til fordel for søyler kombinert med høye bjelker. Dette er ikke valgt i referansebygget.



Figur 4.14 Akse 6, 7, 8 tredje etasje, massivtrebygget



Figur 4.15 Akse 6, 7, 8 tredje etasje, referansebygget

I *figur 4.14 og 4.15* er tredje etasje vist mellom akse 6 og 8. Her har referansebygget søyler fremfor vegger for å få en friere planløsning innenfor boenhetene. I massivtrebygget velges det å ha en delvis vegg kombinert med en søyle og en overliggende bjelke som vist i *figur 4.14*. Dette fordi en høy bjelke (tilsvarende som i garasjeområdet) vurderes til å være sjenerende inni en boenhet.

Byggene er symmetriske og bæresystemet i tredje etasje er likt utformet i akse 1, 2 og 3. Resten av massivtrebygget er utforminget likt som referansebygget.

#### **4.4.1 AVSTIVNING**

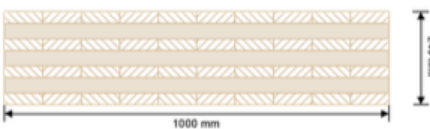
Når et massivtrebygg er høyere enn to etasjer skal det gjøres en analyse og dokumentering av byggets stabilitet og forankring (Treteknisk, 2006, s. 9 (hefte 2)). Dette er valgt å utelate grunnet at bygget kun er et referansebygg og forankring av bygget kan variere med valgt plassering av bygget og videre utforming.

For avstivning av bygget vil de horisontale kreftene bli tatt opp av veggene som vil virke som avstivende skiver (Treteknisk, 2006, s. 9 (hefte 2)). Det er ikke behov for å ha utsparinger til vinduer i veggelementene, derfor vil ikke bæreevnen bli redusert i massivtreveggene. I hver av etasjene er det tilstrekkelig med avstivende skiver. I tredje etasje er det fire skiver i form av gjennomgående vegger mellom hver boenhet i tillegg til en vegg som er plassert vinkelrett på disse veggene. Dette er tilstrekkelig for å overføre vindkrefter som moment og skjærkrefter ned til grunnen (E. Johnsen, personlig kommunikasjon, 20.mars 2018). De horisontale skivene, dekkene, er med på å fordele krefter videre til de vertikale skivene. I de andre etasjene er det åtte gjennomgående vegger i tillegg til en langvegg som er vinkelrett på de andre veggene. Dette er for å stabilisere og å stive av mot grunnen bygget er dimensjonert mot.

## 4.5 VALG AV MASSIVTREELEMENTER

Ved valget av dimensjoner av massivtreelementene er de karakteristiske lastene lagt til grunn. *Calculatis* gjør lastene om til dimensjonerende laster med tilhørende sikkerhetsfaktorer. Det oppgis hvor mye elementet er utnyttet i prosent og hvilke områder som er kritiske, som for eksempel brann, vibrasjon eller grensetilstander. For dekker er vibrasjon ofte dimensjonerende og for vegger er det brann.

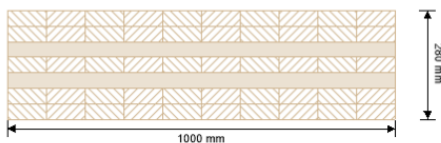
Ved dimensjonering av vegger velges det å ha tre kategorier med økende toleranse for hver kategori som er angitt i *tabell 4.6*. De veggelementene med størst last er veggene i akse 4 og 5 i første etasje, kategori 3. Tykkelsen på veggene i kategori 3 er relativt større enn i kategori 1 og 2, da disse veggene er under garasjen i 3. etasje. I figuren under er oppbygningen av dette elementet vist.

section: CLT 240 L7s				
	layer	thickness	orientation	material
	1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	6	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	7	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t <sub>CLT</sub>		<b>240.0 mm</b>		

Figur 4.16 Oppbygning vegg, kategori 3

Ved dimensjonering av dekkene er de mest kritiske område for hver etasje vurdert. Det er derav samme tykkelse på alle dekkeelementene i samme etasje. Under er det vist elementet som er benyttet i første og andre etasje.

section: CLT 280 L7s - 2			
layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
3	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
5	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
6	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
7	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t <sub>CLT</sub>	<b>280.0 mm</b>		



Figur 4.17 Oppbygning dekke, første og andre etasje

I vegg kategori 1 er dimensjonen CLT 120 L3s valgt. Med denne oppbygningen blir yttersjiktene 40 mm. Dette kan resultere i oppsprekninger og bør unngås med mindre veggen skal tildekkes. Alle veggene i kategori 1 skal tildekkes på minst én side grunnet kledning. Det er derfor valgt å ha denne oppbygningen til tross for at det kan forekomme sprekker.

I teorien vil elementene i de forskjellige områder ha forskjellige tykkelser. Dette er ikke aktuelt å gjennomføre, da det er naturlig å bestille ett antall av samme type element fremfor mange forskjellige. Under dimensjoneringsprosessen velges det derfor å samle veggene i kategorier og ha samme dekke i hver av etasjene. Når det gjelder søyler og bjelker velges det å ha to forskjellige søyler og to forskjellige bjelker.

## 5 LIVSLØPSVURDERING

### 5.1 BEREGNINGSGRUNNLAG

Livsløpsanalysen blir gjort i *One Click LCA*. *One Click LCA* for det europeiske markedet baserer utregningene på EN 15978 standard, som er i tråd med ISO 14040 og ISO 14044 standard. I beregningsprogrammet sammenlignes godkjente bygningsmaterialer som er sjekket for gyldighet, rimelighet og dekning. Informasjonen om materialenes miljøpåvirkning er hentet fra produsenter, 26 forskjellige EPD-databaser, samt en innarbeidet generisk database for byggematerialet. Databasen i *One Click LCA* består av 10.000 forskjellige byggematerialeressurser, som alle er i samsvar med EN 15804 eller ISO 14040 og ISO 14044 (*OneClick LCA*, u.å). For å kunne sammenligne byggene i *One Click LCA* må de være sammenlignbare, det vil si at begge enhetene har de samme funksjonelle egenskaper. For å gjøre analysen har data om materialmengder, kjørelengder, kjøretøy og EPD'er lagt inn i *One Click LCA*. Resultatene i *One Click LCA* er kontrollert av Sweco. Alt av beregningsgrunnlag er redegjort i dette kapittel.

### 5.2 MATERIALMENGDER

Mengeberegning for betong og tre er vist i *tabell 5.1* og *5.2*. Disse dataene er brukt i *OneClick LCA* for å regne ut klimagassutslippene for hvert av byggene.

*Tabell 5.1 Mengdeoversikt referansebygget*

Type	Material	Volum [m <sup>3</sup> ]
Dekke	HD 265	242
Vegg, armert	B 35	196
Søyle	RHS 100x100x10	0,11
Søyle, armert	B35 300x300	1,24
Bjelke	HSQ	0,95
Bjelke, armert	LB 300	3,31

Detaljert mengdeberegning for betongmateriale finnes i *Vedlegg 5 - Mengdeberegning av referansebygget*.



Tabell 5.2 Mengdeoversikt massivtrebygget

Type	Material	Volum [m <sup>3</sup> ]
Dekke	CLT220 L7s - 2	101
Dekke	CLT280 L7s - 2	214
Vegg	Kategori 1	27
Vegg	Kategori 2	64
Vegg	Kategori 3	21
Vegg	CLT140 L5s	4,91
Søyle	GL 30h	1,05
Bjelke	GL 30h	3,87
Påstøp	B 30	103

Detaljert mengdeberegning for tremateriale finnes i *Vedlegg 6 - Mengdeberegning av massivtrebygget*.

### 5.3 EPD-GRUNNLAG

I delkapitlene under vil EPD'ene for byggene bli fremlagt, samt kjørelengde fra produksjonslokalene til byggeplass og mengder.

#### 5.3.1 REFERANSEBYGGET

Tabell 5.3 EPD-oversikt referansebygget

Material	Produsent	Deklarasjons nr.	Mengde [m <sup>3</sup> ]	Kjørelengde [km]
Hulldekke 265	Contiga	NEPD-1238-391-NO	≈ 242	76
Veggelement 250	Contiga	NEPD-1861-799-NO	≈ 197	76
Søyle, RHS	Metacon	NEPD-1915-830-EN	≈ 0,11	58
Søyle	Contiga	NEPD-1862-801-NO	≈ 1,5	76
Bjelke, HSQ	Metacon	NEPD-1915-839-EN	≈ 1,0	58
Bjelke, LB	Contiga	NEPD-1862-801-NO	≈ 3,5	76

### 5.3.2 MASSIVTREBYGGET

Tabell 5.4 EPD-oversikt massivtrebygget

Material	Produsent	Deklarasjons nr.	Mengde [m <sup>3</sup> ]	Kjørelengde [km]
CLT, dekke	Splitkon	Ikke tildelt, ny	≈ 315	87
CLT, vegg	Splitkon	Ikke tildelt, ny	≈ 117	87
Limtre, bjelke	Moelven	NEPD-336-222-NO	≈ 3,9	174
Limtre, søyle	Moelven	NEPD-336-222-NO	≈ 1,1	174
Påstøp	Unicon	Ikke tildelt	≈ 103	6

EPD'ene for CLT dekke og CLT vegg gjelder alle dimensjoner og kategorier som er valgt i massivtrebygget. I EPD'en om limtre er styrkeklassen GL 30c omtalt, samme EPD vil gjelde for styrkeklassen GL 30h. Limtre EPD'en er i tillegg omtalt som horisontalt element, men denne vil også være gyldig for vertikale elementer (Moelven Limtre AS, personlig kommunikasjon, 30. Mars 2020). Det er benyttet programmet *calculatis* til beregning av treelementer. *Calculatis* er fra Stora Enso som produserer treelementer. Det er valgt å bruke en annen produsent for treelementene da de produserer tilsvarende elementer i Norge.

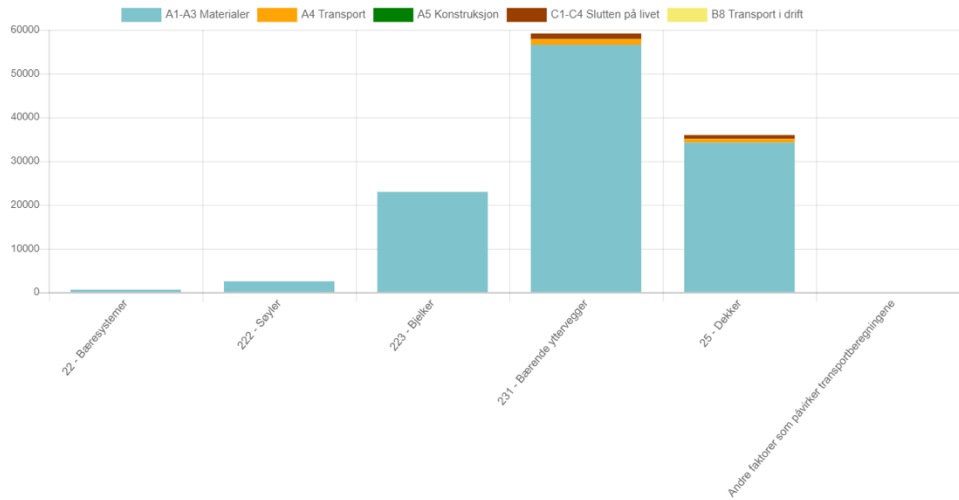
## 5.4 SAMMENLIGNING

Ved sammenligning av bærekonstruksjonene er det lagt til grunn at drift, energibruk og formål er likt for begge byggene. Det er kun tatt hensyn til materialer, kjørelengde og volum.

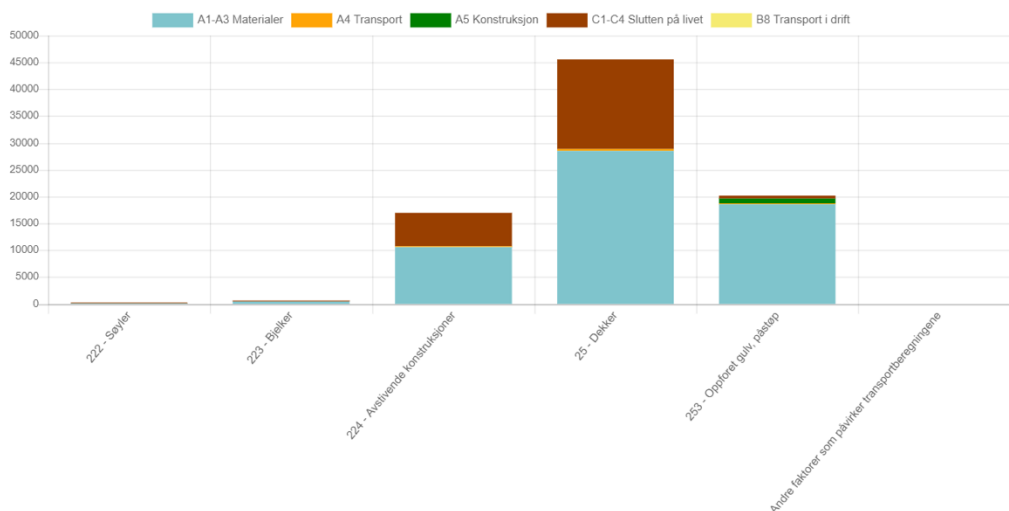
### 5.4.1 GLOBAL WARMING POTENSIAL, GWP

GWP står for «global warming potesnial». GWP er en felles målenhet som brukes for å måle oppvarmingseffekten de ulike gassene har på atmosfæren (Toldnæs , 2019). Dette brukes som en omregningsfaktor for å kunne sammenligne klimagassutslippene av for eksempel metan, lystgass og fluorgass. Disse gassene påvirker klimaet negativt i ulik grad og levetiden på disse er varierende (Olerud & Lahn, 202). Det måles hvor mye energi 1 tonn av hver gass vil absorbere over et gitt tidsrom, i forhold til 1 tonn karbondioksid (Environmental Protection Agency, u.å). Det vanligste er å se på en tidsperiode over 100 år, men det kan variere mellom 20-500 år. CO<sub>2</sub>-ekvivalenter er en samlet betegnelse for klimagasser, ikke bare CO<sub>2</sub>. For å

kunne sammenligne klimagassmengder er gassen omregnet til CO<sub>2</sub>-verdier og kalles derfor CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (CO<sub>2</sub>e). Figur 5.1 og 5.2 brukes for å sammenligne byggenes GWP, altså CO<sub>2</sub>e-utslipp. (Merk det er ikke samme målestokk på figurene, enheten er kg CO<sub>2</sub>e)



Figur 5.1 GWP, Referansebygg



Figur 5.2 GWP, Massivtrebygget

Figur 5.1 og 5.2 viser klimagassutslipp (GWP) gruppert etter bygningsdeler til referansebygget og massivtrebygget i de forskjellige livssyklusfasene. Søylediagrammene er en visuell illustrasjon hvor man enkelt får oversikt over kilden til de største utslippene. Dette kan brukes til å følge utslippene og redusere der det er mulig. I kapittel 5.4.2 vil fasene nærmere beskrives.

## 5.4.2 LIVSLØPFASENE

Tabell 5.5 og 5.6 viser en oversikt over fase A1 - A3 og A4, som er råvareuttak, transport og produksjon. Dette er utslippene som er knyttet til produksjon av materialene. Valg av kjøretøy er oppgitt i EPD'ene og strekningene er funnet ut ifra lokasjon av produksjonslokalene. Ut ifra disse tabellene ser man at referansebygget står for 117 tonn CO<sub>2</sub>e og massivtrebygget 59 tonn CO<sub>2</sub>e i material fasene (A1-A3).

Tabell 5.5 LCA A1-A3, referansebygget

Referansebygget				
	Volum [m <sup>3</sup> ]	Kjørelengde [km]	Kjøretøy	CO <sub>2</sub> e-utslipp [tonn]
Veggelement	197	76	Trailer 40 tonn	57
Hulldekker	242	76	Trailer 40 tonn	34
Stålprofiler	1,11	58	Trailer 40 tonn, 50% fyllingsrate	24
Betongsøyler	5	76	Trailer 40 tonn, 50% fyllingsrate	1,5
Summert CO <sub>2</sub> e, materialer, fase A1-A3				116,5
Summert CO <sub>2</sub> e, transport, fase A4				2,0
Summert CO <sub>2</sub> e vugge til port (A1-A4)				118,5

Tabell 5.6 LCA A1-A3, massivtrebygget

Massivtrebygget				
	Volum[m <sup>3</sup> ]	Kjørelengde[km]	Kjøretøy	CO <sub>2</sub> e-utslipp [tonn]
Summert CLT	432	87	Trailer, 40 tonn	39
Påstøp	103	6	Betongbil 8 m3	19
Summert Limtre	4,9	174	Trailer 40 tonn	0,55
Summert CO <sub>2</sub> e, materialer, fase A1-A3				58,6
Summert CO <sub>2</sub> e, transport, fase A4				0,8
Summert CO <sub>2</sub> e vugge til port (A1-A4)				59,4

I fasen A1 - A3 utgjør biogent karbon 301 tonn CO<sub>2</sub>e bio for massivtrebygget. Dette vil si at totalt forbrukt trevirke har tilsammen bundet 301 tonn karbon før hogst. I referansebygget er det ingen materialer som binder karbon. Biogent karbon er valgt å ikke inkludere i regnskapet.

Fase A4 omhandler transport fra produksjonslokalene til byggeplass. For referansebygget kommer dette på 2 tonn CO<sub>2e</sub> og for massivtrebygget 0,8 tonn CO<sub>2e</sub>.

Fase A5, inkluderer i dette arbeidet kun kapp og svinn på byggeplass. Dette antas å være tilnærmet lik null i referansebygget grunnet at bygget er et elementbygg. I massivtrebygget kommer dette på 0,8 tonn CO<sub>2e</sub>, fordi det vil være svinn knyttet til påstøp som blir støpt på byggeplassen. Begge byggene er elementbygg, dermed er det ikke store mengder med kapp og svinn.

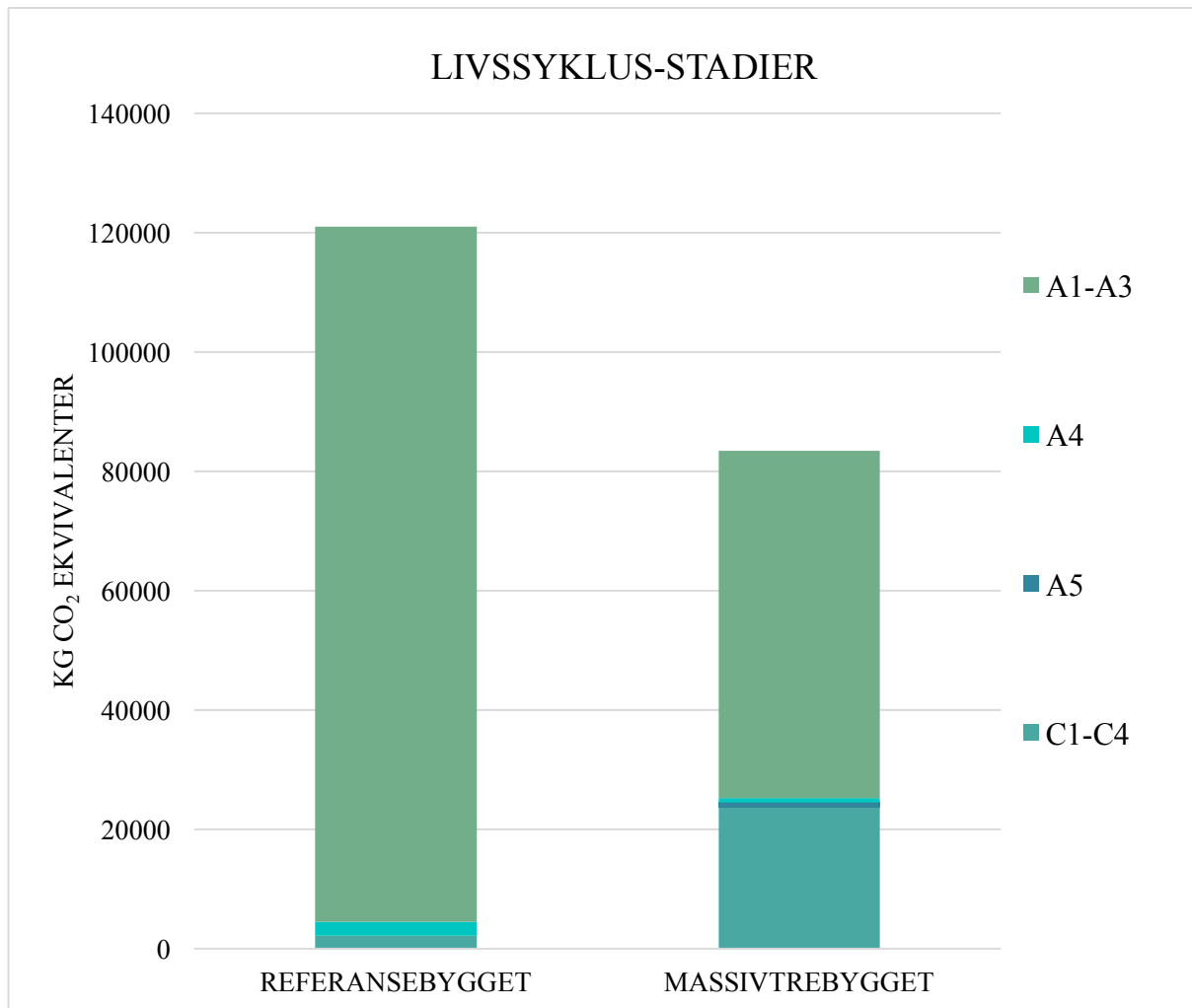
Fasene B1 - B8 tas ikke med i dette studiet, da fasene antas å være like i massivtrebygget og referansebygget. Disse fasene vil derfor ikke utgjøre en forskjell i sammenligningen.

Fase C1 - C4 omhandler aktiviteter rundt rivning og avfallshåndtering. I referansebygget utgjør denne fasen 2 tonn CO<sub>2e</sub>, mens i massivtrebygget er det 24 tonn CO<sub>2e</sub>.

Fase D omhandler potensialet for gjenvinning og inkluderes ikke i det totale regnskapet for LCA. I referansebygget er potensialet for gjenvinning lik -22 tonn CO<sub>2e</sub> og i massivtrebygget -140 tonn CO<sub>2e</sub>. Disse tallene er negative fordi materialene kan potensielt benyttes på nytt og vil derfor ha et positivt bidrag til miljøet.

## 6 RESULTAT OG DISKUSJON

Resultatene er illustrert i *figur 6.1*. Diagrammene viser fordelingen av klimagassutslippene i de forskjellige livsløpsfasene som er inkludert i dette regnskapet.



Figur 6.1 LCA resultater, stolpediagram

Totalt gjennom byggets livstid vil utslippene for bærekonstruksjonen være følgende:

- Referansebygget: 121 tonn CO<sub>2</sub>e
- Massivtrebygget: 83 tonn CO<sub>2</sub>e

Dette inkluderer kun utslipp knyttet til materialer i bærekonstruksjonen og vil derfor bare være veiledende tall.

I *One Click LCA* benyttes EPD'er som hovedgrunnlag for å beregne klimagassutslippene. Som nevnt i *kapitel 3.2* er noen av EPD'ene mangelfulle. I tillegg er det verdt å nevne at det kan være avvik fra EPD'en og selve produktet som blir levert.

## 6.1 MATERIAL

De største utslippene i livsløpsanalysen er i fase A1 - A3 for begge byggene. Disse fasene omhandler produksjon og bearbeiding av materialer. For referansebygget er det de vertikale elementene som utgjør den største delen og for massivtrebygget er det de horisontale elementene. Totalt utgjør disse fasene følgende:

- Referansebygget: 117 tonn CO<sub>2</sub>e
- Massivtrebygget: 59 tonn CO<sub>2</sub>e

Når det gjelder mengde i bærekonstruksjonene benyttes det størst volum av konstruksjonsmaterialet for massivtrebygget. En enhet er dermed ikke det samme som en "funksjonell enhet" (Simonen, 2014). Årsaken til volumøkningen er at massivtre ikke har like stor styrke som betong og må derfor kompenseres med større dimensjoner på elementene. Det er medregnet en påstøp på alle massivtredekkene for å ivareta lydkravene i massivtrebygget. Påstøpen er i lavkarbonklasse A, likevel utgjør denne 32 % av klimagassutslippet for massivtrebygget i materialfasen.

I referansebygget forutsettes all betong i lavkarbon klasse A. Det er benyttet hulldekker, som medfører redusert betongmengde i forhold til massive betongdekker. Dersom man velger en mer typisk betongkvalitet (vanlig betong uten miljøsertifisering) ville resultatet økt med 51 CO<sub>2</sub>e. Dette betyr at utslippet i materialfasene ville økt til 168 CO<sub>2</sub>e. Det jobbes mye med å gjøre betong bedre og vi ser at arbeidene med dette gir miljøgevinst.

Østfoldforskning gjorde i 2019 en tilsvarende rapport som denne studien. De tok for seg bygg i massivtre og bygg med forskjellige betongkvaliteter i 4, 8 og 16 etasjer. Disse byggene var plassert på to lokasjoner i Norge. Østfoldforskning utfordret med denne rapporten betongmiljøet ved å etterspørre en betongkvalitet som skal være ytterligere miljøoptimalisert. Denne betongen er mer gunstig enn vanlig lavkarbonbetong. Resultatet av dette ble at

betongbygget med miljøoptimalisert betong på 8 etasjer slipper ut mindre klimagasser enn det samme bygget i massivtre. I Østfoldforskning sin rapport kommer det også frem at når byggene er på *fire* etasjer vil massivtrebygget ha lavest utslipp. Til tross for at de sammenlignet med et betongbygg med miljøoptimalisert betong (Østfoldforskning AS, 2019). Dette betyr at Østfoldforskning sin rapport samsvarer med utslippsforholdet i denne studien. Man kan i tillegg anta (konservativt) at dersom bygget i deres rapport var på *tre* etasjer ville resultatet være tilsvarende som for *fire* etasjer. Av Østfoldforskning sin rapport kan man anslå at utslippene for massivtre øker i større grad enn for miljøoptimalisert betong, med antall etasjer. En eventuell ytterligere forbedring for referansebygget, ved å benytte samme miljøoptimalisert betong som Østfoldforskning gjør i sin rapport, har ikke vært mulig å beregne fordi data ikke er tilgjengelige i EPD-databasen til *One Click LCA*. Det er uansett interessant å se mer på materialfasen hvor potensialet er størst for å kutte klimagassutslippene.

## 6.2 TRANSPORT

Transport av materialer kan føre til relativt store mengder forurensninger. I *tabell 5.5* og *5.6* er kjørelengdene oppgitt. For både referansebygget og massivtrebygget er det valgt nærmeste produksjonssted og alt produseres i Norge. Dette fører til at transportdelen i *figur 6.1* består av en svært liten andel av det totale LCA regnskapet. Utslippene avhenger i stor grad av plassering av bygget. Resultatet ville blitt annerledes dersom referansebygget ikke lå i Langhus.

Produksjonsmengden av massivtrelementer i Norge har økt og som et resultat av dette er det ikke behov for å importere elementer fra andre land som Polen eller Tyskland. Om elementene skulle fraktes fra for eksempel Tyskland hadde kjørelengden kunne økt til cirka 1600 km. Som følge av dette ville utslippene gå fra 0,8 til 11,3 CO<sub>2</sub>e. Dette øker CO<sub>2</sub>e regnskapet betraktelig i denne fasen, transport. Betongelementene på sin side har ikke hatt de samme lange kjørelengdene, da det har vært produsert tilstrekkelige mengder i Norge i lang tid.



### **6.3 SLUTTEN PÅ LIVET**

Slutten på livet også kalt sluttfasene, fasene C1 - C4. Bygget er beregnet til å stå i 60 år. Dette medfører mange usikre faktorer for disse fasene fordi man vet ikke nøyaktig hvordan byggebransjen ser ut om 60 år. Disse fasene er derfor basert på antagelser om hvordan rivning og avfall vil håndteres.

Massivtreets høye verdier kommer av at trevirket forbrennes med energigjenvinning, og blir ikke gjenbrukt. Referansebyggets betongelementer blir sortert og går videre til resirkulering og har derav ikke like store utslipp under dette punktet.

## 7 KONKLUSJON

Hovedaktivitetene i denne studien har vært:

- Dimensjonere et massivtrebygg som harmonerer med et gitt referansebygg
- Beregninger av klimagassutslipp ved hjelp av LCA metoden.

Hypotesen var et leilighetsbygg med bærekonstruksjon i massivtre på tre etasjer, er et mer miljøriktig valg enn med bærekonstruksjon i betong. De resultatene som er utarbeidet gjennom dette studiet viser at det er belegg for hypotesen. Resultatet fra Østfoldforskning sin rapport i 2019 konkluderer i tillegg med at massivtrebygget på *fire* etasjer vil gi lavest utslipp, noe som understøtter resultatene i dette arbeidet.

I livsløpsanalysen vises at i fasene A5 og C1 - C4 har massivtrebygget størst utslipp av CO<sub>2</sub>e. Til tross for dette ble utslippene totalt høyere i referansebygget, siden materialfasene, A1- A3, utgjorde en stor økning av utslipp for referansebygget. Forskjellen mellom byggene påvirkes av betongkvaliteten. Resultatet med en usertifisert miljøkvalitet sammenlignet med lavkarbonbetong i klasse A, ville ført til om lag 44 % økning av CO<sub>2</sub>e for referansebygget i materialfasene. Ved å benytte lavkarbonbetong klasse A utgjør referansebygget nesten dobbelt så mange CO<sub>2</sub>e enn massivtrebygget.

Transportfasen utgjør en liten forskjell sammenlignet med de andre fasene, men om kjørelengden blir lengre for massivtreelementene vil utslippene øke relativt mye. Ved å øke kjørelengden fra 87 km til 1600 km (elementer fra Tyskland) blir økningen av CO<sub>2</sub>e på 1313 %. Selv om denne forskjellen ikke gjør veldig mye for det totale regnskapet ser man at for denne fasen er økingen drastisk.

Det er viktig å presisere at resultatene i dette studiet ikke er generaliserbare. De kan kun benyttes som veiledende for et tilsvarende prosjekt. Arbeides bidrag til oppdragsgiver er å bevisstgjøre og å opplyse kunder om resultatet av valg av bæresystem.

Totalt sett med alle fasene ser man at resultatene i dette studiet viser at referansebygget har 46% høyere utslipp av klimagasser enn massivtrebygget. Med resultatene fra dette studiet

konkluderes det med at massivtre kombinert med limtre vil gi lavere klimaavtrykk enn referansebygget i betong, gitt forutsetningene i dette studiet.

## 8 REFERANSER

- Aarstad, J., Glasø, G., & Bunkholt, A. (u.å.). *Trefokus: Massivtre*. Hentet fra Tre Teknisk: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-20.pdf>
- Bell, K., & Liven, H. (2018). *Limtreboka - Beregningseksempler*. Norske Limtreprodusenters Forening.
- Betongelement foreningen. (u.å). *Betongelementboka. Bind A - Bygging med betongelementer*. Betongelement foreningen.
- Betongelementer AS. (u.å). *Hulldekker - Produktbeskrivelse*. Hentet fra <http://loe-betong.no/produkter/detalj/hulldekker>
- Bjørnheim, K. (2019, Mars 10). *Verdens høyeste trehus er åpnet - se de nyeste bildene*. Hentet Februar 05, 2020 fra Treteknisk Ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/verdens-hoyeste-trehus-er-apnet-se-de-nyeste-bildene-br/459983>
- Brørs, K. (2019, Januar 01). *Armering*. Hentet Mars 5, 2020 fra Nasjonal Digital Læringsarena: <https://ndla.no/nb/subjects/subject:11/topic:1:183108/topic:1:158640/resource:1:141146>
- Byggteknisk forskrift (TEK17). (2017, September 15). *Sikkerhet ved brann*. Hentet Mars 5, 2020 fra Byggteknisk Forskrift: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Contiga. (u.d.). *Hulldekker*. Hentet fra <http://contiga.no/produkter/betong/hulldekker/>
- De Nasjonale Forskningsteknisk Komiteen. (2010, Januar 15). *Kvantitative og kvalitative forskningsmetoder - likheter og forskjeller*. Hentet Februar 24, 2020 fra <https://www.etikkom.no/forskningsetiske-retningslinjer/Medisin-og-helse/Kvalitativ-forskning/1-Kvalitative-og-quantitative-forskningsmetoder--likheter-og-forskjeller/>
- Edvardsen, K. I., & Ramstad, T. Ø. (2014). I *Håndbok 5 Trehus* (Vol. III). Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Environmental Protection Agency. (u.å). *Forstå globale oppvarmingspotensialer*. Hentet fra <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>
- EPD-Norge. (u.å). *Hva er en EPD?* Hentet fra <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>
- FN-Sambandet. (2019, November). *Parisavtalen*. Hentet fra <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen>

Gunnarsjaas, A. (2019, Juli 16). *Armering*. Hentet Mars 2029 fra Store Norske Leksikon:  
<https://snl.no/armering>

KLH Massivholz GmbH. (2017). *European Technical Assessment*. Hentet fra  
<https://www.klh.at/wp-content/uploads/2019/10/klh-eta-certificate-en.pdf>

*Klimaloven*. (2017). Hentet fra Lov om klimamål (LOV-2017-06-16-60):  
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>

Kontrollrådet. (u.å). *7 ting du ikke viste om armert betong*. Hentet fra  
<https://www.kontrollbetong.no/7-ting-du-ikke-visste-om-armert-betong/>

LCA.no. (u.å). *LCA Verktøy*. Hentet fra <https://lca.no/lca-verktoy/>

Limtreforeningen. (2015). *Limtreboka*. Norske Limtreprodusenters Forening. Hentet Februar 06, 2020

Norcem. (u.å). *Karbonfangst*. Hentet fra <https://www.norcem.no/no/karbonfangst-i-norcem>

Nordal, O. (2019, Juli 16). *Spennbetong*. Hentet Mars 2, 2020 fra Store Norske Leksikon:  
<https://snl.no/spennbetong>

Nordland Betongelementer AS. (u.å). *Miljøvennelig byggemetode*. Hentet fra <https://nordland-betongelement.no/produkt/miljovennelig-byggemetod>

Olerud, K., & Lahn, B. (202, Januar 9). *CO2-ekvivalter*. Hentet April 2020 fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/CO2-ekvivalenter>

Omland, S. E. (2015, Juni 12). *Statsbygg: Statens bygninger får klimagassregnskap*. Hentet Februar 04, 2020 fra Standard Norge:  
<https://www.standard.no/standardisering/suksesshistorier/suksesshistorie-statsbygg1/>

OneClick LCA. (u.å). *Life Cycle Assessment software FAQ*. Hentet April 16, 2020 fra One Click LCA: <https://www.oneclicklca.com/support/faq/>

Simonen, K. (2014). *Life Cycle Assessment: Vol. First edition*. Routledge.

SINTEF Byggforskserien. (2003). *Snølast på tak. Dimensjonerende laster*. Hentet April 2020 fra Byggforskserien 471.041: [https://www-byggforsk-no.ezproxy.hioa.no/dokument/216/snoelast\\_paa\\_tak\\_dimensjonerende\\_laster](https://www-byggforsk-no.ezproxy.hioa.no/dokument/216/snoelast_paa_tak_dimensjonerende_laster)

SINTEF Byggforskserien. (2009, November). *Etasjeskillere i massivtre*. Hentet Mars 17, 2020 fra Byggforskserien 522.891:  
[https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891\\_etasjeskillere\\_i\\_massivtre](https://www.byggforsk.no/dokument/3367/522891_etasjeskillere_i_massivtre)

SINTEF Byggforskserien. (2013, Januar). *Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler*. Hentet Mars 2, 2020 fra Byggforskserien 471.031: <https://www-byggforsk->

- no.ezproxy.hioa.no/dokument/215/egenlaster\_for\_bygningsmaterialer\_byggevarer\_og\_bygningsdeler#i1
- SINTEF Byggforskserien. (2014, September). *Livsløpsvurdering (LCA) av byggevarer og bygninger. Innføring og begreper*. Hentet Februar 13, 2020 fra Byggforskserien 470.101:  
[https://www.byggforsk.no/dokument/205/livsløpsvurdering\\_lca\\_av\\_byggevarer\\_og\\_bygninger\\_innfoering\\_og\\_begreper](https://www.byggforsk.no/dokument/205/livsløpsvurdering_lca_av_byggevarer_og_bygninger_innfoering_og_begreper)
- SINTEF Byggforskserien. (2015, Juni). *Metodiske valg og problemstillinger ved livsløpsvurdering (LCA)*. Hentet Mars 18, 2020 fra Byggforskserien 470.102:  
[https://www-byggforsk-no.ezproxy.hioa.no/dokument/4144/metodiske\\_valg\\_og\\_problestillinger\\_ved\\_livsløpsvurdering\\_lca](https://www-byggforsk-no.ezproxy.hioa.no/dokument/4144/metodiske_valg_og_problestillinger_ved_livsløpsvurdering_lca)
- SINTEF Byggforskserien. (2015, Mars). *Parkeringsplasser og garasjeanlegg*. Hentet Februar 26, 2020 fra Byggforskserien 312.130:  
[https://www.byggforsk.no/dokument/61/parkeringsplasser\\_og\\_garasjeanlegg](https://www.byggforsk.no/dokument/61/parkeringsplasser_og_garasjeanlegg)
- SINTEF Byggforskserien. (2016, Mars). *Betong. Typer, egenskaper og bruksområder*. Hentet Februar 10, 2020 fra Byggforskserien 572.205:  
[https://www.byggforsk.no/dokument/5157/betong\\_typer\\_egenskaper\\_og\\_bruksomraader](https://www.byggforsk.no/dokument/5157/betong_typer_egenskaper_og_bruksomraader)
- Sletten Byggdata. (u.å). *Beregningsprogrammer for betongkonstruksjoner*. Hentet fra <http://www.ove-sletten.no/programmer.htm>
- Smeplass, S., Busterud, L., Fredvik, T., Sæter, Ø., & Østrem, O. G. (2019). *37 PDF LAVKARBONBETONG*. Hentet fra Norsk Betongforening:  
<https://betong.net/nettbutikk/nb-publikasjoner/37-pdf-lavkarbonbetong-2015-gratis-nedlasting-klikk-les/>
- Solberg, M. G. (2015, Desember 09). *I dag åpner verdens høyeste trehus*. Hentet Februar 05, 2020 fra Teknisk Ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/i-dag-apner-verdens-hoyeste-trehus/276298>
- Solberg, M. G. (2016, Mai 31). *Betongproduksjon*. Hentet Februar 10, 2020 fra Teknisk Ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/betong-star-for-5-prosent-av-verdens-co2-utslipp-slik-skal-forskerne-lage-en-sterkere-og-renere-variant/347625>

Solberg, M. G. (2017, Februar 17). *Klimanøytral sement*. Hentet Februar 10, 2020 fra Teknisk Ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/semntindustrien-slipper-ut-4-5-prosent-av-verdens-totale-utslipp-her-er-planen-for-a-gjore-den-klimanoytral/376709>

Spenncon. (u.å). *Etasjeskiller*. Hentet fra <https://spenncon.no/produkter/etasjeskiller/>

Standard Norge . (2002). *Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner* . Standard Norge, NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016.

Standard Norge. (2004). *Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner. Del 1-1: Almenne regler og regler for bygninger*. Standard Norge, NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010.

Standard Norge. (2006). *Miljøstyring - livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk (NS-EN ISO 14040:2006)*. Standard Norge.

Standard Norge. (2009). *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-4: Almenne laster - vindlaster (NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009)*. Standard Norge.

Standard Norge. (2010). *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-3: Allmenne laster - snølaster (NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018)*. Standard Norge.

Standard Norge. (2010). *Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner. Del 1-1: Almenne regler og regler for bygninger (NS-EN 1995-1-1-:2004+A1:2008+NA:2010)*. Standard Norge.

Standard Norge. (2012). *Bærekraftige byggverk, Vurdering av bygningers miljøprestasjon, Beregningsmetode, NS-EN 15978:2011*. Standard Norge.

Standard Norge. (2016). *Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016)*. Standard Norge.

Standard Norge. (2016). *Konstruksjonstrevirke - Fasthetsklasser NS-EN 338:2016*. Standard Norge.

Standard Norge. (2018). *Metode for klimagassberegninger for bygninger, NS 3720:2018* . Standard Norge.

Standard Norge. (2019). *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-1: Allmenne laster, Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger (NS-EN 1991-1-1:2002+NA2019)*. Standard Norge.

Standard Norge. (2019). *NS 8175 Lydforhold i bygninger Lydklasser for ulike bygningstyper*.

Stora Enso. (u.å). *About Stora Enso*. Hentet fra <https://www.storaenso.com/en/about-storaenso>

- Stora Enso. (u.å). *Calculatis*. Hentet fra <https://www.storaenso.com/en/products/wood-products/calculatis>
- Sweco, & Zero. (2017). *Energisparing i norsk bygg mot 2030*. Oslo: Zero.
- Thue, J. V. (2019, Juli 16). *Armert betong*. Hentet Mars 26, 2020 fra Store Norske Leksikon: [https://snl.no/armert\\_betong](https://snl.no/armert_betong)
- Thue, J. V. (2019, Juli 16). *Betong, sement og mørtel*. Hentet Mars 26, 2020 fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/betong>
- Toldnæs, J. P. (2019, Juli 17). *Global Oppvarmingspotensialet*. Hentet April 2020 fra Store Norske Leksikon: [https://snl.no/globale\\_oppvarmingspotensialer](https://snl.no/globale_oppvarmingspotensialer)
- TreFokus, Treteknisk, & Innovasjon Norge. (2015, August). *Miljødeklarasjoner for tre og trebaserte produkter: Nr. 58*. Hentet Mars 30, 2020 fra <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-58.pdf>
- Treindustrien. (2013, Mai). *Lille grønne: Miljø med tre*. Hentet fra <http://www.trefokus.no/resources/Treindustriens-lille-gronne.pdf>
- Treteknisk. (2006, Mai). *Bygge med massivtreelementer: 7 hefter i samleperm*. Hentet Mars 05, 2020 fra <http://www.treteknisk.no/publikasjoner/treteknisk-handbok/bygge-med-massivtreelementer>
- Treteknisk. (2012, Februar). *Tre og brann: Nr. 37*. Hentet fra Fokus på tre: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/37-Tre-og-brann.pdf>
- Wærp, S. (u.å). *epd - miljødeklarasjon av byggematerialer*. Hentet fra Sintef: <https://www.sintef.no/epd-miljodeklarasjon-av-byggematerialer/>
- Wærp, S., Grini, C., Folvik, K., & Svanæs, J. (2009). *Livsløpsanalyser (LCA) av norske treprodukter, Prosjektrapport nr. 50*. SINTEF Byggforsk. Oslo: SINTEF.
- Østfoldforskning AS. (2019). *Klimagassregnskap av tre- og betongkonstruksjoner*. Kråkerøy. Østfoldforskning. (u.å). *LCA-kurs - en innføring i livssyklusvurderinger*. Hentet fra <http://www.sto-projects.com/lcakurs/index.asp>



## 9 VEDLEGGSLISTE

- Vedlegg 1 - Lastoverføringer
- Vedlegg 2 - Excel-ark som kontroll av limtrebjelker- og søyler
- Vedlegg 3 - Calculatis massivtreelementer
- Vedlegg 4 - Håndberegninger av brudd- og bruksgrensekontroll av dekker
- Vedlegg 5 - Mengdeberegning av referansebygget
- Vedlegg 6 - Mengdeberegning av massivtrebygget
- Vedlegg 7 - Snølast

## Vedlegg 1 – Lastoverføring

Lastoverføringer vegg fra *tabell 4.5* i rapporten blir beregnet under. I *tabell 4.5* er lastene summert fra etasjen over. Laster henviser til de karakteristiske laster. Lastene er utregnet til og med akse 4 fordi bygget er symmetrisk og det vil være tilsvarende laster ved de resterende akser.

### - Vegg akse 1

#### 3. Etasje

$$q_{3.etg} = q_{k,tak} \cdot \frac{l}{2} + q_{clt,kat1} = 5,35 \cdot \frac{7,40}{2} + 1,80 = 21,60 \text{ kN/m}$$

#### 2. Etasje

$$q_{2.etg} = q_{k,3etg,katA} \cdot \frac{l}{2} + q_{clt,kat2} + q_{3.etg} = 6,13 \cdot \frac{7,40}{2} + 1,80 + q_{3.etg} = 46,08 \text{ kN/m}$$

#### 1. Etasje

$$\begin{aligned} q_{1.etg} &= q_{k,2etg} \cdot \frac{l}{2} + q_{clt,kat2} + q_{2.etg} + q_{3.etg} = 6,13 \cdot \frac{7,40}{2} + 1,80 + q_{2.etg} + q_{3.etg} \\ &= 70,56 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### - Vegg akse 2

#### 3. Etasje

$$q_{3.etg} = q_{k,tak} \cdot \left( \frac{l_1}{2} + \frac{l_2}{2} \right) + q_{clt,kat1} = 5,35 \cdot \left( \frac{7,40}{2} + \frac{7,50}{2} \right) + 1,80 = 41,66 \text{ kN/m}$$

#### 2. Etasje

$$\begin{aligned} q_{2.etg} &= q_{k,3etg,katA} \cdot \left( \frac{l_1}{2} + \frac{l_2}{2} \right) + q_{clt,kat2} + q_{3.etg} = 6,13 \cdot \left( \frac{7,40}{2} + \frac{7,50}{2} \right) + 1,80 + q_{3.etg} \\ &= 89,13 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

#### 1. Etasje

$$\begin{aligned} q_{1.etg} &= q_{k,2etg} \cdot \left( \frac{l_1}{2} + \frac{l_2}{2} \right) + q_{clt,kat2} + q_{2.etg} + q_{3.etg} \\ &= 6,13 \cdot \left( \frac{7,40}{2} + \frac{7,50}{2} \right) + 1,80 + q_{2.etg} + q_{3.etg} = 136,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- **Vegg akse 3**

3. Etasje

$$q_{3.etg} = q_{k,tak} \cdot l + q_{clt,kat1} = 5,35 \cdot 7,50 + 1,80 = 41,92 \text{ kN/m}$$

2. Etasje

$$\begin{aligned} q_{2.etg} &= q_{k,3etg,katA} \cdot \frac{l}{2} + q_{k,3etg,katF} \cdot \frac{l}{2} + q_{clt,kat2} + q_{3.etg} \\ &= 6,13 \cdot \frac{7,50}{2} + 6,90 \cdot \frac{7,50}{2} + 1,80 + q_{3.etg} = 92,58 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

1. Etasje

$$\begin{aligned} q_{1.etg} &= q_{k,2etg} \cdot l + q_{clt,kat2} + q_{2.etg} + q_{3.etg} = 6,13 \cdot 7,5 + 1,80 + q_{2.etg} + q_{3.etg} \\ &= 140,36 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- **Vegg akse 4**

3. Etasje

$$q_{3.etg} = q_{k,tak} \cdot l + q_{clt,kat1} = 5,35 \cdot 7,50 + 1,80 = 41,92 \text{ kN/m}$$

2. Etasje

$$q_{2.etg} = q_{k,3etg,katF} \cdot l + q_{clt,kat3} + q_{3.etg} = 6,90 \cdot 7,50 + 3,60 + q_{3.etg} = 97,27 \text{ kN/m}$$

1. Etasje

$$\begin{aligned} q_{1.etg} &= q_{k,2etg} \cdot l + q_{clt,kat3} + q_{2.etg} + q_{3.etg} = 6,13 \cdot 7,50 + 3,60 + q_{2.etg} + q_{3.etg} \\ &= 146,85 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

## Vedlegg 2 – Excel –ark som kontroll av limtrebjelker- og søyler

### Konstruksjonsdel

### Bjelke 3.7 (3.2)

#### Belastning:

Egenlast	42	kN/m	Påført egenlast. Bjelkens egenlast beregnes i tillegg av programmet
Nyttelast kategori A	0	kN/m	Boliger
Nyttelast kategori B	0	kN/m	Kontorer
Nyttelast kategori C	0	kN/m	Forsamlingslokaler, møterom
Nyttelast kategori D	0	kN/m	Butikker
Nyttelast kategori E	0	kN/m	Lager
Nyttelast kategori F	0	kN/m	Trafikk og parkeringsarealer for små kjøretøyer
Nyttelast kategori G	0	kN/m	Trafikk og parkeringsarealer for mellomstore kjøretøyer
Nyttelast kategori H	0	kN/m	Tak
Snølast	0	kN/m	
Vindlast	0	kN/m	
Kl=	1,0		Reduksjon av lastfaktorer på variable laster iht. NS-EN 1990 NA.A1.3.1(1)

#### Geometri:

Spennvidde	3220	mm	Maksimal horisontal spennvidde
Vippelengde	3220	mm	Avstand mellom fastholdingspunkter mot vipping, senter til senter
Fastholdt mot vipping?	Ja		Er overkant av sperrer fastholdt mot vipping?
Fastholdt ved opplegg?	Ja		Er rotasjon om lengdeaksen forhindret ved opplegg?
Systemstyrkefaktor, ks	1,10		Kan settes lik 1,1 ved kontinuerlig lastfordelingssystem Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 6.6

#### Materialdata:

Materialtype	Limtre		
Kvalitet	GL30h		
Klimaklasse	2		
Lastvarighetsklasse	Langtidslast		Korteste lastvarighet av opprettede laster. NB! Snø = korttidslast
E0=	13600	N/mm <sup>2</sup>	
E0.05=	11300	N/mm <sup>2</sup>	
f <sub>mk</sub> =	30,0	N/mm <sup>2</sup>	
f <sub>vk</sub> =	3,5	N/mm <sup>2</sup>	
Densitet, mid	480	kg/m <sup>3</sup>	
fasthetsfaktor, k <sub>mod</sub> =	0,70		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell 3.1
Materialfaktor, γ <sub>m</sub> =	1,15		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell 2.3
Høydefaktor, k <sub>h</sub> =	1,05		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3
Deformasjonskoeff.: K <sub>def</sub> =	0,80		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell: 3.2
Korr.faktor for lameltykkelse: k	1,00		Jf EN 14080:2013, Pkt 5.1.3

#### Tverrsnittskonstanter:

b =	215	mm	Bredde av tverrsnittet
h =	360	mm	Høyde av tverrsnittet
Lammeltykkelse = t =	45	mm	t=40 mm for std. uimp. gran, og t=33mm for std. imp. furu

### Beregning

Egenlast, bjelke	0,37	kN/m	
Dim. Moment, brudd	74,14	kNm	
Opptr. bøyespennning	15,96	N/mm <sup>2</sup>	
Dim. Bøyefasthet, fmd	21,14	N/mm <sup>2</sup>	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 2.4.3
Dim. Skjærkraft, brudd	92,09	kN	
Opptr. Skjærspennning	2,23	N/mm <sup>2</sup>	Korrigert for Kcr 0,8 for limtre og 0,67 for konstruksjonstre iht A1:2013
Dim. Skjærfasthet, fvd	2,34	N/mm <sup>2</sup>	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 2.4.3
Effektiv vippelengde	3618	mm	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell 6.1
Relativ slankhet	0,32		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 6.3.3
Vippefaktor, kcrit	1,00		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Ligning (6.34).

kcrit=1,0 hvis fastholdt mot vipping og fastholdt ved opplegg

### Nødvendige kontroller:

<b>6.3.3 Bøyning, vippekontroll</b>	<b>0,76</b>	<b>&lt; 1,0</b>	<b>OK !!</b>	<b>iht. (6.33)</b>
<b>6.1.7 Skjær</b>	<b>0,95</b>	<b>&lt; 1,0</b>	<b>OK !!</b>	<b>iht. (6.13)</b>
<b>2.2.3 Nedbøyning, wnet,fin</b>	<b>9 mm</b>	<b>= L / 343</b>	<b>OK !!</b>	<b>iht. tabell 7.2</b>
<b>2.2.3 Nedbøyning, winst, kar.</b>	<b>5 mm</b>	<b>= L / 617</b>	<b>OK !!</b>	<b>iht. tabell 7.2</b>
<b>2.2.3 Nedbøyning, winst, ofte forek.</b>	<b>5 mm</b>	<b>= L / 617</b>	<b>KUN TIL ORIENTERING</b>	

## **Konstruksjonsdel**

## **Bjelke 3.4 (3.5)**

### Belastning:

Egenlast	42	kN/m	Påført egenlast. Bjelkens egenlast beregnes i tillegg av programmet
Nyttelast kategori A	0	kN/m	Boliger
Nyttelast kategori B	0	kN/m	Kontorer
Nyttelast kategori C	0	kN/m	Forsamlingslokaler, møterom
Nyttelast kategori D	0	kN/m	Butikker
Nyttelast kategori E	0	kN/m	Lager
Nyttelast kategori F	0	kN/m	Trafikk og parkeringsarealer for små kjøretøyer
Nyttelast kategori G	0	kN/m	Trafikk og parkeringsarealer for mellomstore kjøretøyer
Nyttelast kategori H	0	kN/m	Tak
Snølast	0	kN/m	
Vindlast	0	kN/m	
Kl=	1,0		Reduksjon av lastfaktorer på variable laster iht. NS-EN 1990 NA.A.1.3.1(1)

### Geometri:

Spennvidde	6400	mm	Maksimal horisontal spennvidde
Vippelengde	6400	mm	Avstand mellom fastholdingspunkter mot vipping, senter til senter
Fastholdt mot vipping?	Ja		Er overkant av sperrer fastholdt mot vipping?
Fastholdt ved opplegg?	Ja		Er rotasjon om lengdeaksen forhindret ved opplegg?
Systemstyrkefaktor, ksyst	1,00		Kan settes lik 1,1 ved kontinuerlig lastfordelingssystem Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 6.6

#### Materialdata:

Materialtype	Limtre	
Kvalitet	GL30h	
Klimaklasse	2	
Lastvarighetsklasse	Langtidslast	Korteste lastvarighet av opprettede laster. NB! Snø = korttidslast
E0=	13600	N/mm <sup>2</sup>
E0.05=	11300	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>mk</sub> =	30,0	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>vk</sub> =	3,5	N/mm <sup>2</sup>
Densitet, mid	480	kg/m <sup>3</sup>
fasthetsfaktor, k <sub>mod</sub> =	0,70	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell 3.1
Materialfaktor, γ <sub>m</sub> =	1,15	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell 2.3
Høydefaktor, k <sub>h</sub> =	0,97	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3
Deformasjonskoeff.: K <sub>def</sub> =	0,80	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell: 3.2
Korr.faktor for lameltykkelse: k:	1,00	Jf EN 14080:2013, Pkt 5.1.3

#### Tverrsnittskonstanter:

b =	240	mm	Bredde av tverrsnittet
h =	810	mm	Høyde av tverrsnittet
Lammeltykkelse = t =	45	mm	t=40 mm for std. uimp. gran, og t=33mm for std. imp. furu

#### Beregning

Egenlast, bjelke	0,93	kN/m	
Dim. Moment, brudd	296,75	kNm	
Opptr. bøyepening	11,31	N/mm <sup>2</sup>	
Dim. Bøyefasthet, f <sub>md</sub>	17,72	N/mm <sup>2</sup>	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 2.4.3
Dim. Skjærkraft, brudd	185,47	kN	
Opptr. Skjærpenning	1,79	N/mm <sup>2</sup>	Korrigert for K <sub>cr</sub> 0,8 for limtre og 0,67 for konstruksjonstre iht A1:2013
Dim. Skjærfasthet, f <sub>vd</sub>	2,13	N/mm <sup>2</sup>	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 2.4.3
Effektiv vippelengde	7380	mm	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell 6.1
Relativ slankhet	0,59		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 6.3.3
Vippefaktor, k <sub>crit</sub>	1,00		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Ligning (6.34).

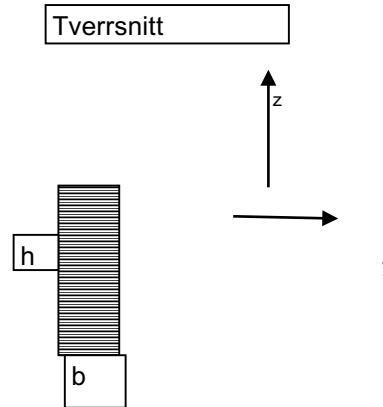
k<sub>crit</sub>=1,0 hvis fastholdt mot vipping og fastholdt ved opplegg

#### Nødvendige kontroller:

<b>6.3.3 Bøyning, vippekontroll</b>	<b>0,64</b>	<b>&lt; 1,0</b>	<b>OK !!</b>	<b>iht. (6.33)</b>
<b>6.1.7 Skjær</b>	<b>0,84</b>	<b>&lt; 1,0</b>	<b>OK !!</b>	<b>iht. (6.13)</b>
<b>2.2.3 Nedbøyning, w<sub>net,fin</sub></b>	<b>12 mm</b>	<b>= L / 548</b>	<b>OK !!</b>	<b>iht. tabell 7.2</b>
<b>2.2.3 Nedbøyning, w<sub>inst, kar.</sub></b>	<b>6 mm</b>	<b>= L / 986</b>	<b>OK !!</b>	<b>iht. tabell 7.2</b>
<b>2.2.3 Nedbøyning, w<sub>inst, ofte forek.</sub></b>	<b>6 mm</b>	<b>= L / 986</b>	<b>KUN TIL ORIENTERING</b>	

## Konstruksjonsdel:

## Bruddgrensetilstand 3A



### Belastning:

N	-68	kN	Dimensjonerende aksialkraft (trykk negativt!!)
My	0	kNm	Dimensjonerende moment, My
Mz	0	kNm	Dimensjonerende moment, Mz
Vy	0	kN	Dimensjonerende skjærkraft, Vy
Vz	0	kN	Dimensjonerende skjærkraft, Vz

### Geometri:

Lengde	3220	mm	
Vippelengde	3220	mm	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, tabell 6.1
Knekk lengde om y-aksen	3100	mm	
Knekk lengde om z-aksen	3100	mm	
Bjelkens radius i senter, r	3220	mm	Gjelder krumning om y-aksen
Systemstyrkefaktor, ks <sub>ys</sub>	1,1		Kan settes lik 1,1 ved kont. lastfordelingssystem. Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 6.6

### Materialdata:

Materialtype	Limtre		
Kvalitet	GL30h		
Klimaklasse	2		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell NA.901
Lastvarighetsklasse	Permanent last		Korteste lastvarighet av opptredende laster, Tab NA.2.2
Materialfaktor, $\gamma_m$ =	1,15		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell NA.2.3
fasthetsfaktor, $k_{mod}$ =	0,60		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell 3.1
Høydefaktor sterk akse, $k_{hy}$ =	1,10		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3
Høydefaktor svak akse, $k_{hz}$ =	1,10		Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3
Korr.faktor for lameltykkelse: k:	1,00		Jf EN 14080:2013, Pkt 5.1.3

### Fasthetsegenskaper

f <sub>mk</sub> =	30,0	2	N/mm	f <sub>myd</sub> =	18,94	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>mzd</sub> =	18,94	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t0k</sub> =	24,0	2	N/mm	f <sub>t0d</sub> =	15,15	N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>t90k</sub> =	0,5	2	N/mm	f <sub>t90d</sub> =	0,29	N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>c0k</sub> =	30,0	2	N/mm	f <sub>c0d</sub> =	17,22	N/mm <sup>2</sup>			

		N/mm		
fc90k=	2,5	2	fc90d=	1,30 N/mm2
		N/mm		
fvk=	3,5	2	fvd=	2,01 N/mm2
		N/mm		
E0.05=	11300	2		
		N/mm		
E0=	13600	2		
		N/mm		
G =	650	2		

Tverrsnittskonstanter:

b =	165	mm	Bredde av tverrsnittet
h =	180	mm	Høyde av tverrsnittet
Lamellykkelse = t =	45	mm	t=40 mm for std. uimp. gran, og t=33mm for std. imp. furu
b' =	0	mm	Total bredde av gjennomgående slisser i z-retning
A =	29700	mm2	Areal
Atot, net =	29700	mm2	Areal totalt, nettotverrsnitt
Iy =	8,02E+07	mm4	2. arealmoment - y-y
Iz =	6,74E+07	mm4	2. arealmoment - z-z
Iy =	51,96	mm	Arealreghetsradius y-y
Iz =	47,63	mm	Arealreghetsradius z-z

Stabilitet (vipping, knekning) etter pkt. 6.3.2 og 6.3.3

λrel,m =	0,28		
kcrit =	1,00		
λy =	59,66	λz =	65,08
λrely =	0,98	λrelz =	1,07
ky =	1,01	kz =	1,11
kcy =	0,79	kcz =	0,71

Krumme bjelker etter pkt. 6.4.3

kl	1,02	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (4)
r,in	3130,00	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Ligning (6.48)
kr	0,83	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (5)
kp	0,01	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (8)

Dimensjonerende spenninger

		N/mm	
σc,o,d	2,29	2	Dimensjonerende trykkspenning
		N/mm	
σt,o,d	0,00	2	Dimensjonerende strekkspenning
		N/mm	
σm,y,d	0,00	2	Dimensjonerende bøyespenning om y-aksen
		N/mm	
σm,z,d	0,00	2	Dimensjonerende bøyespenning om z-aksen
		N/mm	
ty,d	0,00	2	Dimensjonerende skjærspenning i y-retning



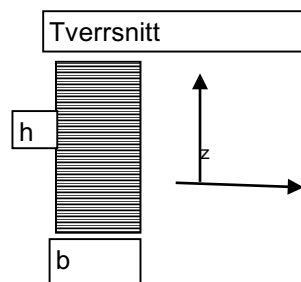
	N/mm	
tz,d	0,00 2	Dimensjonerende skjærspenning i z-retning

### Nødvendige kontroller

6.1.2 Strekk i fiberretningen	0,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.1)
6.1.4 Trykk i fiberretningen	0,13	Kapasitet OK!	iht lign. (6.2)
6.1.6 Bøyning	0,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.11)
	0,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.12)
6.1.7 Skjær i y-retning	0,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.13)
6.1.7 Skjær i z-retning	0,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.13)
6.2.3 Komb. bøyning og strekk	0,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.17)
	0,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.18)
6.2.4 Komb. bøyning og trykk	0,02	Kapasitet OK!	iht lign. (6.19)
	0,02	Kapasitet OK!	iht lign. (6.20)
6.3.2 Knekningskontroll	0,17	Kapasitet OK!	iht lign. (6.23)
	0,19	Kapasitet OK!	iht lign. (6.24)
6.3.3 Vippek kontroll	0,19	Kapasitet OK!	iht lign. (6.35)
6.4.3 Bøyning av krum bjelke	0,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.42)

### **Konstruksjonsdel:**

### **Branntilstand Søyle 3A**



y

### Belastning i branntilstand:

Beregnes iht NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 4.3.1

N	-68 kN	Dimensjonerende aksialkraft (trykk negativ!!)
My	0 kNm	Dimensjonerende moment, My
Mz	0 kNm	Dimensjonerende moment, Mz
Vy	0 kN	Dimensjonerende skjærkraft, Vy
Vz	0 kN	Dimensjonerende skjærkraft, Vz
Brannmotstandskrav i minutter, R=	60 min	Minimum 20 min. Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Tab 4.1

### Geometri:

Lengde	3220 mm	
Vippelengde	3220 mm	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, tabell 6.1
Knekk lengde sterk akse	3100 mm	
Knekk lengde svak akse	3100 mm	

Bjerkens radius i senter, r 3220 mm  
 Systemstyrkefaktor, ksys 1,1

Gjelder krumning om sterk akse  
 Kan settes lik 1,1 ved kont. lastfordelingssystem.  
 Jf. EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 6.6

Materialdata:

Materialtype Limtre  
 Kvalitet GL30h  
 Materialfaktor,  $\gamma_{m,fire}$ = 1,00  
 fasthetsfaktor,  $k_{mod}$ ,  $f_i$ = 1,00  
 Høydefaktor sterk akse,  $k_{hy}$ = 1,10  
 Høydefaktor svak akse,  $k_{hz}$ = 1,10  
 Faktor, styrke og stivhet,  $k_{fi}$ = 1,15  
 Korr.faktor for lamelltykkelse:  $k$ : 1,00

Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 2.3(1) note 2  
 Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 4.2.2 (5)  
 Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3  
 Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3  
 Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Tab 2.1  
 Jf EN 14080:2013, Pkt 5.1.3

Fasthetsegenskaper

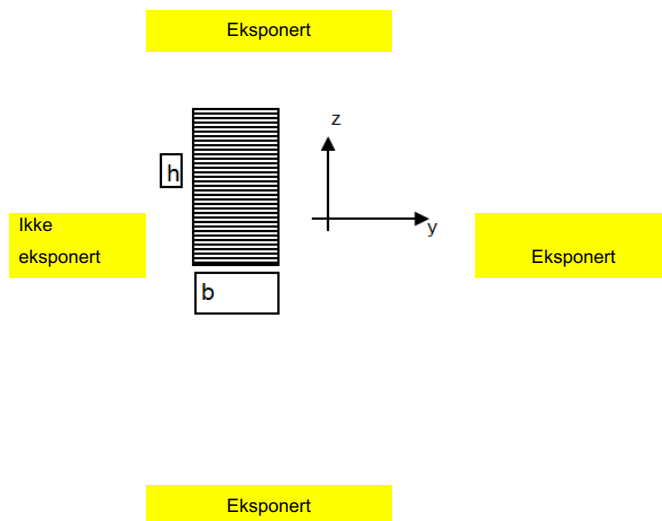
f20 og S20 beregnes ihht NE-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 2.3.(3)

				f20mzd	N/mm
fmk=	30,0	N/mm2	f20myd=	41,75	N/mm2
f0k=	24,0	N/mm2	f20t0d=	33,40	N/mm2
f90k=	0,5	N/mm2	f20t90d=	0,63	N/mm2
fc0k=	30,0	N/mm2	f20c0d=	37,95	N/mm2
fc90k=	2,5	N/mm2	f20c90d=	2,88	N/mm2
fvk=	3,5	N/mm2	f20vd=	4,43	N/mm2
E0.05=	11300	N/mm2	E0.20=	12995	N/mm2
E0=	13600	N/mm2			
G =	650	N/mm2			

Innbrenningsdybde, eksponerte sider:

Notional charring rate,  $\beta_n$ = 0,7 mm/min Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Tab 3.1  
 Innbrenningsdybde,  $d_{char,n}$ = 42 mm Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 3.4.2(2)  
 Effektiv innbrenningsdybde,  $d_{ef}$ = 49 mm Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 4.2.2(1)

Eksponerte sider:



Tverrsnittskonstanter:

b =	165	mm	Bredde av opprinnelig tverrsnitt
h =	180	mm	Høyde av opprinnelig tverrsnitt
A =	29700	mm	Tverrsnittsareal, ikke redusert for innbrenning og slisser
Lamelltykkelse = t =	45	mm	t=40 mm for std. uimp. gran, og t=33mm for std. imp. furu
b' =	0	mm	Total bredde av gjennomgående slisser i z-retning
b def=	116	mm	Bredde, redusert for innbrenning og slisser
h def=	82	mm	Høyde, redusert for innbrenning
Adef,net =	9512	mm <sup>2</sup>	Netto tverrsnittsareal, redusert for innbrenning og slisser
I def,y =	5,33E+06	mm <sup>4</sup>	2. arealmoment - y-y
I def,z =	1,07E+07	mm <sup>4</sup>	2. arealmoment - z-z
i def,y =	23,67	mm	Arealreghetsradius y-y
i def,z =	33,49	mm	Arealreghetsradius z-z

#### Stabilitet (vipping, knekning) etter pkt. 6.3.2 og 6.3.3

$\lambda_{rel,m}$ =	8,85		
$k_{crit}$ =	0,01		
$\lambda_y$ =	130,96	$\lambda_z$ =	92,58
$\lambda_{rel,y}$ =	2,25	$\lambda_{rel,z}$ =	1,59
$k_y$ =	3,13	$k_z$ =	1,83
$k_{cy}$ =	0,19	$k_{cz}$ =	0,37

#### Krumme bjelker etter pkt. 6.4.3

kl	1,01	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (4)
r <sub>i</sub> ,in	3179,00	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Ligning (6.48)
kr	0,83	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (5)
kp	0,01	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (8)

#### Dimensjonerende spenninger

$\sigma_{c,o,d}$	7,15	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende trykkspenning
$\sigma_{t,o,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende strekkspenning
$\sigma_{m,y,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende bøyepening om y-aksen
$\sigma_{m,z,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende bøyepening om z-aksen
$t_{y,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende skjærspenning i y-retning
$t_{z,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende skjærspenning i z-retning


#### Nødvendige kontroller

<b>6.1.2 Strekk i fiberretningen</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.1)</b>
<b>6.1.4 Trykk i fiberretningen</b>	<b>0,19</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.2)</b>
<b>6.1.6 Bøyning</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.11)</b>
	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.12)</b>
<b>6.1.7 Skjær i y-retning</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.13)</b>
<b>6.1.7 Skjær i z-retning</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.13)</b>
<b>6.2.3 Komb. bøyning og strekk</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.17)</b>
	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.18)</b>
<b>6.2.4 Komb. bøyning og trykk</b>	<b>0,04</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.19)</b>
	<b>0,04</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.20)</b>
<b>6.3.2 Knekningskontroll</b>	<b>1,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.23)</b>

	0,52	Kapasitet OK!	iht lign. (6.24)
6.3.3 Vippek kontroll	1,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.35)
6.4.3 Bøyning av krum bjelke	0,00	Kapasitet OK!	iht lign. (6.42)

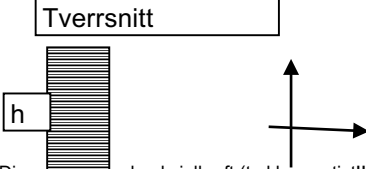
### Konstruksjonsdel:

### Bruddgrensetilstand 3B



**Belast**

N	0	kN
My	0	kNm
Mz	0	kNm
Vy	0	kN
Vz	0	kN



**Tverrsnitt**

Dimensjonerende aksialkraft (trykk negativt!!)	0	kN
Dimensjonerende moment, My	0	kNm
Dimensjonerende moment, Mz	0	kNm
Dimensjonerende skjærkraft, Vy	0	kN
Dimensjonerende skjærkraft, Vz	0	kN

#### Geometri:

Lengde	3220	mm	
Vippelengde	3220	mm	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, tabell 6.1
Knekk lengde om y-aksen	3100	mm	
Knekk lengde om z-aksen	3100	mm	
Bjeldens radius i senter, r	3220	mm	Gjelder krumning om y-aksen
Systemstyrkefaktor, ks <sub>ys</sub>	1,1		Kan settes lik 1,1 ved kont. lastfordelingssystem.

Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 6.6

#### Materialdata:

Materialtype	Limtre	
Kvalitet	GL30h	
Klimaklasse	2	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell NA.901
Lastvarighetsklasse	Permanent last	Korteste lastvarighet av opptredende laster, Tab NA.2.2
Materialfaktor, $\gamma_m$ =	1,15	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell NA.2.3
fasthetsfaktor, $k_{mod}$ =	0,60	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Tabell 3.1
Høydefaktor sterk akse, $k_{hy}$ =	1,08	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3
Høydefaktor svak akse, $k_{hz}$ =	1,10	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3
Korr.faktor for lameltykkelse: k:	1,00	Jf EN 14080:2013, Pkt 5.1.3

#### Fasthetsegenskaper

f <sub>mk</sub> =	30,0	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>myd</sub> =	18,65	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>mzd</sub> =	18,94	N/mm <sup>2</sup>
f <sub>t0k</sub> =	24,0	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>t0d</sub> =	14,92	N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>t90k</sub> =	0,5	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>t90d</sub> =	0,29	N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>c0k</sub> =	30,0	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>c0d</sub> =	17,22	N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>c90k</sub> =	2,5	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>c90d</sub> =	1,30	N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>vk</sub> =	3,5	N/mm <sup>2</sup>	f <sub>vd</sub> =	2,01	N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>0.05</sub> =	11300	N/mm <sup>2</sup>						
E <sub>0</sub> =	13600	N/mm <sup>2</sup>						
G =	650	N/mm <sup>2</sup>						

### Tverrsnittskonstanter:

b =	190	mm	Bredde av tverrsnittet
h =	270	mm	Høyde av tverrsnittet
Lamelltykkelse = t =	45	mm	t=40 mm for std. uimp. gran, og t=33mm for std. imp. furu
b' =	0	mm	Total bredde av gjennomgående slisser i z-retning
A =	51300	mm <sup>2</sup>	Areal
Atot, net =	51300	mm <sup>2</sup>	Areal totalt, nettotverrsnitt
Iy =	3,12E+08	mm <sup>4</sup>	2. arealmoment - y-y
Iz =	1,54E+08	mm <sup>4</sup>	2. arealmoment - z-z
Iy =	77,94	mm	Arealtreghetsradius y-y
Iz =	54,85	mm	Arealtreghetsradius z-z

### Stabilitet (vipping, knekning) etter pkt. 6.3.2 og 6.3.3

$\lambda_{rel,m}$ =	0,30		
k <sub>crit</sub> =	1,00		
$\lambda_y$ =	39,77	$\lambda_z$ =	56,52
$\lambda_{rel,y}$ =	0,65	$\lambda_{rel,z}$ =	0,93
k <sub>y</sub> =	0,73	k <sub>z</sub> =	0,96
k <sub>cy</sub> =	0,94	k <sub>cz</sub> =	0,82

### Krumme bjelker etter pkt. 6.4.3

kl	1,03	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (4)
r <sub>,in</sub>	3085,00	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Ligning (6.48)
kr	0,83	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (5)
kp	0,02	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (8)

### Dimensjonerende spenninger

$\sigma_{c,o,d}$	5,56	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende trykkspenning
$\sigma_{t,o,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende strekkspenning
$\sigma_{m,y,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende bøyespenning om y-aksen
$\sigma_{m,z,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende bøyespenning om z-aksen
$t_{y,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende skjærspenning i y-retning
$t_{z,d}$	0,00	N/mm <sup>2</sup>	Dimensjonerende skjærspenning i z-retning

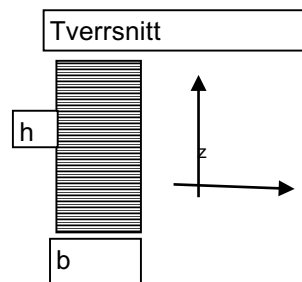
### Nødvendige kontroller

<b>6.1.2 Strekk i fiberretningen</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.1)</b>
<b>6.1.4 Trykk i fiberretningen</b>	<b>0,32</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.2)</b>
<b>6.1.6 Bøyning</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.11)</b>
	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.12)</b>
<b>6.1.7 Skjær i y-retning</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.13)</b>
<b>6.1.7 Skjær i z-retning</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.13)</b>
<b>6.2.3 Komb. bøyning og strekk</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.17)</b>
	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.18)</b>
<b>6.2.4 Komb. bøyning og trykk</b>	<b>0,10</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.19)</b>
	<b>0,10</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.20)</b>
<b>6.3.2 Knekningskontroll</b>	<b>0,34</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign.</b>	<b>(6.23)</b>

	0,39	Kapasitet OK!	iht lign.	(6.24)
6.3.3 Vippekroll	0,39	Kapasitet OK!	iht lign.	(6.35)
6.4.3 Bøyning av krum bjelke	0,00	Kapasitet OK!	iht lign.	(6.42)

## Konstruksjonsdel:

## Branntilstand 3B



y

### Belastning i branntilstand:

Beregnes iht NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 4.3.1

N	-285	kN	Dimensjonerende aksialkraft (trykk negativ!!)
My	0	kNm	Dimensjonerende moment, My
Mz	0	kNm	Dimensjonerende moment, Mz
Vy	0	kN	Dimensjonerende skjærkraft, Vy
Vz	0	kN	Dimensjonerende skjærkraft, Vz
Brennmotstandskrav i minutter, R=	60	min	Minimum 20 min. Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Tab 4.1

### Geometri:

Lengde	3220	mm	
Vippelengde	3220	mm	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, tabell 6.1
Knekk lengde sterk akse	3100	mm	
Knekk lengde svak akse	3100	mm	
Bjeldens radius i senter, r	3220	mm	Gjelder krumning om sterk akse
Systemstyrkefaktor, ks	1,1		Kan settes lik 1,1 ved kont. lastfordelingssystem. Jf. EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 6.6

### Materialdata:

Materialtype	Limtre	
Kvalitet	GL30h	
Materialfaktor, $\gamma_{m,fire}$ =	1,00	Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 2.3(1) note 2
fasthetsfaktor, $k_{mod, fi}$ =	1,00	Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 4.2.2 (5)
Høydefaktor sterk akse, $k_{hy}$ =	1,10	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3
Høydefaktor svak akse, $k_{hz}$ =	1,10	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt.: 3.2 og 3.3
Faktor, styrke og stivhet, $k_{fi}$ =	1,15	Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Tab 2.1
Korr.faktor for lamelltykkelse: k=	1,00	Jf EN 14080:2013, Pkt 5.1.3

### Fasthetsegenskaper

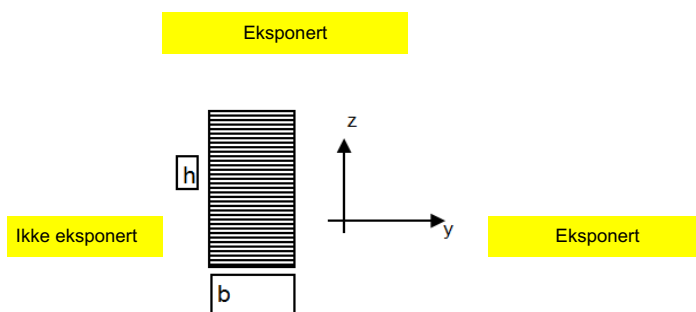
f20 og S20 beregnes ihht NE-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 2.3.(3)

fmk=	30,0 N/mm <sup>2</sup>	f20myd=	41,75 N/mm <sup>2</sup>	f20mzd=	41,75 N/mm <sup>2</sup>
ft0k=	24,0 N/mm <sup>2</sup>	f20t0d=	33,40 N/mm <sup>2</sup>		
ft90k=	0,5 N/mm <sup>2</sup>	f20t90d=	0,63 N/mm <sup>2</sup>		
fc0k=	30,0 N/mm <sup>2</sup>	f20c0d=	37,95 N/mm <sup>2</sup>		
fc90k=	2,5 N/mm <sup>2</sup>	f20c90d=	2,88 N/mm <sup>2</sup>		
fvk=	3,5 N/mm <sup>2</sup>	f20vd=	4,43 N/mm <sup>2</sup>		
E0.05=	11300 N/mm <sup>2</sup>	E0.20=	12995 N/mm <sup>2</sup>		
E0=	13600 N/mm <sup>2</sup>				
G =	650 N/mm <sup>2</sup>				

Innbrenningsdybde, eksponerte sider:

Notional charring rate, $\beta n$ =	0,7 mm/min	Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Tab 3.1
Innbrenningsdybde, $d_{char,n}$ =	42 mm	Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 3.4.2(2)
Effektiv innbrenningsdybde, $d_{ef}$ =	49 mm	Jf. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Pkt 4.2.2(1)

Eksponerte sider:



Eksponert

Tverrsnittskonstanter:

b =	190 mm	Bredde av opprinnelig tverrsnitt
h =	270 mm	Høyde av opprinnelig tverrsnitt
A =	51300 mm <sup>2</sup>	Tverrsnittsareal, ikke redusert for innbrenning og slisser
Lamelltykkelse = t =	45 mm	t=40 mm for std. uimp. gran, og t=33mm for std. imp. furu
b' =	0 mm	Total bredde av gjennomgående slisser i z-retning
b def=	141 mm	Bredde, redusert for innbrenning og slisser
h def=	172 mm	Høyde, redusert for innbrenning
Adef,net =	24252 mm <sup>2</sup>	Netto tverrsnittsareal, redusert for innbrenning og slisser
I def,y =	5,98E+07 mm <sup>4</sup>	2. arealmoment - y-y
I def,z =	4,02E+07 mm <sup>4</sup>	2. arealmoment - z-z
i def,y =	49,65 mm	Arealreghetsradius y-y
i def,z =	40,70 mm	Arealreghetsradius z-z

Stabilitet (vipping, knekning) etter pkt. 6.3.2 og 6.3.3

$\lambda_{rel,m}$ =	0,36
---------------------	------

kcrit =	1,00		
λy =	62,43	λz =	76,16
λrely =	1,07	λrelz =	1,31
ky =	1,12	kz =	1,41
kcy =	0,71	kcz =	0,52

#### Krumme bjelker etter pkt. 6.4.3

kl	1,02	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (4)
r,in	3134,00	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Ligning (6.48)
kr	0,83	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (5)
kp	0,01	Jf. NS-EN 1995-1-1:2004, Pkt 6.4.3 (8)

#### Dimensjonerende spenninger

σc,o,d	11,75	N/mm2	Dimensjonerende trykkspenning
σt,o,d	0,00	N/mm2	Dimensjonerende strekkspenning
σm,y,d	0,00	N/mm2	Dimensjonerende bøyespenning om y-aksen
σm,z,d	0,00	N/mm2	Dimensjonerende bøyespenning om z-aksen
ty,d	0,00	N/mm2	Dimensjonerende skjærspenning i y-retning
tz,d	0,00	N/mm2	Dimensjonerende skjærspenning i z-retning

#### Nødvendige kontroller

<b>6.1.2 Strekk i fiberretningen</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.1)</b>
<b>6.1.4 Trykk i fiberretningen</b>	<b>0,31</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.2)</b>
<b>6.1.6 Bøyning</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.11)</b>
	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.12)</b>
<b>6.1.7 Skjær i y-retning</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.13)</b>
<b>6.1.7 Skjær i z-retning</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.13)</b>
<b>6.2.3 Komb. bøyning og strekk</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.17)</b>
	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.18)</b>
<b>6.2.4 Komb. bøyning og trykk</b>	<b>0,10</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.19)</b>
	<b>0,10</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.20)</b>
<b>6.3.2 Knekningskontroll</b>	<b>0,44</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.23)</b>
	<b>0,60</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.24)</b>
<b>6.3.3 Vippekantroll</b>	<b>0,60</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.35)</b>
<b>6.4.3 Bøyning av krum bjelke</b>	<b>0,00</b>	<b>Kapasitet OK!</b>	<b>iht lign. (6.42)</b>



## Vedlegg 3 – Calculatis massivtreelementer

(Navnene på elementene henviser til hhv. etasje og akse)

Maria Persen project element Tre Dekke 2. etg page 1  
date 23.03.2020

### system



global utilization ratio							98 %
ULS	25 %	ULS fire	16 %	SLS	67 %	SLS vibration	98 %
						support	-1 %

### section: CLT 280 L7s - 2

layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
3	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
5	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
6	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
7	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t <sub>CLT</sub>	280.0 mm		

### section fire: CLT 280 L7s - 2

layer	thickness	orientation	material			
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
3	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
5	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
6	34.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
t <sub>CLT</sub>	234.0 mm					
fire resistance class: R 60	time	60 min				
fire protection layering : no additional fire protection	k <sub>0</sub>	d <sub>0</sub>	d <sub>char,0,h</sub>	d <sub>ef,h</sub>	d <sub>char,0,v</sub>	d <sub>ef,v</sub>
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	39.0	46.0	0.0	0.0

### material values

material	f <sub>m,k</sub>	f <sub>t,0,k</sub>	f <sub>t,90,k</sub>	f <sub>c,0,k</sub>	f <sub>c,90,k</sub>	f <sub>t,k</sub>	f <sub>t,k,min</sub>	E <sub>0,mean</sub>	G <sub>mean</sub>	G <sub>c,mean</sub>
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

### load



© 2020 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.34.0

load case groups										
	load case category	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{inf}$	$\gamma_{sup}$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
LC1	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1
LC2	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3	
LC3	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1

LC1:self weight CLT	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	1.40

LC2:live load cat. A: residential	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.00

LC3:self weight	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.73

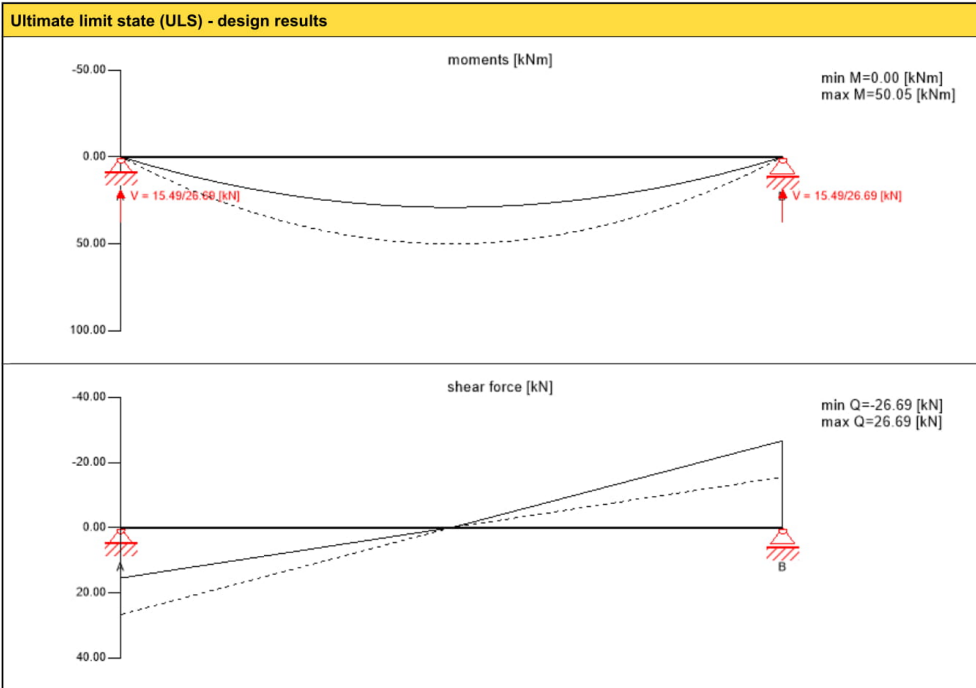
ULS combinations	
	combination rule
LCO1	$1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC3$
LCO2	$1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC3 + 1.25/0.00 * LC2$

ULS combinations fire	
	combination rule
LCO3	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO4	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2$

SLS characteristic combination	
	combination rule
LCO5	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO6	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * LC2$

SLS quasi-permanent combination	
	combination rule
LCO7	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO8	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC2$





**ULS flexural design**

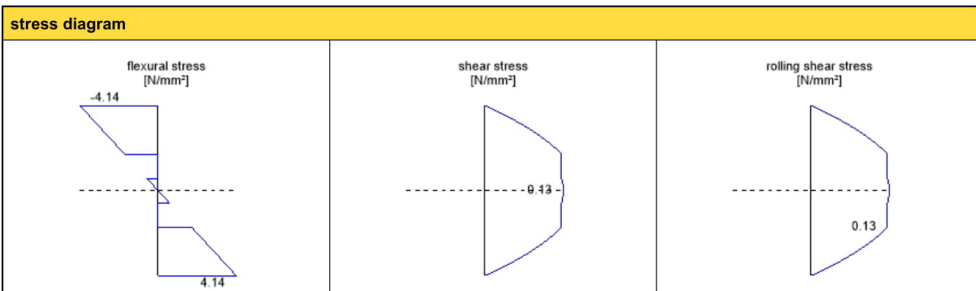
field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	3.75	24.00	1.25	0.80	1.10	16.90	50.05	-4.14	25 %	LCO2

**ULS shear analysis**

field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	4.00	1.25	0.80	2.56	-26.69	0.13	5 %	LCO2

**ULS rolling shear**

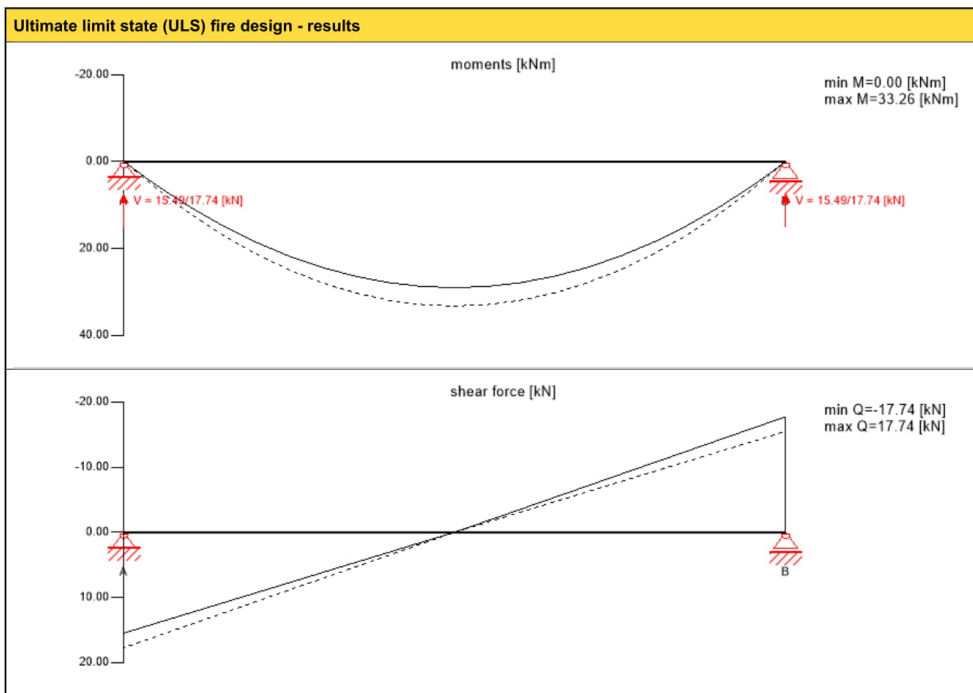
field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	1.05	1.25	0.80	0.67	-26.69	0.13	19 %	LCO2



flexural stress analysis			
$M_{y,d} =$	50.05 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{i,d} =$	0.00 kN	$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
		$k_{hm} =$	1.00 -
		$k_i =$	1.00 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d} =$	8.96 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	-4.14 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	16.90 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio			25 %

shear stress analysis			
$V_d =$	- kN	$f_{v,k} =$	4.00 N/mm <sup>2</sup>
	26.69	$\gamma_m =$	1.25
		$k_{mod} =$	0.80
$\tau_{v,d} =$	0.13 N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d} =$	2.56 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio			5 %

rolling shear analysis			
$V_d =$	-26.69 kN	$f_{r,k} =$	1.05 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
$\tau_{r,d} =$	0.13 N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d} =$	0.67 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio			19 %

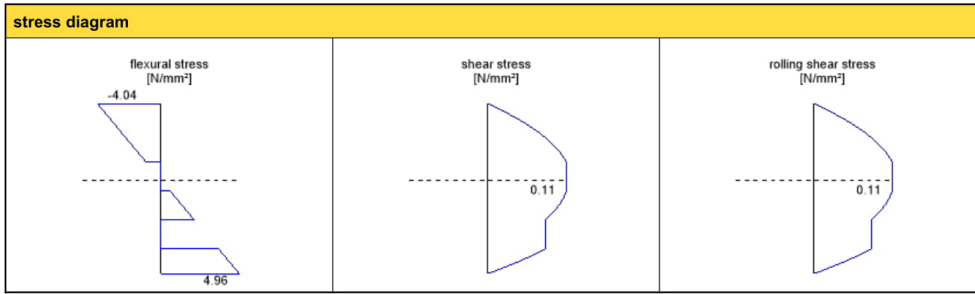


ULS fire flexural design											
field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_i$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	3.75	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	33.26	4.96	16 %	LCO4



ULS fire shear analysis										
field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fl}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	-17.74	0.11	2 %	LCO4

ULS fire rolling shear										
field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fl}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	1.05	1.00	1.00	1.15	1.21	-17.74	0.11	9 %	LCO4

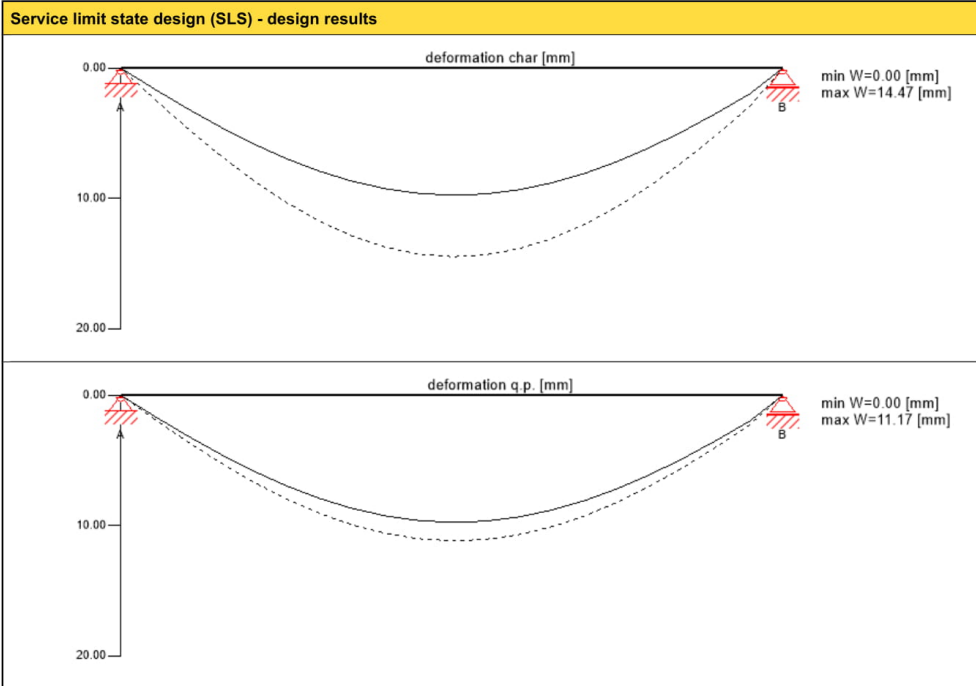


flexural stress analysis fire			
$M_{y,d}$ =	33.26 kNm	$f_{m,k}$ =	24.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{t,d}$ =	0.00 kN	$\gamma_m$ =	1.00 -
		$k_{mod}$ =	1.00 -
		$k_{sys,y}$ =	1.10 -
		$k_{hm}$ =	1.00 -
		$k_i$ =	1.00 -
		$k_{fl}$ =	1.15 -
$\sigma_{t,d}$ =	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d}$ =	16.10 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d}$ =	4.96 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d}$ =	30.36 N/mm <sup>2</sup>
		<	✓
utilization ratio		16 %	

shear stress analysis fire			
$V_d$ =	- 17.74 kN	$f_{v,k}$ =	4.00 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m$ =	1.00
		$k_{mod}$ =	1.00
		$k_{fl}$ =	1.15
$\tau_{v,d}$ =	0.11 N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d}$ =	4.60 N/mm <sup>2</sup>
		<	✓
utilization ratio		2 %	

rolling shear analysis fire			
$V_d$ =	-17.74 kN	$f_{r,k}$ =	1.05 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m$ =	1.00 -
		$k_{mod}$ =	1.00 -
		$k_{fl}$ =	1.15 -
$\tau_{r,d}$ =	0.11 N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d}$ =	1.21 N/mm <sup>2</sup>
		<	✓
utilization ratio		9 %	





**$w_{inst} = w[char]$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/300	25.0	14.5	58 %

**$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/150	50.0	23.4	47 %

**$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/250	30.0	20.1	67 %

**vibration analysis**

general		
total mass	22.73	[t]
tributary width	4.1	[m]
stiffness longitudinal direction	20288.0	[kNm <sup>2</sup> ]
stiffness cross direction	2730.7	[kNm <sup>2</sup> ]
modal damping	4.0	[%]
$\alpha$	0.1	[-]
man weight	700.0	[N]
modal mass	6513.1	[kg]



vibration analysis							
analysis							
criterion	calc.	class I	class II	class I	class II	cl. I	cl. II
frequency criterion min	6.132 [Hz]	4.5 [Hz]	4.5 [Hz]	73 %	73 %	✓	✓
frequency criterion	6.132 [Hz]	8.0 [Hz]	6.0 [Hz]	130 %	98 %	-	✓
acceleration criterion	0.046 [m/s <sup>2</sup> ]	0.05 [m/s <sup>2</sup> ]	0.1 [m/s <sup>2</sup> ]	92 %	46 %	✓	✓
stiffness criterion	0.105 [mm]	0.25 [mm]	0.5 [mm]	42 %	21 %	✓	✓

support reaction			
load case category	K <sub>mod</sub>	A <sub>V</sub>	B <sub>V</sub>
		[kN]	
self weight CLT	0.6	5.25	5.25
		5.25	5.25
live load cat. A: residential	0.8	7.50	7.50
		0.00	0.00
self weight	0.6	10.24	10.24
		10.24	10.24

**Disclaimer**

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

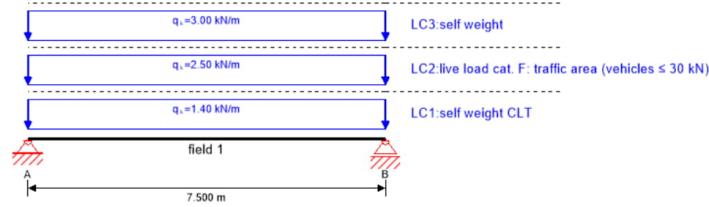
Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



**system**



global utilization ratio						87 %			
ULS	28 %	ULS fire	20 %	SLS	84 %	SLS vibration	87 %	support	-1 %

**section: CLT 280 L7s - 2**

layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
3	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
5	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
6	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
7	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t <sub>CLT</sub>	<b>280.0 mm</b>		

**section fire: CLT 280 L7s - 2**

layer	thickness	orientation	material			
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
3	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
5	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
6	34.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
t <sub>CLT</sub>	<b>234.0 mm</b>					
fire resistance class: R 60	time	<b>60 min</b>				
fire protection layering : no additional fire protection	k <sub>0</sub>	d <sub>0</sub>	d <sub>char,0,h</sub>	d <sub>def,h</sub>	d <sub>char,0,v</sub>	d <sub>def,v</sub>
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	39.0	46.0	0.0	0.0

**material values**

material	f <sub>m,k</sub>	f <sub>t,0,k</sub>	f <sub>t,90,k</sub>	f <sub>c,0,k</sub>	f <sub>c,90,k</sub>	f <sub>v,k</sub>	f <sub>r,k min</sub>	E <sub>0,mean</sub>	G <sub>mean</sub>	G <sub>r,mean</sub>
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

**load**





load case groups										
	load case category	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{inf}$	$\gamma_{sup}$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
LC1	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1
LC2	live load cat. F: traffic area (vehicles ≤ 30 kN)	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.7	0.6	
LC3	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1

LC1:self weight CLT	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	1.40

LC2:live load cat. F: traffic area (vehicles ≤ 30 kN)	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.50

LC3:self weight	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	3.00

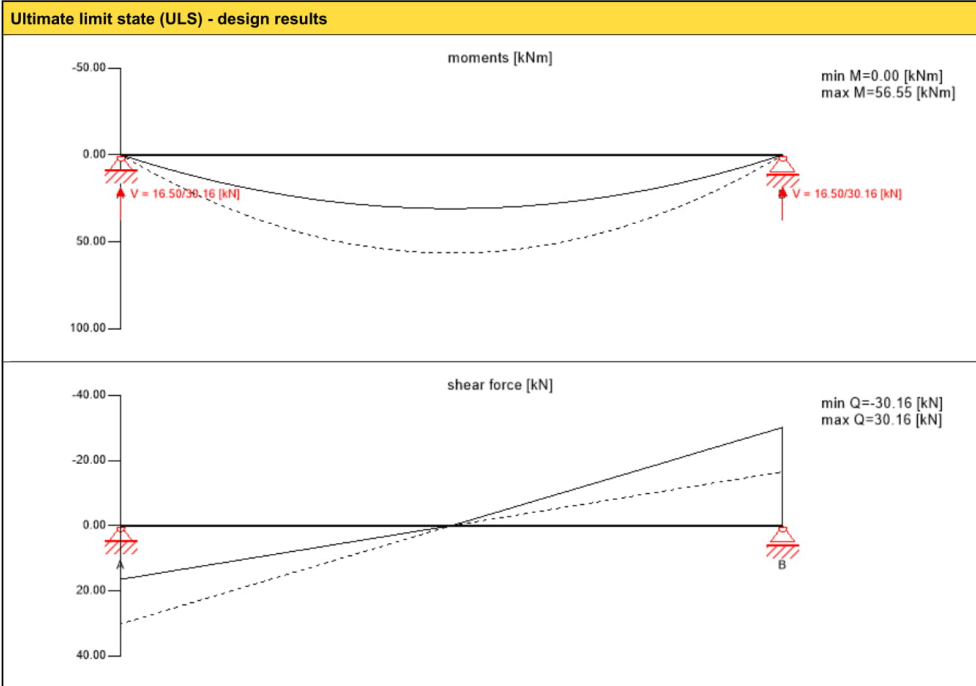
ULS combinations	
	combination rule
LCO1	$1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC3$
LCO2	$1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC3 + 1.25/0.00 * LC2$

ULS combinations fire	
	combination rule
LCO3	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO4	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC2$

SLS characteristic combination	
	combination rule
LCO5	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO6	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * LC2$

SLS quasi-permanent combination	
	combination rule
LCO7	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3$
LCO8	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC3 + 1.00/0.00 * 0.60 * LC2$





**ULS flexural design**

field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	3.75	24.00	1.25	0.80	1.10	16.90	56.55	-4.68	28 %	LCO2

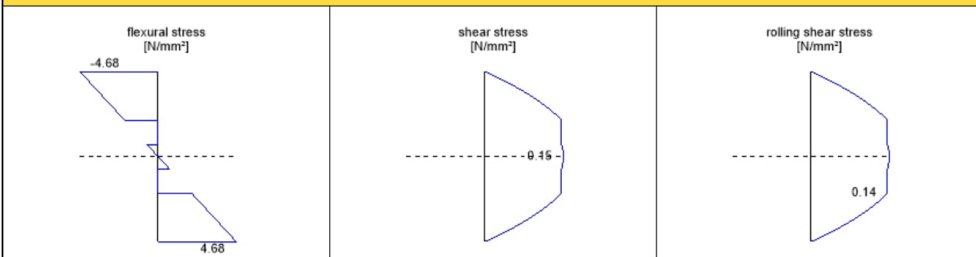
**ULS shear analysis**

field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	0.0	4.00	1.25	0.80	2.56	30.16	0.15	6 %	LCO2

**ULS rolling shear**

field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	0.0	1.05	1.25	0.80	0.67	30.16	0.14	21 %	LCO2

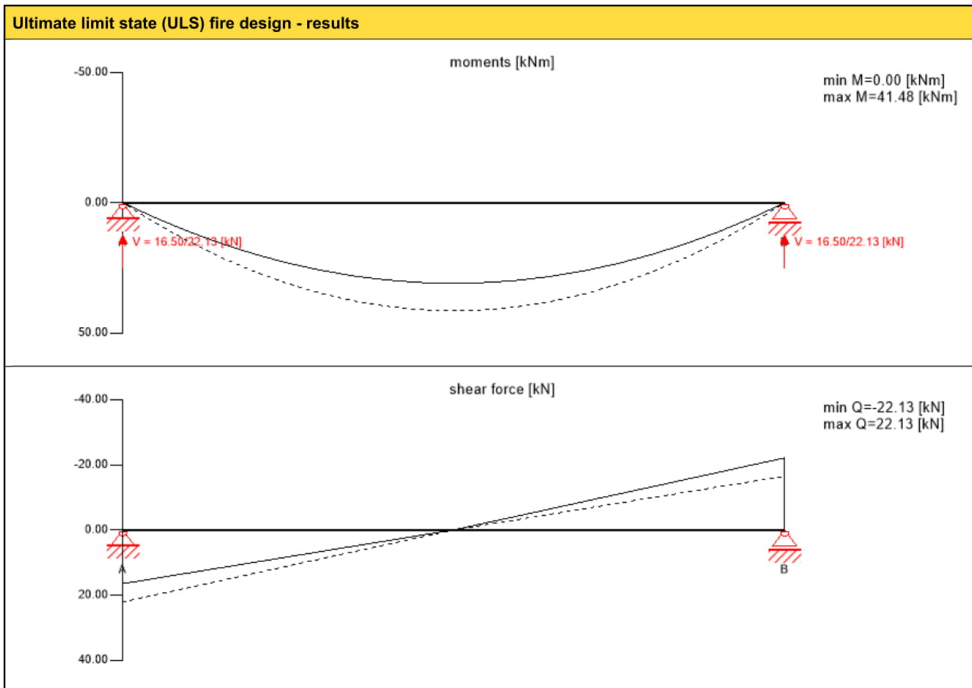
**stress diagram**



flexural stress analysis			
$M_{y,d} =$	56.55 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{i,d} =$	0.00 kN	$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
		$k_{hm} =$	1.00 -
		$k_i =$	1.00 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d} =$	8.96 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	-4.68 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	16.90 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio			28 %

shear stress analysis			
$V_d =$	30.16 kN	$f_{v,k} =$	4.00 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.25
		$k_{mod} =$	0.80
$\tau_{v,d} =$	0.15 N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d} =$	2.56 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio			6 %

rolling shear analysis			
$V_d =$	30.16 kN	$f_{r,k} =$	1.05 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
$\tau_{r,d} =$	0.14 N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d} =$	0.67 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio			21 %

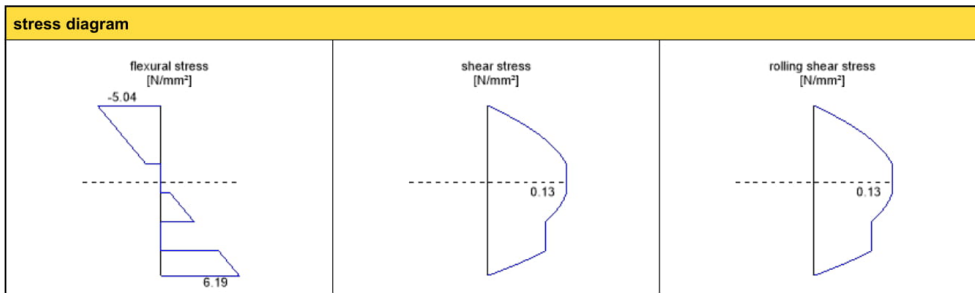


ULS fire flexural design											
field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_i$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	3.75	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	41.48	6.19	20 %	LCO4



ULS fire shear analysis										
field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fl}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	-22.13	0.13	3 %	LCO4

ULS fire rolling shear										
field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fl}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	1.05	1.00	1.00	1.15	1.21	-22.13	0.13	11 %	LCO4

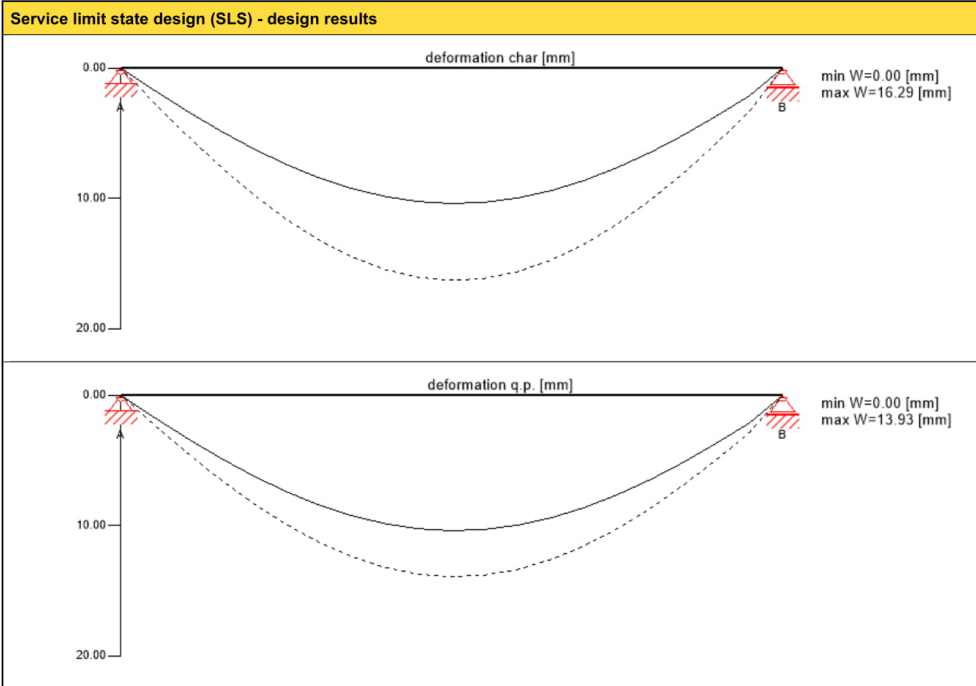


flexural stress analysis fire					
$M_{y,d}$ =	41.48	kNm	$f_{m,k}$ =	24.00	N/mm <sup>2</sup>
$N_{t,d}$ =	0.00	kN	$\gamma_m$ =	1.00	-
			$k_{mod}$ =	1.00	-
			$k_{sys,y}$ =	1.10	-
			$k_{hm}$ =	1.00	-
			$k_i$ =	1.00	-
			$k_{fl}$ =	1.15	-
$\sigma_{t,d}$ =	0.00	N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d}$ =	16.10	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d}$ =	6.19	N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d}$ =	30.36	N/mm <sup>2</sup>
					<
utilization ratio					20 %

shear stress analysis fire					
$V_d$ =	-	kN	$f_{v,k}$ =	4.00	N/mm <sup>2</sup>
	22.13		$\gamma_m$ =	1.00	
			$k_{mod}$ =	1.00	
			$k_{fl}$ =	1.15	
$\tau_{v,d}$ =	0.13	N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d}$ =	4.60	N/mm <sup>2</sup>
					<
utilization ratio					3 %

rolling shear analysis fire					
$V_d$ =	-22.13	kN	$f_{r,k}$ =	1.05	N/mm <sup>2</sup>
			$\gamma_m$ =	1.00	-
			$k_{mod}$ =	1.00	-
			$k_{fl}$ =	1.15	-
$\tau_{r,d}$ =	0.13	N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d}$ =	1.21	N/mm <sup>2</sup>
					<
utilization ratio					11 %





**$w_{inst} = w[char]$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/300	25.0	16.3	65 %

**$w_{fin} = w[char] + w[q.p.] * k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/150	50.0	27.4	55 %

**$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.] * k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/250	30.0	25.1	84 %

**vibration analysis**

general		
total mass	24.22	[t]
tributary width	4.5	[m]
stiffness longitudinal direction	20288.0	[kNm <sup>2</sup> ]
stiffness cross direction	3747.3	[kNm <sup>2</sup> ]
modal damping	4.0	[%]
$\alpha$	0.1	[-]
man weight	700.0	[N]
modal mass	7510.2	[kg]



**vibration analysis**

analysis							
critereon	calc.	class I	class II	class I	class II	cl. I	cl. II
frequency criterion min	5.941 [Hz]	4.5 [Hz]	4.5 [Hz]	76 %	76 %	✓	✓
frequency criterion	5.941 [Hz]	8.0 [Hz]	6.0 [Hz]	135 %	101 %	-	-
acceleration criterion	0.043 [m/s <sup>2</sup> ]	0.05 [m/s <sup>2</sup> ]	0.1 [m/s <sup>2</sup> ]	87 %	43 %	✓	✓
stiffness criterion	0.097 [mm]	0.25 [mm]	0.5 [mm]	39 %	19 %	✓	✓

**support reaction**

load case category	K <sub>mod</sub>	A <sub>V</sub>	B <sub>V</sub>
		[kN]	
self weight CLT	0.6	5.25	5.25
		5.25	5.25
live load cat. F: traffic area (vehicles ≤ 30 kN)	0.8	9.38	9.38
		0.00	0.00
self weight	0.6	11.25	11.25
		11.25	11.25

**Disclaimer**

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



**system**



global utilization ratio						98 %			
ULS	25 %	ULS fire	16 %	SLS	67 %	SLS vibration	98 %	support	-1 %

**section: CLT 280 L7s - 2**

	layer	thickness	orientation	material
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	3	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	5	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	6	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	7	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
$t_{CLT}$	<b>280.0 mm</b>			

**section fire: CLT 280 L7s - 2**

	layer	thickness	orientation	material		
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	2	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	3	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	5	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
6	34.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
$t_{CLT}$	<b>234.0 mm</b>					
fire resistance class: R 60	time		<b>60 min</b>			
fire protection layering : no additional fire protection	$k_0$	$d_0$	$d_{char,0,h}$	$d_{def,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{def,v}$
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	39.0	46.0	0.0	0.0

**material values**

material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0,mean}$	$G_{mean}$	$G_{r,mean}$
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

**load**



load case groups										
	load case category	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{inf}$	$\gamma_{sup}$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
LC1	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1
LC2	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1
LC3	live load cat. A: residential	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.3	

LC1:self weight CLT	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	1.40

LC2:self weight	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.73

LC3:live load cat. A: residential	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.00

ULS combinations	
	combination rule
LCO1	$1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC2$
LCO2	$1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC2 + 1.25/0.00 * LC3$

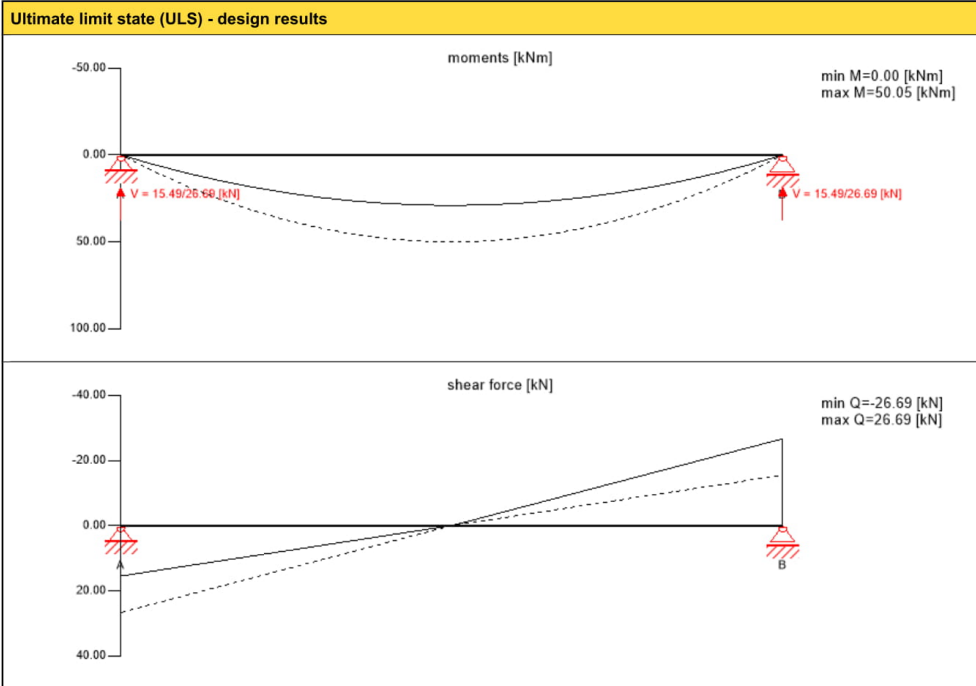
ULS combinations fire	
	combination rule
LCO3	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2$
LCO4	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC3$

SLS characteristic combination	
	combination rule
LCO5	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2$
LCO6	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2 + 1.00/0.00 * LC3$

SLS quasi-permanent combination	
	combination rule
LCO7	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2$
LCO8	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.30 * LC3$







**ULS flexural design**

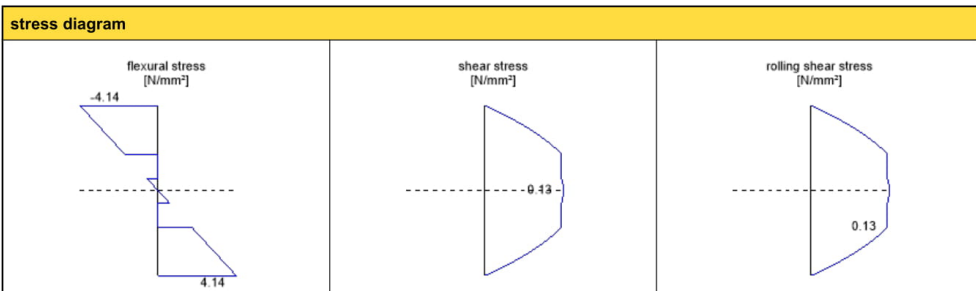
field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	3.75	24.00	1.25	0.80	1.10	16.90	50.05	-4.14	25 %	LCO2

**ULS shear analysis**

field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	4.00	1.25	0.80	2.56	-26.69	0.13	5 %	LCO2

**ULS rolling shear**

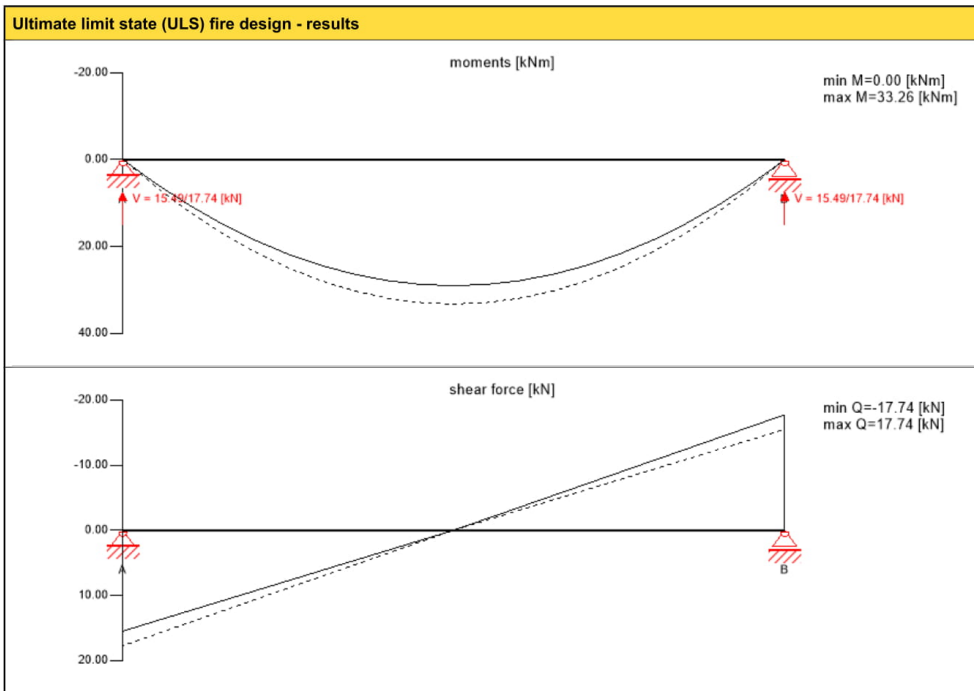
field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	1.05	1.25	0.80	0.67	-26.69	0.13	19 %	LCO2



flexural stress analysis			
$M_{y,d} =$	50.05 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{i,d} =$	0.00 kN	$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
		$k_{hm} =$	1.00 -
		$k_i =$	1.00 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d} =$	8.96 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	-4.14 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	16.90 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio			25 %

shear stress analysis			
$V_d =$	- 26.69 kN	$f_{v,k} =$	4.00 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.25
		$k_{mod} =$	0.80
$\tau_{v,d} =$	0.13 N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d} =$	2.56 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio			5 %

rolling shear analysis			
$V_d =$	-26.69 kN	$f_{r,k} =$	1.05 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
$\tau_{r,d} =$	0.13 N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d} =$	0.67 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio			19 %

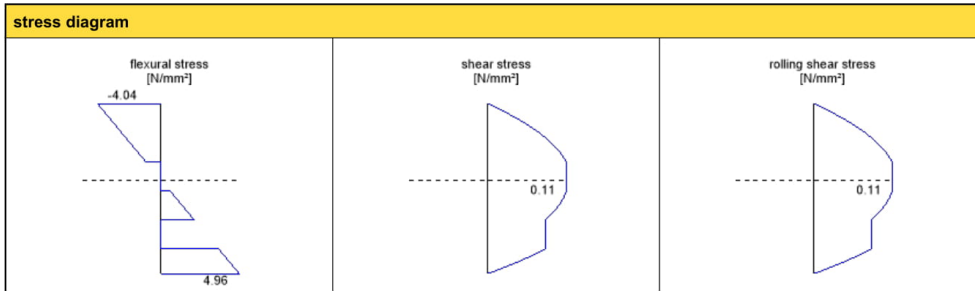


ULS fire flexural design											
field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_i$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	3.75	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	33.26	4.96	16 %	LCO4



ULS fire shear analysis										
field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fl}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	-17.74	0.11	2 %	LCO4

ULS fire rolling shear										
field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fl}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	1.05	1.00	1.00	1.15	1.21	-17.74	0.11	9 %	LCO4

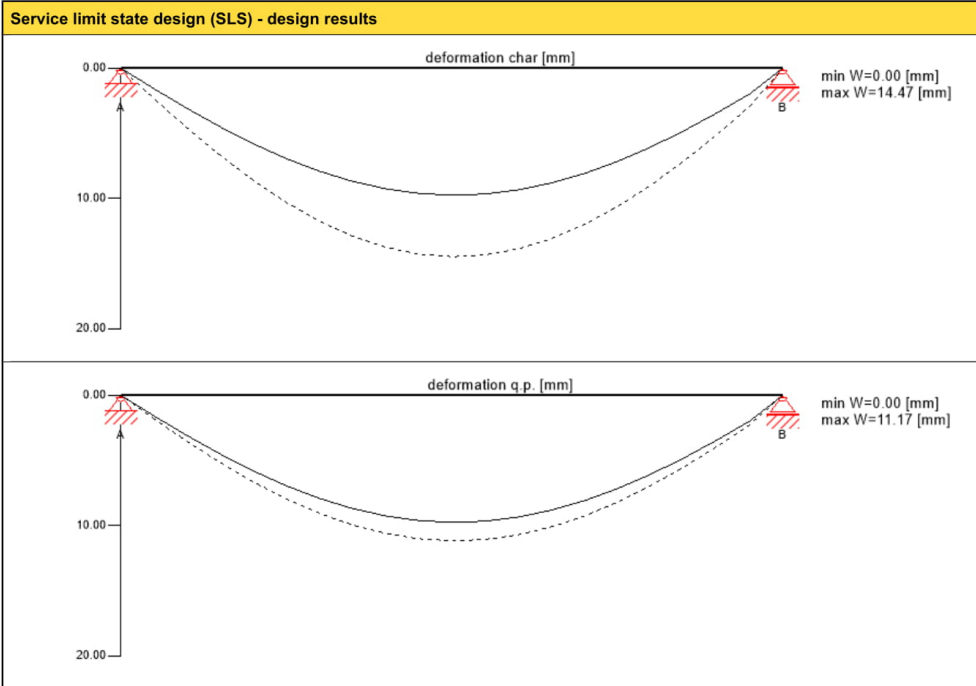


flexural stress analysis fire					
$M_{y,d}$ =	33.26	kNm	$f_{m,k}$ =	24.00	N/mm <sup>2</sup>
$N_{t,d}$ =	0.00	kN	$\gamma_m$ =	1.00	-
			$k_{mod}$ =	1.00	-
			$k_{sys,y}$ =	1.10	-
			$k_{hm}$ =	1.00	-
			$k_i$ =	1.00	-
			$k_{fl}$ =	1.15	-
$\sigma_{t,d}$ =	0.00	N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d}$ =	16.10	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d}$ =	4.96	N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d}$ =	30.36	N/mm <sup>2</sup>
			<	✓	
<b>utilization ratio</b>			<b>16 %</b>		

shear stress analysis fire					
$V_d$ =	-	kN	$f_{v,k}$ =	4.00	N/mm <sup>2</sup>
	17.74		$\gamma_m$ =	1.00	
			$k_{mod}$ =	1.00	
			$k_{fl}$ =	1.15	
$\tau_{v,d}$ =	0.11	N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d}$ =	4.60	N/mm <sup>2</sup>
			<	✓	
<b>utilization ratio</b>			<b>2 %</b>		

rolling shear analysis fire					
$V_d$ =	-17.74	kN	$f_{r,k}$ =	1.05	N/mm <sup>2</sup>
			$\gamma_m$ =	1.00	-
			$k_{mod}$ =	1.00	-
			$k_{fl}$ =	1.15	-
$\tau_{r,d}$ =	0.11	N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d}$ =	1.21	N/mm <sup>2</sup>
			<	✓	
<b>utilization ratio</b>			<b>9 %</b>		





**$w_{inst} = w[char]$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/300	25.0	14.5	58 %

**$w_{fin} = w[char] + w[q.p.]*k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/150	50.0	23.4	47 %

**$w_{net,fin} = w[q.p.] + w[q.p.]*k_{def}$**

field	$K_{def}$	limit	$w_{limit}$	$w_{calc.}$	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/250	30.0	20.1	67 %

**vibration analysis**

general		
total mass	22.73	[t]
tributary width	4.1	[m]
stiffness longitudinal direction	20288.0	[kNm <sup>2</sup> ]
stiffness cross direction	2730.7	[kNm <sup>2</sup> ]
modal damping	4.0	[%]
$\alpha$	0.1	[-]
man weight	700.0	[N]
modal mass	6513.1	[kg]



vibration analysis							
analysis							
criterion	calc.	class I	class II	class I	class II	cl. I	cl. II
frequency criterion min	6.132 [Hz]	4.5 [Hz]	4.5 [Hz]	73 %	73 %	✓	✓
frequency criterion	6.132 [Hz]	8.0 [Hz]	6.0 [Hz]	130 %	98 %	-	✓
acceleration criterion	0.046 [m/s <sup>2</sup> ]	0.05 [m/s <sup>2</sup> ]	0.1 [m/s <sup>2</sup> ]	92 %	46 %	✓	✓
stiffness criterion	0.105 [mm]	0.25 [mm]	0.5 [mm]	42 %	21 %	✓	✓

support reaction			
load case category	K <sub>mod</sub>	A <sub>V</sub>	B <sub>V</sub>
		[kN]	
self weight CLT	0.6	5.25	5.25
		5.25	5.25
self weight	0.6	10.24	10.24
		10.24	10.24
live load cat. A: residential	0.8	7.50	7.50
		0.00	0.00

**Disclaimer**

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

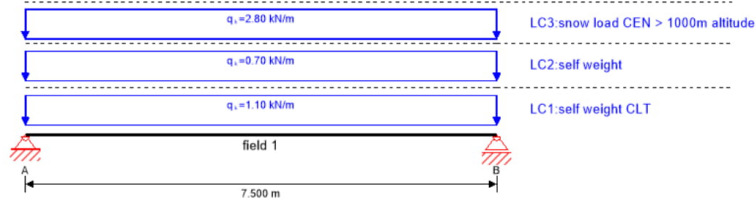
Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



**system**



global utilization ratio						85 %			
ULS	31 %	ULS fire	24 %	SLS	85 %	SLS vibration	0 %	support	-1 %

**section: CLT 220 L7s - 2**

layer	thickness	orientation	material
1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
3	30.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
5	30.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
6	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
7	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
t <sub>CLT</sub>	<b>220.0 mm</b>		

**section fire: CLT 220 L7s - 2**

layer	thickness	orientation	material		
1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
2	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
3	30.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
4	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
5	30.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
6	5.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
t <sub>CLT</sub>	<b>165.0 mm</b>				
fire resistance class:	<b>R 60</b>				
fire protection layering :	<b>no additional fire protection</b>				
time	<b>60 min</b>				
k <sub>0</sub>	d <sub>0</sub>	d <sub>char,0,h</sub>	d <sub>def,h</sub>	d <sub>char,0,v</sub>	d <sub>def,v</sub>
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	7	48.0	55.0	0.0	0.0

**material values**

material	f <sub>m,k</sub>	f <sub>t,0,k</sub>	f <sub>t,90,k</sub>	f <sub>c,0,k</sub>	f <sub>c,90,k</sub>	f <sub>v,k</sub>	f <sub>r,k min</sub>	E <sub>0,mean</sub>	G <sub>mean</sub>	G <sub>r,mean</sub>
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

**load**



load case groups									
	load case category	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{inf}$	$\gamma_{sup}$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
LC1	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1
LC2	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1
LC3	snow load CEN > 1000m altitude	Q	medium term	0.8	0	1.5	0.7	0.5	0.2

LC1:self weight CLT	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	1.10

LC2:self weight	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	0.70

LC3:snow load CEN > 1000m altitude	
continuous load	
field	load at start
	[kN/m]
1	2.80

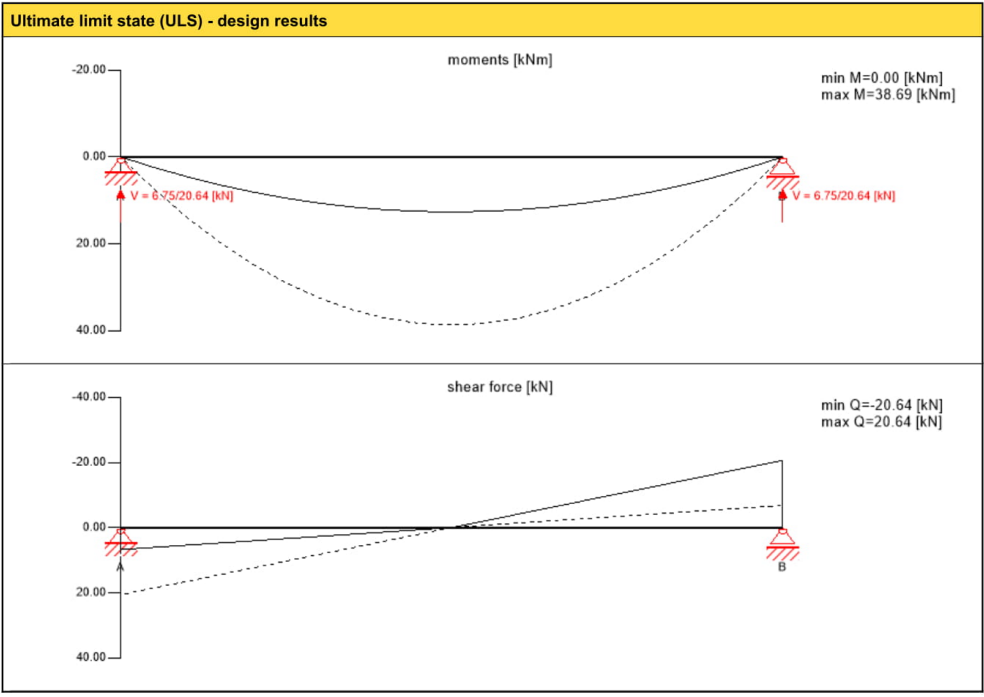
ULS combinations	
	combination rule
LCO1	$1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC2$
LCO2	$1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC2 + 1.25/0.00 * LC3$

ULS combinations fire	
	combination rule
LCO3	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2$
LCO4	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.20 * LC3$

SLS characteristic combination	
	combination rule
LCO5	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2$
LCO6	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2 + 1.00/0.00 * LC3$

SLS quasi-permanent combination	
	combination rule
LCO7	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2$
LCO8	$1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2 + 1.00/0.00 * 0.20 * LC3$





**ULS flexural design**

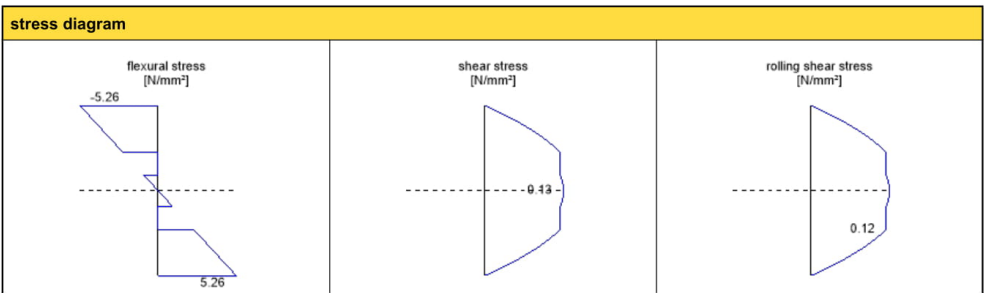
field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	3.75	24.00	1.25	0.80	1.10	16.90	38.69	-5.26	31 %	LCO2

**ULS shear analysis**

field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	4.00	1.25	0.80	2.56	-20.64	0.13	5 %	LCO2

**ULS rolling shear**

field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	7.5	1.15	1.25	0.80	0.74	-20.64	0.12	17 %	LCO2

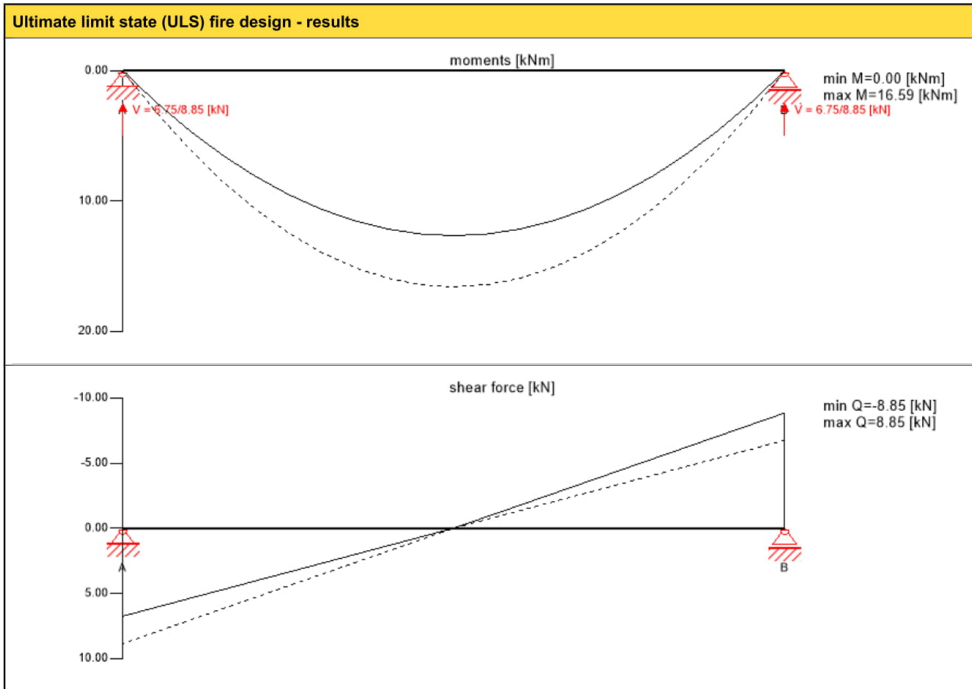




flexural stress analysis			
$M_{y,d} =$	38.69 kNm	$f_{m,k} =$	24.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{i,d} =$	0.00 kN	$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
		$k_{sys,y} =$	1.10 -
		$k_{hm} =$	1.00 -
		$k_i =$	1.00 -
$\sigma_{t,d} =$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,d} =$	8.96 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	-5.26 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	16.90 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio		31 %	

shear stress analysis			
$V_d =$	-20.64 kN	$f_{v,k} =$	4.00 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.25
		$k_{mod} =$	0.80
$\tau_{v,d} =$	0.13 N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d} =$	2.56 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio		5 %	

rolling shear analysis			
$V_d =$	-20.64 kN	$f_{r,k} =$	1.15 N/mm <sup>2</sup>
		$\gamma_m =$	1.25 -
		$k_{mod} =$	0.80 -
$\tau_{r,d} =$	0.12 N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d} =$	0.74 N/mm <sup>2</sup>
utilization ratio		17 %	

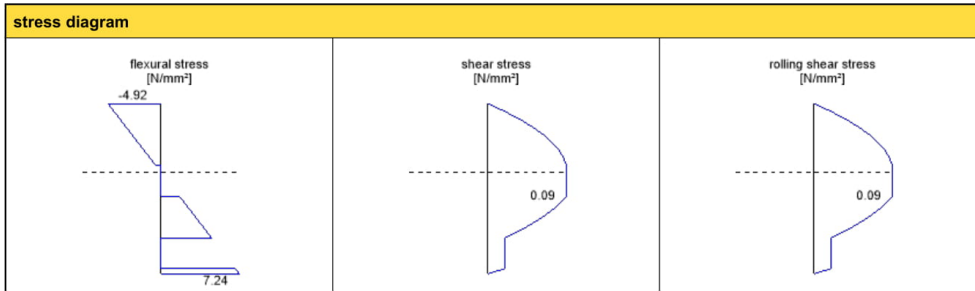


ULS fire flexural design											
field	dist.	$f_{m,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{sys,y}$	$k_i$	$f_{m,y,d}$	$M_{y,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	3.75	24.00	1.00	1.00	1.10	1.15	30.36	16.59	7.24	24 %	LCO4



ULS fire shear analysis										
field	dist.	$f_{v,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fl}$	$f_{v,d}$	$V_d$	$\tau_{v,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	0.0	4.00	1.00	1.00	1.15	4.60	8.85	0.09	2 %	LCO4

ULS fire rolling shear										
field	dist.	$f_{r,k}$	$\gamma_m$	$k_{mod}$	$k_{fl}$	$f_{r,d}$	$V_d$	$\tau_{r,d}$	ratio	
	[m]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
1	0.0	1.15	1.00	1.00	1.15	1.32	8.85	0.09	7 %	LCO4

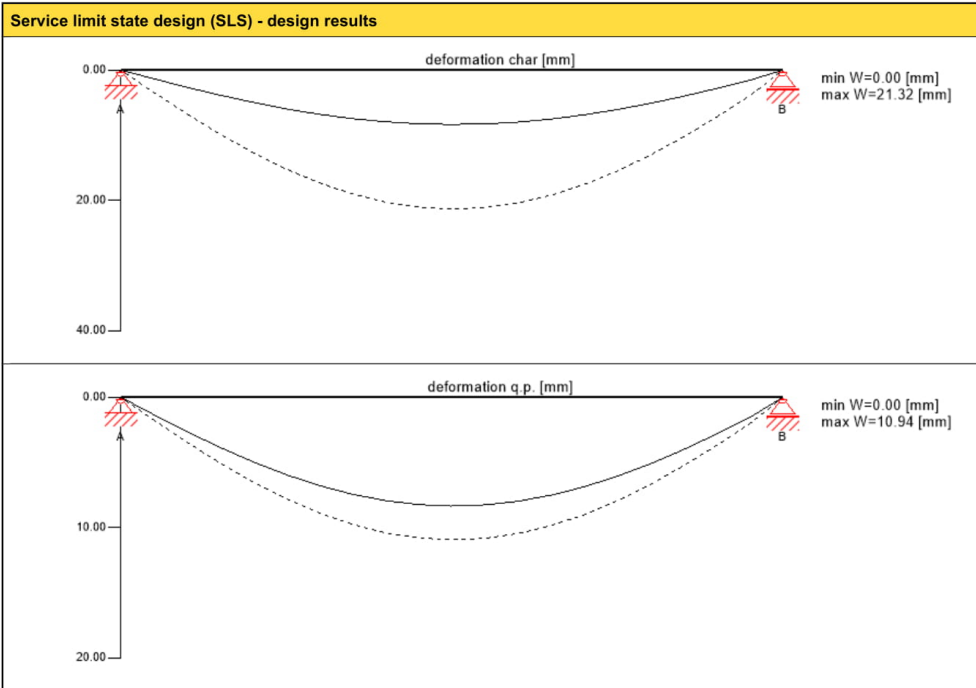


flexural stress analysis fire					
$M_{y,d} =$	16.59	kNm	$f_{m,k} =$	24.00	N/mm <sup>2</sup>
$N_{i,d} =$	0.00	kN	$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{sys,y} =$	1.10	-
			$k_{hm} =$	1.00	-
			$k_i =$	1.00	-
			$k_{fl} =$	1.15	-
$\sigma_{i,d} =$	0.00	N/mm <sup>2</sup>	$f_{i,d} =$	16.10	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} =$	7.24	N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,y,d} =$	30.36	N/mm <sup>2</sup>
					<
utilization ratio					24 %

shear stress analysis fire					
$V_d =$	8.85	kN	$f_{v,k} =$	4.00	N/mm <sup>2</sup>
			$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{fl} =$	1.15	-
$\tau_{v,d} =$	0.09	N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d} =$	4.60	N/mm <sup>2</sup>
					<
utilization ratio					2 %

rolling shear analysis fire					
$V_d =$	8.85	kN	$f_{r,k} =$	1.15	N/mm <sup>2</sup>
			$\gamma_m =$	1.00	-
			$k_{mod} =$	1.00	-
			$k_{fl} =$	1.15	-
$\tau_{r,d} =$	0.09	N/mm <sup>2</sup>	$f_{r,d} =$	1.32	N/mm <sup>2</sup>
					<
utilization ratio					7 %





w <sub>inst</sub> = w[char]					
field	K <sub>def</sub>	limit	W <sub>limit</sub>	w <sub>calc.</sub>	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/300	25.0	21.3	85 %

w <sub>fin</sub> = w[char] + w[q.p.]*kdef					
field	K <sub>def</sub>	limit	W <sub>limit</sub>	w <sub>calc.</sub>	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/150	50.0	30.1	60 %

w <sub>net,fin</sub> = w[q.p.] + w[q.p.]*kdef					
field	K <sub>def</sub>	limit	W <sub>limit</sub>	w <sub>calc.</sub>	ratio
		[-]	[mm]	[mm]	
1	0.8	L/250	30.0	19.7	66 %

support reaction			
load case category	k <sub>mod</sub>	A <sub>V</sub>	B <sub>V</sub>
			[kN]
self weight CLT	0.6	4.13	4.13
		4.13	4.13
self weight	0.6	2.63	2.63
		2.63	2.63
snow load CEN > 1000m altitude	0.8	10.50	10.50
		0.00	0.00

**Disclaimer**

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics



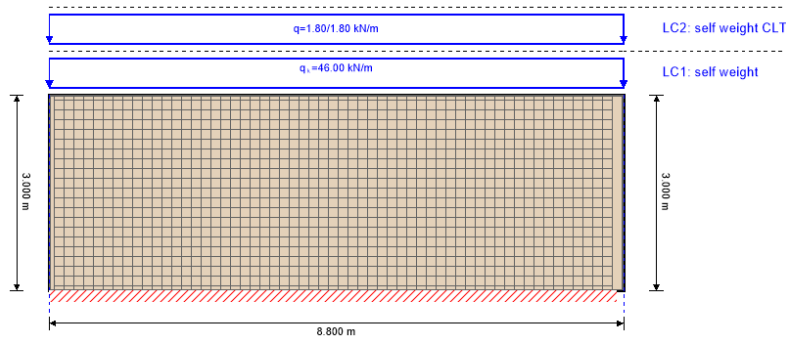
# Vegg kategori 1

Sweco  
Student Eldbjorg Aaraas

project  
element Test  
Kategori 1 Vegg

page 1  
date 20.05.2020

## system



## global utilization ratio

94 %

ULS	12 %	ULS fire	94 %	SLS	0 %
-----	------	----------	------	-----	-----

## section: CLT 120 L3s

layer	thickness	orientation	material
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
3	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
$t_{CLT}$	120.0 mm		

## section fire: CLT 120 L3s

layer	thickness	orientation	material			
1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
2	35.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
$t_{CLT}$	75.0 mm					
fire resistance class: R 60	time	60 min				
fire protection layering : no additional fire protection	$k_0$	$d_0$	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{ef,v}$
	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	38.0	45.0	0.0	0.0

## material values

material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0, \text{mean}}$	$G_{\text{mean}}$	$G_{r, \text{mean}}$
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

## load



© 2020 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.36.0

NN

load case groups										
	load case category	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{inf}$	$\gamma_{sup}$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
LC2	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1
LC1	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1

LC2:self weight CLT			
trapezoidal load			
distance from start	$q_{k,a}$	load at end	load length
[m]	[kN/m]		[m]
0.000	1.8	1.80	8.800


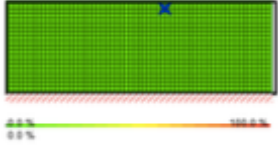

LC1:self weight	
continuous load	
$q_k$	
[kN/m]	
46	

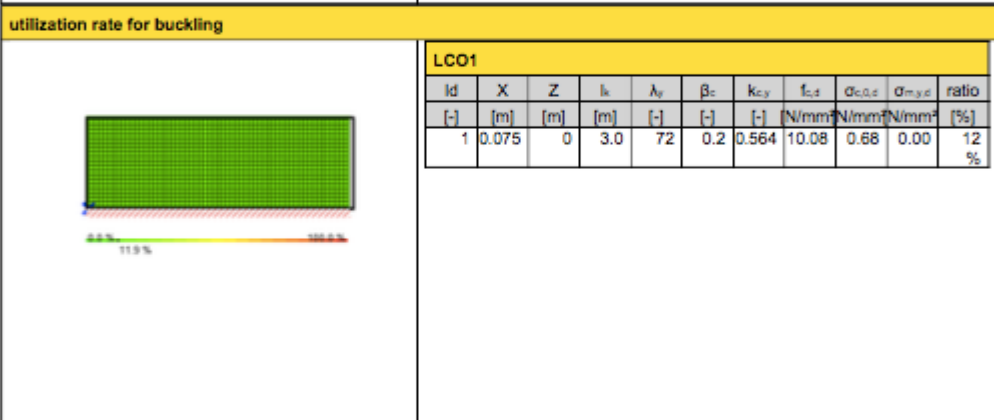
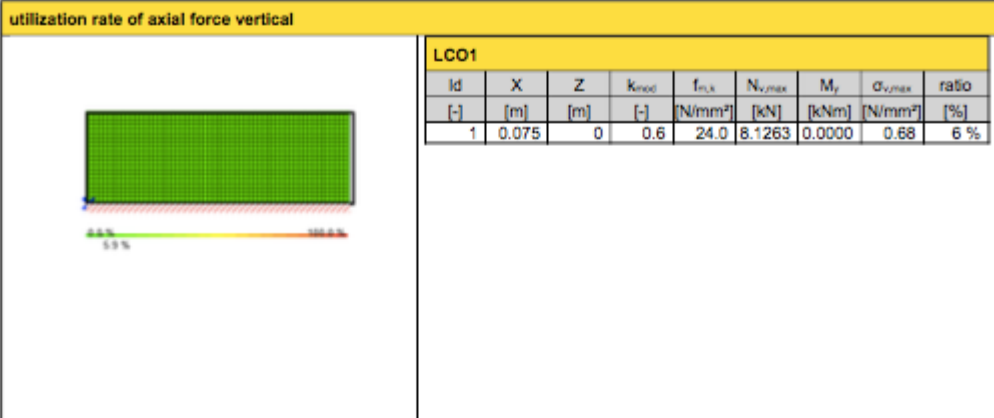
ULS combinations	
	combination rule
LCO1	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC2

ULS combinations fire	
	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2

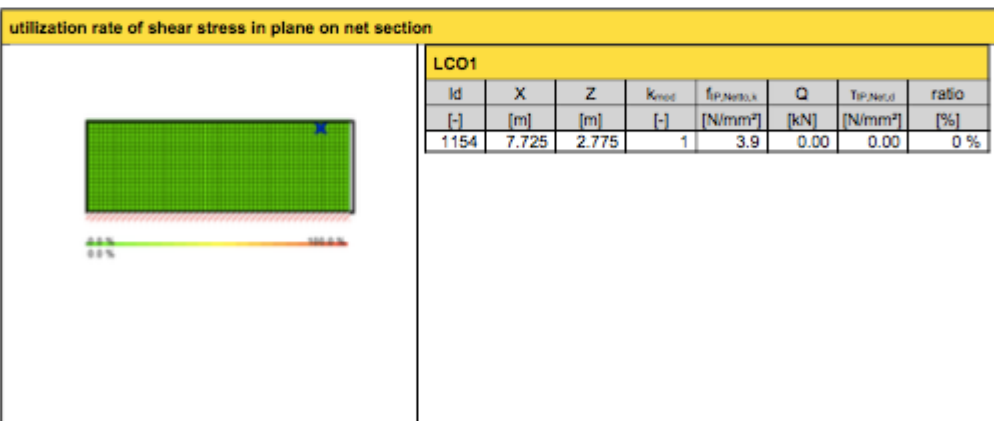
Ultimate limit state (ULS) - design results

utilization rate of shear stress in plane on net section							
LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
1137	5.175	2.775	0.6	3.9	0.00	0.00	0 %

utilization rate of shear stress in plane of gross section																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>k_{nod}</math></th> <th><math>f_{v,IP,Stab,k}</math></th> <th>Q</th> <th><math>\tau</math></th> <th>ratio</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1137</td> <td>5.175</td> <td>2.775</td> <td>0.6</td> <td>3.5</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>									LCO1										Id	X	Z	$k_{nod}$	$f_{v,IP,Stab,k}$	Q	$\tau$	ratio			[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]			1137	5.175	2.775	0.6	3.5	0.00	0.00	0 %		
	LCO1																																																
Id	X	Z	$k_{nod}$	$f_{v,IP,Stab,k}$	Q	$\tau$	ratio																																										
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																																										
1137	5.175	2.775	0.6	3.5	0.00	0.00	0 %																																										
utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>k_{nod}</math></th> <th><math>f_{v,IP,T,k}</math></th> <th>Q</th> <th><math>\tau_{T,Nod,k}</math></th> <th>ratio</th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> <td colspan="2"></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1137</td> <td>5.175</td> <td>2.775</td> <td>0.6</td> <td>2.5</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>									LCO1										Id	X	Z	$k_{nod}$	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Nod,k}$	ratio			[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]			1137	5.175	2.775	0.6	2.5	0.00	0.00	0 %		
	LCO1																																																
Id	X	Z	$k_{nod}$	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$\tau_{T,Nod,k}$	ratio																																										
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																																										
1137	5.175	2.775	0.6	2.5	0.00	0.00	0 %																																										
utilization rate of axial force horizontal																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>k_{nod}</math></th> <th><math>f_{t,k}</math></th> <th><math>N_{t,max}</math></th> <th><math>M_y</math></th> <th><math>\sigma_{t,max}</math></th> <th>ratio</th> <th colspan="1"></th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[kNm]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1176</td> <td>2.325</td> <td>2.925</td> <td>0.6</td> <td>24.0</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									LCO1										Id	X	Z	$k_{nod}$	$f_{t,k}$	$N_{t,max}$	$M_y$	$\sigma_{t,max}$	ratio		[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		1176	2.325	2.925	0.6	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %	
	LCO1																																																
Id	X	Z	$k_{nod}$	$f_{t,k}$	$N_{t,max}$	$M_y$	$\sigma_{t,max}$	ratio																																									
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																																									
1176	2.325	2.925	0.6	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %																																									



**Ultimate limit state (ULS) fire design - results**

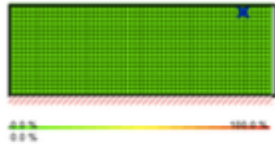


utilization rate of shear stress in plane of gross section



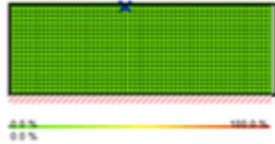
LCO1							
Id	X	Z	$k_{red}$	$f$ <small><math>v_{f,Ed}/f_{t,Ed}</math></small>	Q	$\tau$ <small><math>P_{Gross,d}</math></small>	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
1154	7.725	2.775	1	3.5	0.00	0.00	0 %

utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces



LCO1							
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{v,T,k}$	Q	$\tau_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
1154	7.725	2.775	1	2.5	0.00	0.00	0 %

utilization rate of axial force horizontal




LCO1								
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{t,k}$	$N_{T,max}$	$M_y$	$\sigma_{T,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
1186	3.825	2.925	1	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %



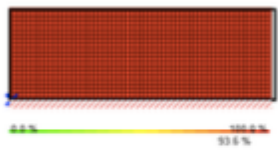


**utilization rate of axial force vertical**



LCO1									
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{t,k}$	$N_{t,max}$	$M_y$	$\sigma_{t,max}$	ratio	
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	
1	0.075	0	1	24.0	7.2524	0.0000	1.21	4 %	

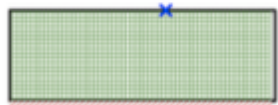
**utilization rate for buckling**



LCO1											
Id	X	Z	$l_k$	$\lambda_{y}$	$\beta_c$	$k_{c,y}$	$f_{c,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio	
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	
1	0.075	0	3.0	260	0.2	0.053	24.15	1.21	0.00	94 %	

**Service limit state design (SLS) - design results**




**horizontal deformation**



LCO1						
Id	X	Z	$w_{lim}$	limit	$v_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
1253	5.175	3	10.0	L/300 = 10.0	0.0000	0.0 %

**support reaction**



support reaction horizontal min/max	
	
support reaction vertical min/max	
	
support reaction moment min/max	
	

#### Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

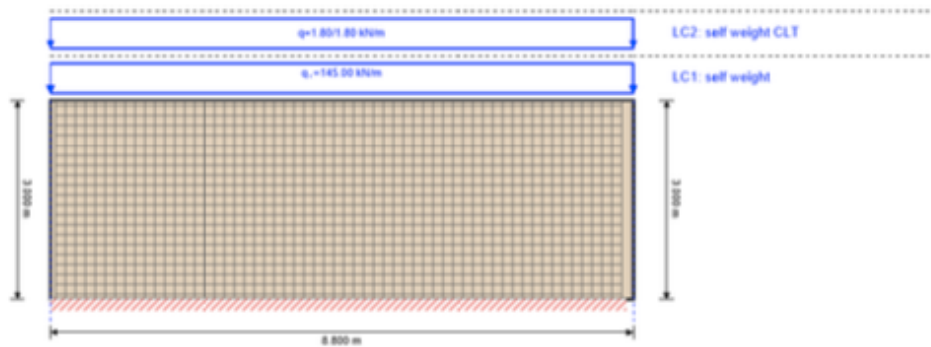
Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



# Vegg kategori 2

## system



global utilization ratio				59 %	
ULS	39 %	ULS fire	59 %	SLS	0 %

section: CLT 120 L5s				
	layer	thickness	orientation	material
	1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
$t_{CLT}$	120.0 mm			

section fire: CLT 120 L5s						
	layer	thickness	orientation	material		
	1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
$t_{CLT}$	70.0 mm					
fire resistance class: R 60	time	60 min				
fire protection layering : no additional fire protection	$k_0$	$d_0$	$d_{char,0,h}$	$d_{ch}$	$d_{char,0,v}$	$d_{et,v}$
	(-)	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
	1	7	41.0	48.0	0.0	0.0

material values										
material	$f_{t,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{v,min}$	$E_{2,mean}$	$G_{mean}$	$G_{v,mean}$
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00



**load**

**load case groups**

	load case category	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{int}$	$\gamma_{top}$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
LC2	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1
LC1	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1

**LC2:self weight CLT**

trapezoidal load			
distance from start	$q_{k,s}$	load at end	load length
[m]	[kN/m]		[m]
0.000	1.8	1.80	8.800

**LC1:self weight**

continuous load	
$q_k$	
[kN/m]	
145	

**ULS combinations**

	combination rule
LCO1	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC2

**ULS combinations fire**

	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2

**Ultimate limit state (ULS) - design results**

**utilization rate of shear stress in plane on net section**

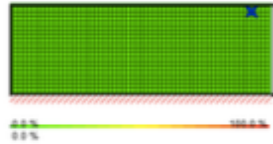
LCO1							
Id	X	Z	Kmod	$f_{T,Netto,k}$	Q	$T_{T,Netto}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
11568	0.25001	2.775	0.6	3.9	0.00	0.00	0 %

utilization rate of shear stress in plane of gross section



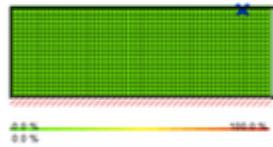
LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	f	Q	T	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
11568	0.25001	2.775	0.6	3.5	0.00	0.00	0 %

utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces

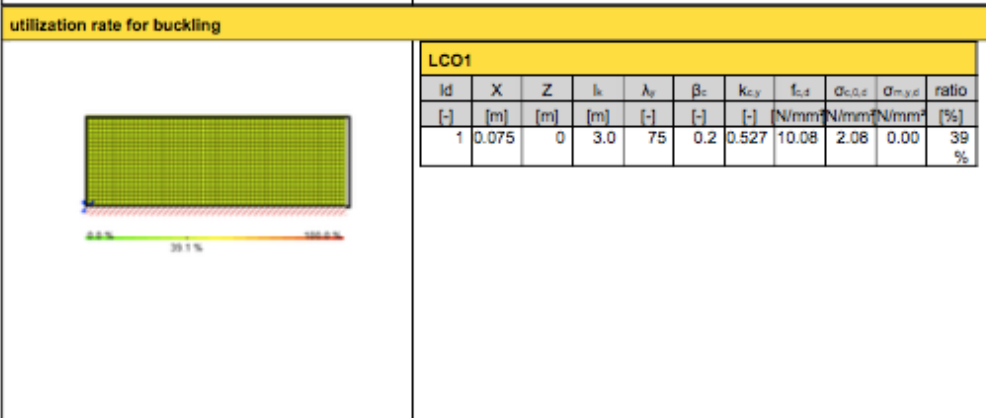
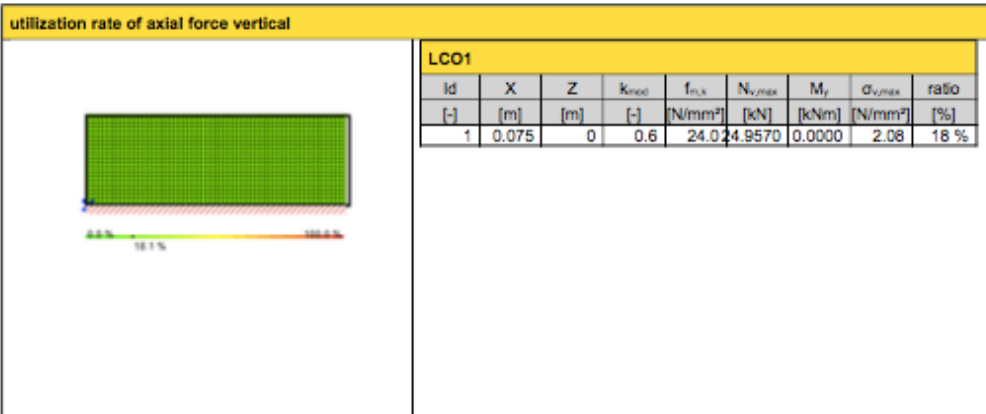


LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{v,P,T,A}$	Q	$T_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
11568	0.25001	2.775	0.6	2.5	0.00	0.00	0 %

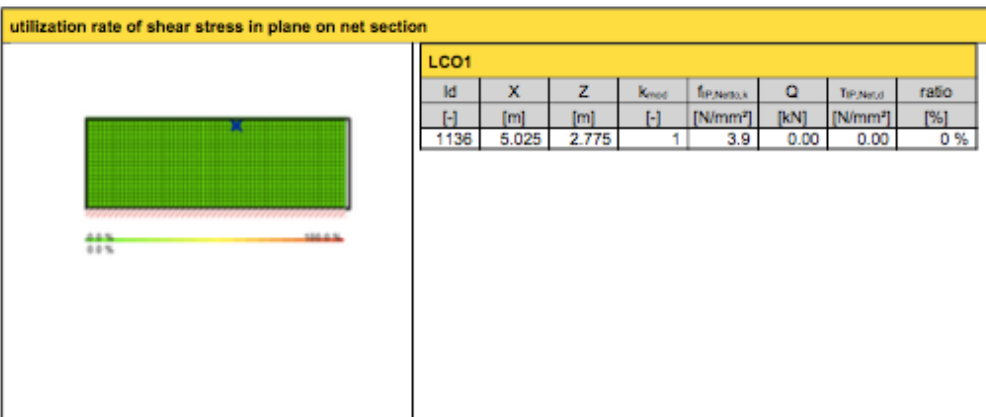
utilization rate of axial force horizontal



LCO1								
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{t,x}$	$N_{t,max}$	$M_y$	$\sigma_{t,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
1212	7.725	2.925	0.6	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %



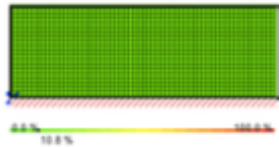
**Ultimate limit state (ULS) fire design - results**



utilization rate of shear stress in plane of gross section																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>k_{red}</math></th> <th><math>f_{v,P,Druck,k}</math></th> <th>Q</th> <th>T</th> <th>ratio</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1136</td> <td>5.025</td> <td>2.775</td> <td>1</td> <td>3.5</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>	LCO1								Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{v,P,Druck,k}$	Q	T	ratio	[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	1136	5.025	2.775	1	3.5	0.00	0.00	0 %			
	LCO1																																			
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{v,P,Druck,k}$	Q	T	ratio																													
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																													
1136	5.025	2.775	1	3.5	0.00	0.00	0 %																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>k_{red}</math></th> <th><math>f_{v,P,T,k}</math></th> <th>Q</th> <th>T</th> <th>ratio</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1136</td> <td>5.025</td> <td>2.775</td> <td>1</td> <td>2.5</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>		LCO1								Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{v,P,T,k}$	Q	T	ratio	[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	1136	5.025	2.775	1	2.5	0.00	0.00	0 %			
LCO1																																				
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{v,P,T,k}$	Q	T	ratio																													
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																													
1136	5.025	2.775	1	2.5	0.00	0.00	0 %																													
utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>k_{red}</math></th> <th><math>f_{v,P,T,k}</math></th> <th>Q</th> <th>T</th> <th>ratio</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1136</td> <td>5.025</td> <td>2.775</td> <td>1</td> <td>2.5</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>	LCO1								Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{v,P,T,k}$	Q	T	ratio	[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	1136	5.025	2.775	1	2.5	0.00	0.00	0 %			
	LCO1																																			
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{v,P,T,k}$	Q	T	ratio																													
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																													
1136	5.025	2.775	1	2.5	0.00	0.00	0 %																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>k_{red}</math></th> <th><math>f_{m,k}</math></th> <th><math>N_{T,max}</math></th> <th><math>M_T</math></th> <th><math>\sigma_{T,max}</math></th> <th>ratio</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[kNm]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1207</td> <td>6.975</td> <td>2.925</td> <td>1</td> <td>24.0</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>		LCO1								Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{m,k}$	$N_{T,max}$	$M_T$	$\sigma_{T,max}$	ratio	[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	1207	6.975	2.925	1	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %
LCO1																																				
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{m,k}$	$N_{T,max}$	$M_T$	$\sigma_{T,max}$	ratio																												
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																												
1207	6.975	2.925	1	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %																												
utilization rate of axial force horizontal																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>k_{red}</math></th> <th><math>f_{m,k}</math></th> <th><math>N_{T,max}</math></th> <th><math>M_T</math></th> <th><math>\sigma_{T,max}</math></th> <th>ratio</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[kNm]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1207</td> <td>6.975</td> <td>2.925</td> <td>1</td> <td>24.0</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>	LCO1								Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{m,k}$	$N_{T,max}$	$M_T$	$\sigma_{T,max}$	ratio	[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	1207	6.975	2.925	1	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %
	LCO1																																			
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{m,k}$	$N_{T,max}$	$M_T$	$\sigma_{T,max}$	ratio																												
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																												
1207	6.975	2.925	1	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>k_{red}</math></th> <th><math>f_{m,k}</math></th> <th><math>N_{T,max}</math></th> <th><math>M_T</math></th> <th><math>\sigma_{T,max}</math></th> <th>ratio</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[kNm]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1207</td> <td>6.975</td> <td>2.925</td> <td>1</td> <td>24.0</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>		LCO1								Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{m,k}$	$N_{T,max}$	$M_T$	$\sigma_{T,max}$	ratio	[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	1207	6.975	2.925	1	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %
LCO1																																				
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{m,k}$	$N_{T,max}$	$M_T$	$\sigma_{T,max}$	ratio																												
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																												
1207	6.975	2.925	1	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %																												



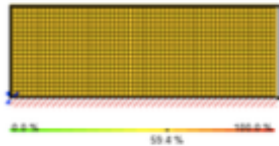
utilization rate of axial force vertical



LCO1

Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{t,k}$	$N_{v,max}$	$M_y$	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
1	0.075	0	1	24.0	22.2731	0.0000	2.97	11 %

utilization rate for buckling



LCO1

Id	X	Z	$i_k$	$\lambda_{y}$	$\beta_c$	$k_{c,y}$	$f_{c,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
1	0.075	0	3.0	129	0.2	0.207	24.15	2.97	0.00	59 %

Service limit state design (SLS) - design results

horizontal deformation






LCO1

Id	X	Z	$w_{inst}$	limit	$w_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
1225	0.975	3	10.0	L/300 = 10.0	0.0000	0.0 %

support reaction





support reaction horizontal min/max	
	
support reaction vertical min/max	
	
support reaction moment min/max	
	

**Disclaimer**

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

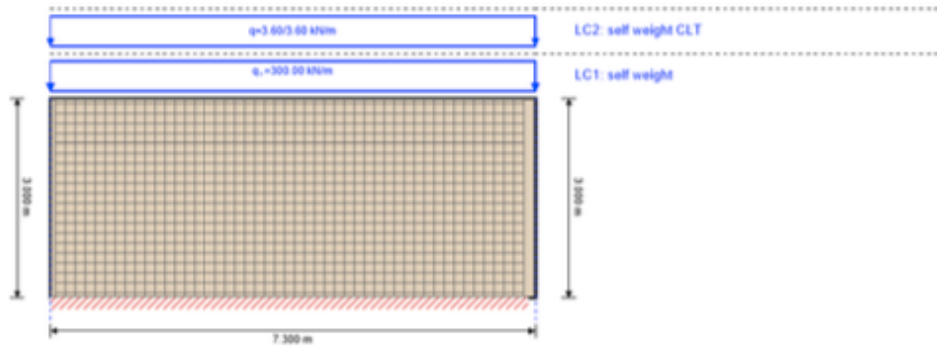
Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



# Vegg kategori 3

## system



global utilization ratio				31 %	
ULS	31 %	ULS fire	18 %	SLS	0 %

## section: CLT 240 L7s

layer	thickness	orientation	material
1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
3	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
4	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
5	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
6	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
7	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
$t_{CLT}$	<b>240.0 mm</b>		

## section fire: CLT 240 L7s

layer	thickness	orientation	material		
1	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
2	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
3	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
4	40.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
5	30.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)		
6	22.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)		
$t_{CLT}$	<b>192.0 mm</b>				
fire resistance class:	<b>R 60</b>				
fire protection layering :	no additional fire protection				
time	<b>60 min</b>				
$k_0$	$d_0$	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$	$d_{char,0,v}$	$d_{ef,v}$
(-)	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	7	41.0	48.0	0.0	0.0



material values										
material	$f_{t,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{vk}$	$f_{vk, min}$	$E_{0,mean}$	$G_{mean}$	$G_{0,mean}$
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

load

load case groups										
	load case category	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{ref}$	$\gamma_{top}$	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	
LC2	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1
LC1	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1

LC2:self weight CLT			
trapezoidal load			
distance from start	$q_{k,s}$	load at end	load length
[m]	[kN/m]		[m]
0.000	3.6	3.60	7.300

LC1:self weight	
continuous load	
$q_k$	
[kN/m]	
300	

ULS combinations	
	combination rule
LCO1	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC2

ULS combinations fire	
	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2

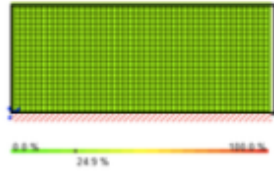
Ultimate limit state (ULS) - design results

utilization rate of shear stress in plane on net section								
LCO1								
id	X	Z	Kmod	$f_{t,2NEd,s}$	Q	$T_{t,2NEd}$	ratio	
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	
833	2.475	2.475	0.6	3.9	0.00	0.00	0 %	



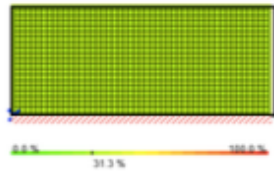
utilization rate of shear stress in plane of gross section																																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="9">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>K_{red}</math></th> <th><math>f_{v,Ed,brk}</math></th> <th>Q</th> <th>T</th> <th>ratio</th> <th></th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>833</td> <td>2.475</td> <td>2.475</td> <td>0.6</td> <td>3.5</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								LCO1									Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{v,Ed,brk}$	Q	T	ratio		[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		833	2.475	2.475	0.6	3.5	0.00	0.00	0 %	
	LCO1																																											
Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{v,Ed,brk}$	Q	T	ratio																																					
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																																					
833	2.475	2.475	0.6	3.5	0.00	0.00	0 %																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="9">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>K_{red}</math></th> <th><math>f_{v,Ed,T,k}</math></th> <th>Q</th> <th>T<sub>T,Node,d</sub></th> <th>ratio</th> <th></th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>833</td> <td>2.475</td> <td>2.475</td> <td>0.6</td> <td>2.5</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									LCO1									Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{v,Ed,T,k}$	Q	T <sub>T,Node,d</sub>	ratio		[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		833	2.475	2.475	0.6	2.5	0.00	0.00	0 %	
LCO1																																												
Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{v,Ed,T,k}$	Q	T <sub>T,Node,d</sub>	ratio																																					
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																																					
833	2.475	2.475	0.6	2.5	0.00	0.00	0 %																																					
utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces																																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="9">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>K_{red}</math></th> <th><math>f_{v,Ed,T,k}</math></th> <th>Q</th> <th>T<sub>T,Node,d</sub></th> <th>ratio</th> <th></th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>833</td> <td>2.475</td> <td>2.475</td> <td>0.6</td> <td>2.5</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								LCO1									Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{v,Ed,T,k}$	Q	T <sub>T,Node,d</sub>	ratio		[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		833	2.475	2.475	0.6	2.5	0.00	0.00	0 %	
	LCO1																																											
Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{v,Ed,T,k}$	Q	T <sub>T,Node,d</sub>	ratio																																					
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																																					
833	2.475	2.475	0.6	2.5	0.00	0.00	0 %																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="9">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>K_{red}</math></th> <th><math>f_{t,k}</math></th> <th><math>N_{t,max}</math></th> <th><math>M_y</math></th> <th><math>\sigma_{t,max}</math></th> <th>ratio</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[kNm]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>969</td> <td>1.275</td> <td>2.925</td> <td>0.6</td> <td>24.0</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>									LCO1									Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{t,k}$	$N_{t,max}$	$M_y$	$\sigma_{t,max}$	ratio	[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	969	1.275	2.925	0.6	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %
LCO1																																												
Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{t,k}$	$N_{t,max}$	$M_y$	$\sigma_{t,max}$	ratio																																				
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																																				
969	1.275	2.925	0.6	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %																																				
utilization rate of axial force horizontal																																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="9">LCO1</th> </tr> <tr> <th>Id</th> <th>X</th> <th>Z</th> <th><math>K_{red}</math></th> <th><math>f_{t,k}</math></th> <th><math>N_{t,max}</math></th> <th><math>M_y</math></th> <th><math>\sigma_{t,max}</math></th> <th>ratio</th> </tr> <tr> <th>[-]</th> <th>[m]</th> <th>[m]</th> <th>[-]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[kN]</th> <th>[kNm]</th> <th>[N/mm<sup>2</sup>]</th> <th>[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>969</td> <td>1.275</td> <td>2.925</td> <td>0.6</td> <td>24.0</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.00</td> <td>0 %</td> </tr> </tbody> </table>								LCO1									Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{t,k}$	$N_{t,max}$	$M_y$	$\sigma_{t,max}$	ratio	[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	969	1.275	2.925	0.6	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %
	LCO1																																											
Id	X	Z	$K_{red}$	$f_{t,k}$	$N_{t,max}$	$M_y$	$\sigma_{t,max}$	ratio																																				
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]																																				
969	1.275	2.925	0.6	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %																																				

utilization rate of axial force vertical



LCO1								
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{t,k}$	$N_{v,max}$	$M_y$	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
1	0.075	0	0.6	24.0	1.7363	0.0000	2.87	25 %

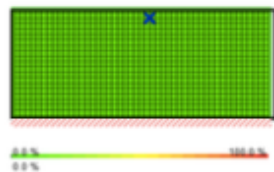
utilization rate for buckling



LCO1										
Id	X	Z	$l_k$	$\lambda_{kr}$	$\beta_c$	$k_{c,y}$	$f_{c,d}$	$\sigma_{c,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
1	0.075	0	3.0	38	0.2	0.91	10.08	2.87	0.00	31 %

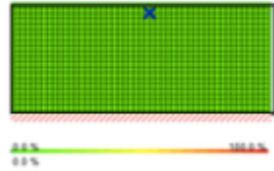
Ultimate limit state (ULS) fire design - results

utilization rate of shear stress in plane on net section



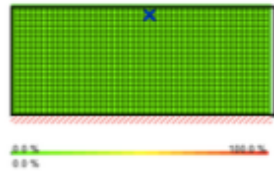
LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{tp,Net0.5}$	Q	$T_{tp,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
938	3.825	2.775	1	3.9	0.00	0.00	0 %

utilization rate of shear stress in plane of gross section



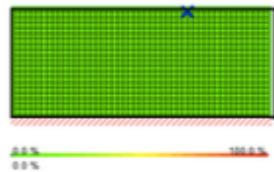
LCO1							
Id	X	Z	$k_{red}$	f	Q	T	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	$v, P, E, f_{t,0.5k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	$P, Q_{gross,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
938	3.825	2.775	1	3.5	0.00	0.00	0 %

utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces

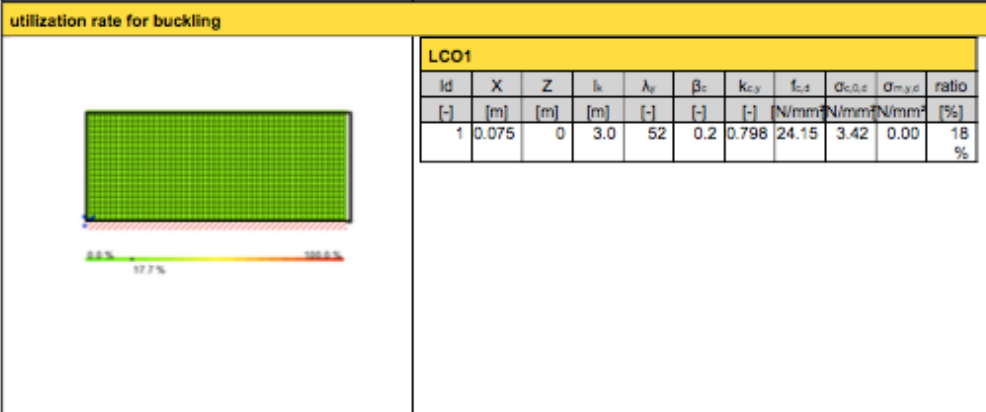
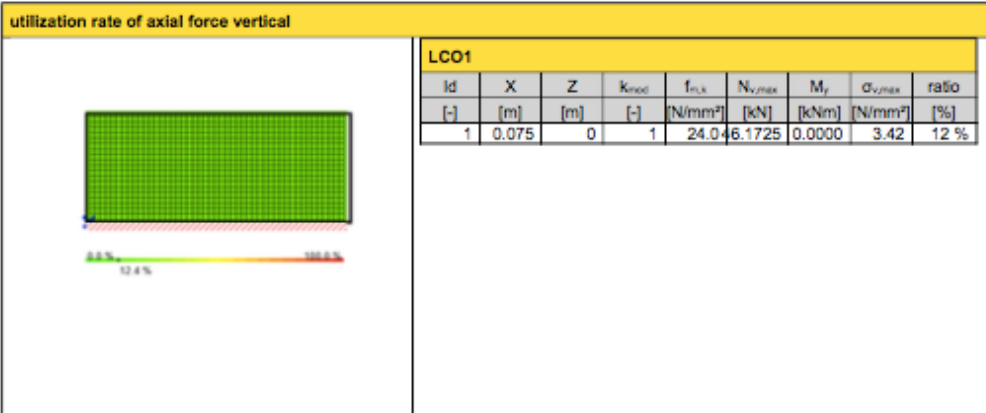


LCO1							
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{v,JP,T,k}$	Q	$T, T_{Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
938	3.825	2.775	1	2.5	0.00	0.00	0 %

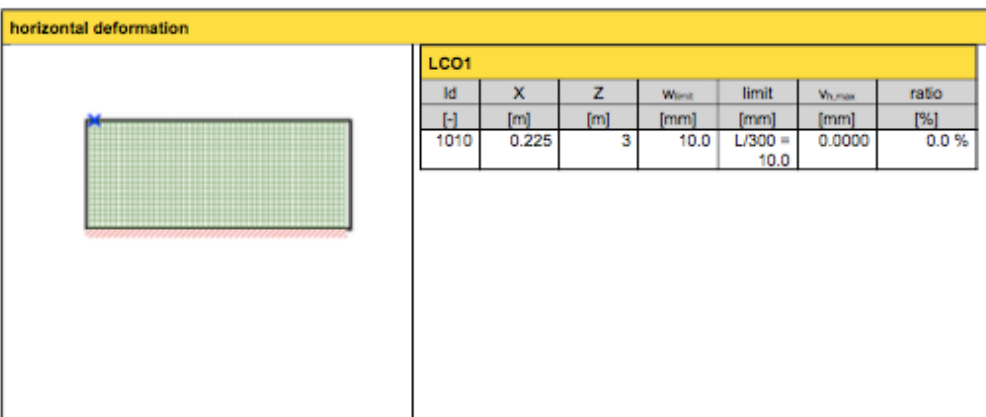
utilization rate of axial force horizontal



LCO1								
Id	X	Z	$k_{red}$	$f_{t,k}$	$N_{t,max}$	$M_y$	$\sigma_{t,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
993	4.875	2.925	1	24.0	0.0000	0.0000	0.00	0 %






**Service limit state design (SLS) - design results**



**support reaction**



support reaction horizontal min/max	
	
support reaction vertical min/max	
	
support reaction moment min/max	
	

### Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

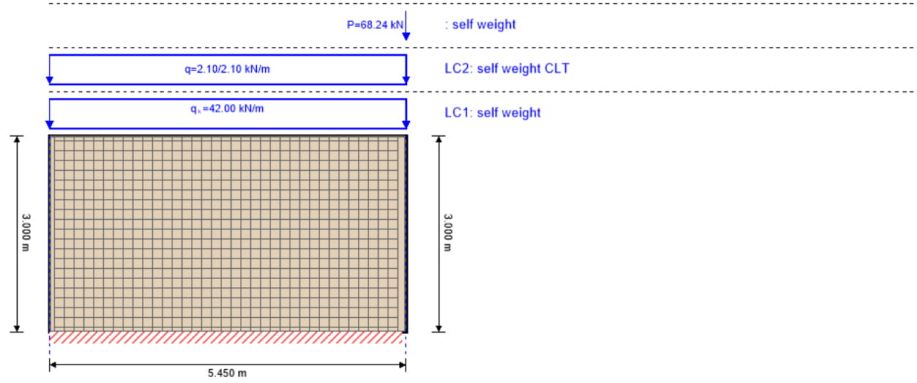
Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).





**system**



global utilization ratio					86 %
ULS	86 %	ULS fire	83 %	SLS	3 %

section: CLT 140 L5s				
	layer	thickness	orientation	material
	1	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
	4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)
	5	40.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)
$t_{CLT}$		<b>140.0 mm</b>		

section fire: CLT 140 L5s							
	layer	thickness	orientation	material			
	1	20.8 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
	2	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
	3	20.0 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
	4	20.0 mm	90°	C24 spruce ETA (2019)			
	5	20.8 mm	0°	C24 spruce ETA (2019)			
$t_{CLT}$		<b>101.7 mm</b>					
fire resistance class: R 60		time <b>60 min</b>					
fire protection layering : 2 x 12.5 mm gypsum plasterboard Type F							
gypsum plasterboard Type A (acc. to EN 520) / gypsum plasterboard Type F (acc. to EN 520)							
$t_{ch,h}$	$t_{r,h}$	$t_{a,h}$	$d_{fa,h}$	$k_0$	$d_0$	$d_{char,0,h}$	$d_{ef,h}$
[min]	[min]	[min]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]
49	54	72	12	1	7	12.2	19.2



material values										
material	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k \text{ min}}$	$E_{0,mean}$	$G_{mean}$	$G_{r,mean}$
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
C24 spruce ETA (2019)	24.00	14.00	0.12	21.00	2.50	4.00	1.25	12,000.00	690.00	50.00

**load**

load case groups										
	load case category	Typ	duration	Kmod	$\gamma_{inf}$	$\gamma_{sup}$	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$	
LC2	self weight CLT	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1
LC1	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1
	self weight	G	permanent	0.6	1	1.35	1	1	1	1

LC2:self weight CLT			
trapezoidal load			
distance from start	$q_{k,a}$	load at end	load length
[m]	[kN/m]		[m]
0.000	2.1	2.10	5.450

LC1:self weight	
continuous load	
$q_k$	
[kN/m]	
42	

:self weight	
point load	
distance from start	$P_k$
[m]	[kN]
5.450	68.24

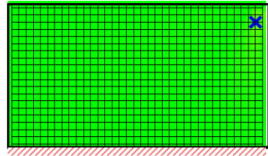
ULS combinations	
	combination rule
LCO1	1.12/1.00 * LC1 + 1.12/1.00 * LC2 + 1.12/1.00 *

ULS combinations fire	
	combination rule
LCO1	1.00/1.00 * LC1 + 1.00/1.00 * LC2 + 1.00/1.00 *

**Ultimate limit state (ULS) - design results**

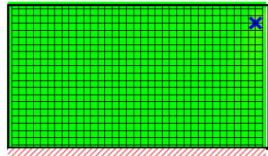


**utilization rate of shear stress in plane on net section**



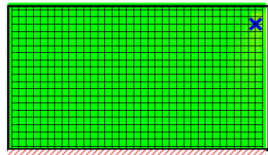
LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
683	5.175	2.625	0.6	3.9	5.57	0.37	20 %

**utilization rate of shear stress in plane of gross section**



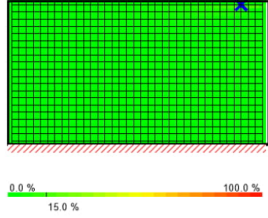
LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	f	Q	$\tau$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	$v_{IP,Brutto,k}$	[kN]	$IP_{Gross,d}$	[%]
683	5.175	2.625	0.6	3.5	5.57	0.27	16 %

**utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces**



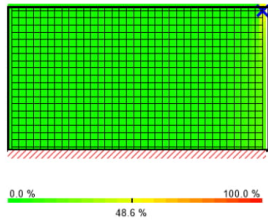
LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
683	5.175	2.625	0.6	2.5	5.57	0.30	25 %

**utilization rate of axial force horizontal**



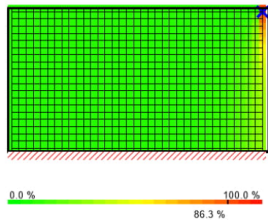
LCO1								
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{m,k}$	$N_{h,max}$	$M_y$	$\sigma_{h,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
753	4.875	2.925	0.6	24.0	10.3740	0.0000	1.73	15 %

**utilization rate of axial force vertical**



LCO1								
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{m,k}$	$N_{v,max}$	$M_y$	$\sigma_{v,max}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
756	5.325	2.925	0.6	24.0	3.9437	0.0000	5.60	49 %

**utilization rate for buckling**

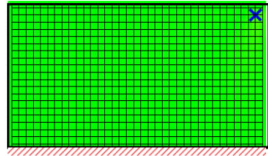


LCO1										
Id	X	Z	$l_k$	$\lambda_y$	$\beta_c$	$k_{c,y}$	$f_{c,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
756	5.325	2.925	3.0	65	0.2	0.643	10.08	5.60	0.00	86 %

**Ultimate limit state (ULS) fire design - results**

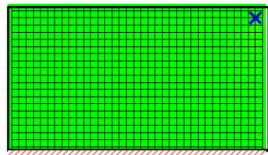


**utilization rate of shear stress in plane on net section**



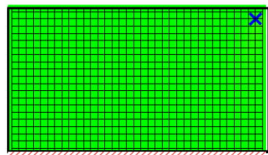
LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{IP,Netto,k}$	Q	$T_{IP,Net,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
719	5.175	2.775	1	3.9	5.90	0.64	14 %

**utilization rate of shear stress in plane of gross section**



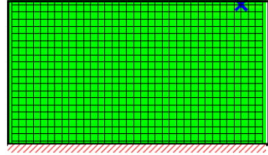
LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	f	Q	$\tau$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	$v_{IP,Brutto,k}$	[kN]	$IP_{Gross,d}$	[%]
719	5.175	2.775	1	3.5	5.90	0.39	10 %

**utilization rate of torsional shear stress in face glued surfaces**



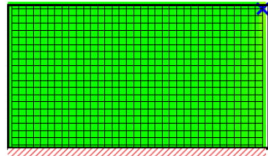
LCO1							
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{v,IP,T,k}$	Q	$T_{T,Node,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
719	5.175	2.775	1	2.5	5.90	0.27	9 %

**utilization rate of axial force horizontal**



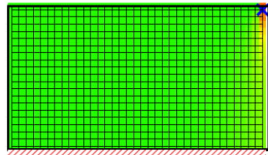
LCO1									
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{m,k}$	$N_{h,max}$	$M_y$	$\sigma_{h,max}$	ratio	
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	
753	4.875	2.925	1	24.0	11.5740	0.0000	1.93	7 %	

**utilization rate of axial force vertical**



LCO1									
Id	X	Z	$k_{mod}$	$f_{m,k}$	$N_{v,max}$	$M_y$	$\sigma_{v,max}$	ratio	
[-]	[m]	[m]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	
756	5.325	2.925	1	24.0	74.9162	0.0000	8.10	29 %	

**utilization rate for buckling**

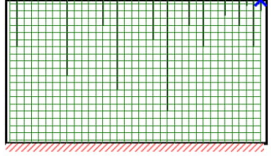


LCO1										
Id	X	Z	$l_k$	$\lambda_y$	$\beta_c$	$k_{c,y}$	$f_{c,d}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	ratio
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]
756	5.325	2.925	3.0	89	0.2	0.404	24.15	8.10	0.00	83 %

**Service limit state design (SLS) - design results**

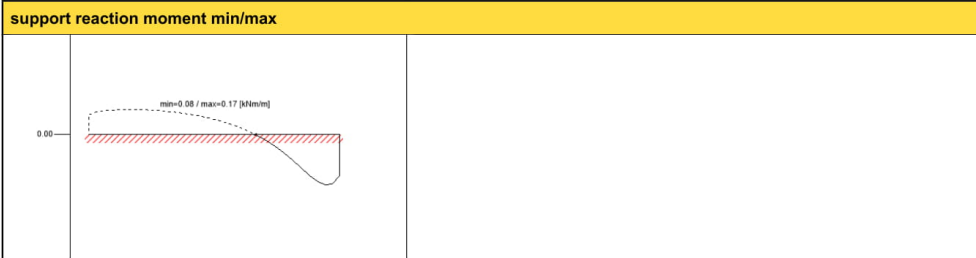
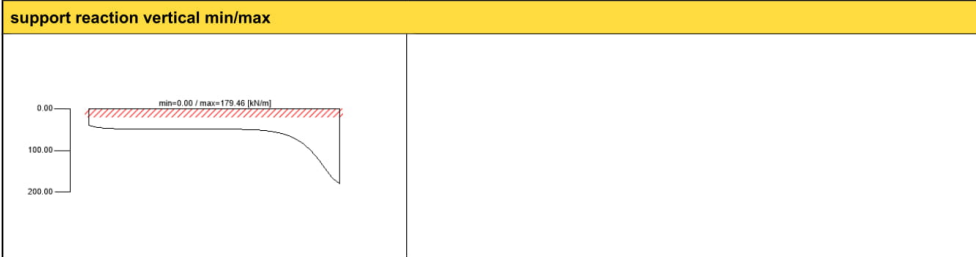
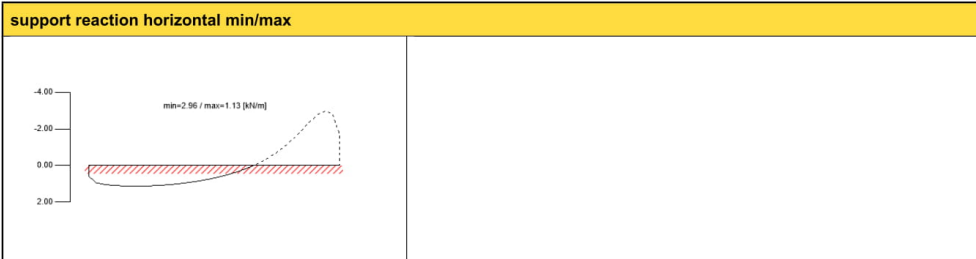


**horizontal deformation**



LCO1						
Id	X	Z	W <sub>limit</sub>	limit	V <sub>n,max</sub>	ratio
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]
792	5.325	3	10.0	L/300 = 10.0	0.3278	3.3 %

**support reaction**



**Disclaimer**

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for



© 2020 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.36.1

plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).

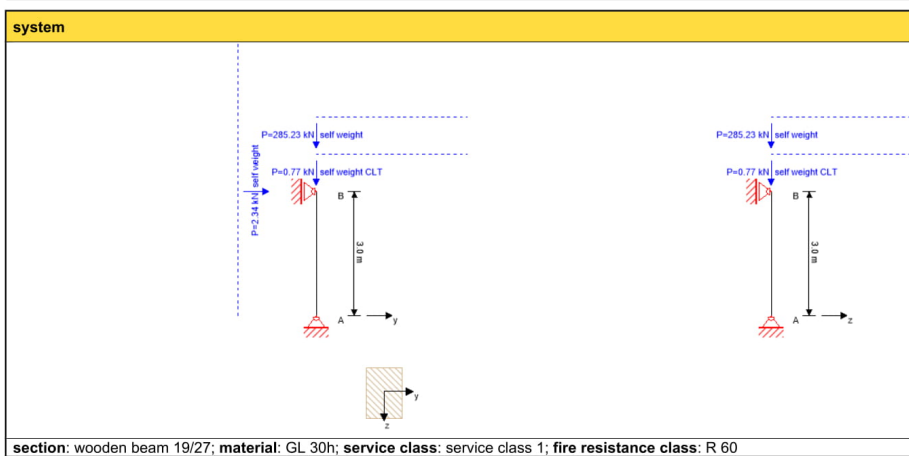


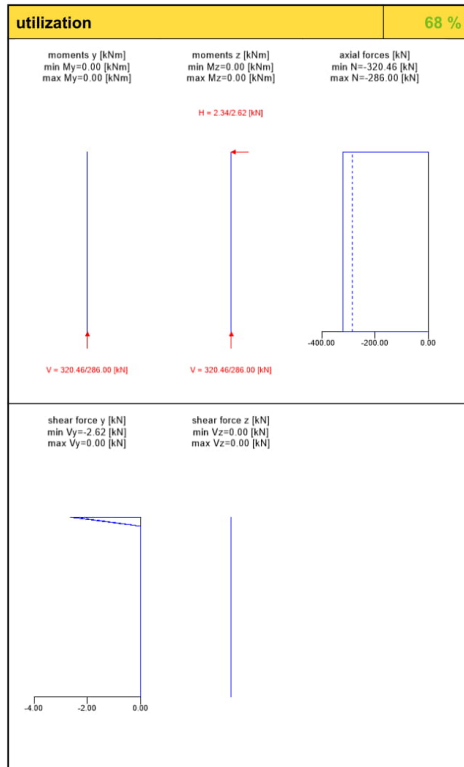


# Bjelker og søyler:

## Søyle 3B

Maria Persen project element Tre Søyle 3.A og 3.B page 1  
date 21.05.2020





flexural stress analysis			19 %
$M_{y,d} = 0.00$ kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
$N_{c,d} = -$ kN	$f_{c,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
320.46			
$\sigma_{c,d} = 6.25$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 14.40$ N/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_{m,y,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 15.60$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
shear stress analysis Y			6 %
$V_d = 2.62$ kN	$f_{v,k} = 2.50$ N/mm <sup>2</sup>		
$T_{v,d} = 0.08$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{v,d} = 1.20$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
shear stress analysis Z			0 %
$V_d = 0.00$ kN	$f_{v,k} = 2.50$ N/mm <sup>2</sup>		
$T_{v,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{v,d} = 1.20$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
shear stress analysis combined			0 %
$V_{y,d} = 2.62$ kN	$V_{z,d} = 0.00$ kN		
$T_{v,y,d} = 0.08$ N/mm <sup>2</sup>	$T_{v,z,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup>		
	ratio = 0 %		✓
lateral torsional buckling analysis			43 %
$M_{y,d} = 0.00$ kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
$N_{c,d} = -$ kN	$f_{c,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
320.46			
$\sigma_{c,d} = 6.25$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 14.40$ N/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_{m,y,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 15.60$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
buckling analysis			46 %
$M_{y,d} = 0.00$ kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
$N_{c,d} = -$ kN	$f_{c,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
320.46			
$\sigma_{c,d} = 6.25$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 14.40$ N/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_{m,y,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 15.60$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
$\sigma_{m,z,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,z,d} = 15.60$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
flexural stress analysis fire			27 %
$M_{y,d} = 0.00$ kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
$N_{c,d} = -$ kN	$f_{c,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
286.00			
$\sigma_{c,d} = 18.07$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 34.50$ N/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_{m,y,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 37.95$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
shear stress analysis Y fire			8 %
$V_d = 2.34$ kN	$f_{v,k} = 2.50$ N/mm <sup>2</sup>		
$T_{v,d} = 0.22$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{v,d} = 2.88$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
shear stress analysis Z fire			0 %
$V_d = 0.00$ kN	$f_{v,k} = 2.50$ N/mm <sup>2</sup>		
$T_{v,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{v,d} = 2.88$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
shear stress analysis combined fire			1 %
$V_{y,d} = 2.34$ kN	$V_{z,d} = 0.00$ kN		
$T_{v,y,d} = 0.22$ N/mm <sup>2</sup>	$T_{v,z,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup>		
	ratio = 1 %		✓
lateral torsional buckling analysis fire			55 %
$M_{y,d} = 0.00$ kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
$N_{c,d} = -$ kN	$f_{c,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
286.00			
$\sigma_{c,d} = 18.07$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 34.50$ N/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_{m,y,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 37.95$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
buckling analysis fire			68 %
$M_{y,d} = 0.00$ kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
$N_{c,d} = -$ kN	$f_{c,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>		
286.00			
$\sigma_{c,d} = 18.07$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 34.50$ N/mm <sup>2</sup>		
$\sigma_{m,y,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 37.95$ N/mm <sup>2</sup> ✓		
$\sigma_{m,z,d} = 0.00$ N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,z,d} = 37.95$ N/mm <sup>2</sup> ✓		

support reaction						
load case category	$k_{mod}$	$A_y$	$A_z$	$B_x$	$B_y$	$B_z$
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
self weight CLT	0.6	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.77	0.00	0.00



support reaction						
load case category	$k_{mod}$	$A_y$	$A_z$	$B_x$	$B_y$	$B_z$
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
self weight	0.6	2.34	0.00	285.23	0.00	0.00
		2.34	0.00	285.23	0.00	0.00

### Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



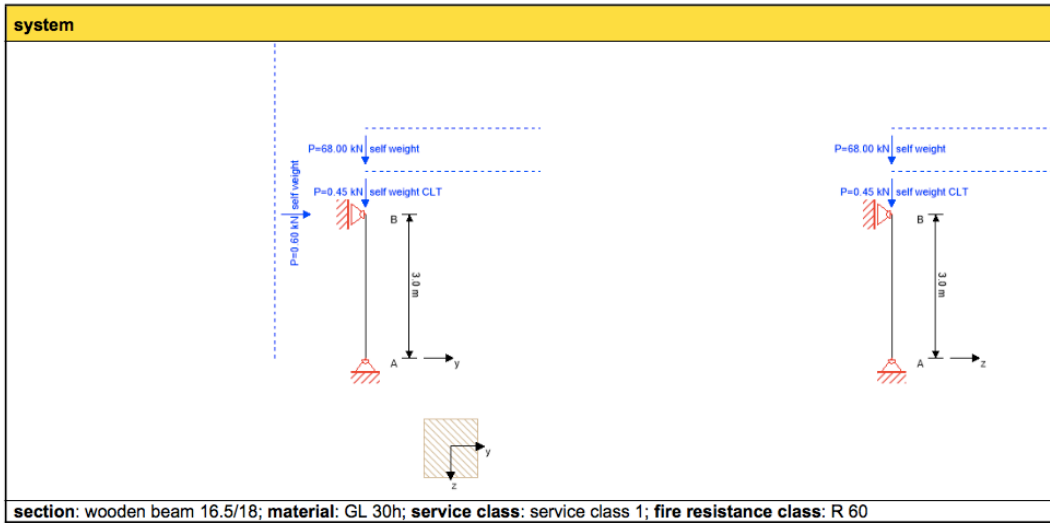
# Søyle 3A

Sweco  
Student Eldbjorg Aaraas

project  
element

Test  
3.A

page 1  
date 21.05.2020



QQQ

utilization	43 %	flexural stress analysis	3 %
<p>moments y (kNm) min My=0.00 (kNm) max My=0.00 (kNm)</p> <p>moments z (kNm) min Mz=0.00 (kNm) max Mz=0.00 (kNm)</p> <p>axial forces (kN) min N=-76.69 (kN) max N=-68.45 (kN)</p> <p><math>N = -76.69 \text{ kN}</math></p> <p><math>V = 76.69 \text{ kN}</math></p> <p><math>V = 76.69 \text{ kN}</math></p>		<p><math>M_{y,d} = 0.00 \text{ kNm}</math> <math>f_{m,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>N_{z,d} = -76.69 \text{ kN}</math> <math>f_{c,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{c,d} = 2.58 \text{ N/mm}^2</math> <math>f_{c,d} = 14.40 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{m,y,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{m,y,d} = 15.84 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	
		<p>shear stress analysis Y</p> <p><math>V_{y,d} = 0.67 \text{ kN}</math> <math>f_{v,k} = 2.50 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>T_{v,d} = 0.03 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{v,d} = 1.20 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	
		<p>shear stress analysis Z</p> <p><math>V_{z,d} = 0.00 \text{ kN}</math> <math>f_{v,k} = 2.50 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>T_{z,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{v,d} = 1.20 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	
		<p>shear stress analysis combined</p> <p><math>V_{y,d} = 0.67 \text{ kN}</math> <math>V_{z,d} = 0.00 \text{ kN}</math></p> <p><math>T_{v,y,d} = 0.03 \text{ N/mm}^2</math> <math>T_{v,z,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>ratio = 0 % ✓</p>	
		<p>lateral torsional buckling analysis</p> <p><math>M_{y,d} = 0.00 \text{ kNm}</math> <math>f_{m,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>N_{z,d} = -76.69 \text{ kN}</math> <math>f_{c,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{c,d} = 2.58 \text{ N/mm}^2</math> <math>f_{c,d} = 14.40 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{m,y,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{m,y,d} = 15.84 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	
		<p>shear force y (kN) min Vy=-0.67 (kN) max Vy=0.00 (kN)</p> <p>shear force z (kN) min Vz=0.00 (kN) max Vz=0.00 (kN)</p>	
		<p>buckling analysis</p> <p><math>M_{y,d} = 0.00 \text{ kNm}</math> <math>f_{m,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>N_{z,d} = -76.69 \text{ kN}</math> <math>f_{c,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{c,d} = 2.58 \text{ N/mm}^2</math> <math>f_{c,d} = 14.40 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{m,y,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2</math> <math>f_{m,y,d} = 15.84 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{m,z,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{m,z,d} = 15.84 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	
		<p>flexural stress analysis fire</p> <p><math>M_{y,d} = 0.00 \text{ kNm}</math> <math>f_{m,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>N_{z,d} = -68.45 \text{ kN}</math> <math>f_{c,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{c,d} = 7.80 \text{ N/mm}^2</math> <math>f_{c,d} = 34.50 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{m,y,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{m,y,d} = 37.95 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	
		<p>shear stress analysis Y fire</p> <p><math>V_{y,d} = 0.60 \text{ kN}</math> <math>f_{v,k} = 2.50 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>T_{v,d} = 0.10 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{v,d} = 2.88 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	
		<p>shear stress analysis Z fire</p> <p><math>V_{z,d} = 0.00 \text{ kN}</math> <math>f_{v,k} = 2.50 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>T_{z,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{v,d} = 2.88 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	
		<p>shear stress analysis combined fire</p> <p><math>V_{y,d} = 0.60 \text{ kN}</math> <math>V_{z,d} = 0.00 \text{ kN}</math></p> <p><math>T_{v,y,d} = 0.10 \text{ N/mm}^2</math> <math>T_{v,z,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>ratio = 0 % ✓</p>	
		<p>lateral torsional buckling analysis fire</p> <p><math>M_{y,d} = 0.00 \text{ kNm}</math> <math>f_{m,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>N_{z,d} = -68.45 \text{ kN}</math> <math>f_{c,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{c,d} = 7.80 \text{ N/mm}^2</math> <math>f_{c,d} = 34.50 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{m,y,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{m,y,d} = 37.95 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	
		<p>buckling analysis fire</p> <p><math>M_{y,d} = 0.00 \text{ kNm}</math> <math>f_{m,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>N_{z,d} = -68.45 \text{ kN}</math> <math>f_{c,k} = 30.00 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{c,d} = 7.80 \text{ N/mm}^2</math> <math>f_{c,d} = 34.50 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{m,y,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2</math> <math>f_{m,y,d} = 37.95 \text{ N/mm}^2</math></p> <p><math>\sigma_{m,z,d} = 0.00 \text{ N/mm}^2 &lt;</math> <math>f_{m,z,d} = 37.95 \text{ N/mm}^2</math> ✓</p>	

support reaction						
load case category	$k_{mod}$	$A_y$	$A_z$	$B_x$	$B_y$	$B_z$
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
self weight CLT	0.6	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.45	0.00	0.00
self weight	0.6	0.60	0.00	68.00	0.00	0.00
		0.60	0.00	68.00	0.00	0.00

**Disclaimer**

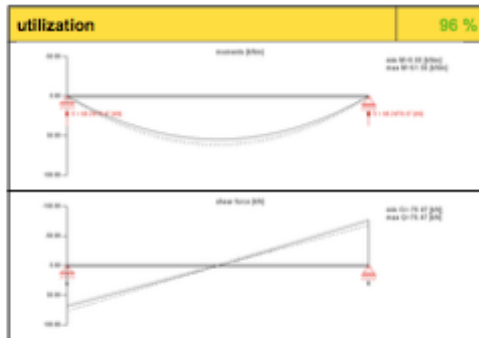
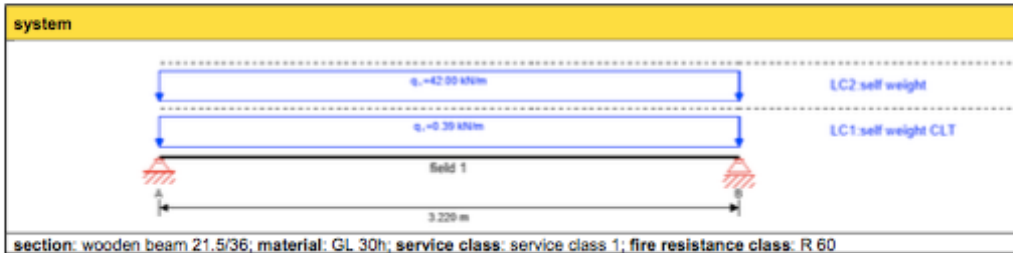


# Bjelke

Sweco  
Student Eldbjorg Aaraas

project  
element  
Bjelke 3,7

page 1  
date 21.05.2020



**flexural stress analysis** 87 %

$M_{k,d}$ = 61.56 kNm	$f_{m,k}$ = 30.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{k,d}$ = 0.00 kN	$f_{t,k}$ = 24.00 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{t,d}$ = 0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d}$ = 12.67 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d}$ = 13.25 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d}$ = 15.15 N/mm <sup>2</sup> ✓

**shear stress analysis** 96 %

$V_d$ = 59.37 kN	$f_{v,k}$ = 2.50 N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{v,d}$ = 1.15 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{v,d}$ = 1.20 N/mm <sup>2</sup> ✓

**lateral torsional buckling analysis** 87 %

$M_{k,d}$ = 61.56 kNm	$f_{m,k}$ = 30.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{k,d}$ = 0.00 kN	$f_{t,k}$ = 24.00 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{t,d}$ = 0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d}$ = 14.40 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d}$ = 13.25 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d}$ = 15.15 N/mm <sup>2</sup> ✓

**flexural stress analysis fire** 79 %

$M_{k,d}$ = 54.94 kNm	$f_{m,k}$ = 30.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{k,d}$ = 0.00 kN	$f_{t,k}$ = 24.00 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{t,d}$ = 0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d}$ = 30.36 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d}$ = 29.13 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d}$ = 36.84 N/mm <sup>2</sup> ✓

**shear stress analysis fire** 79 %

$V_d$ = 55.06 kN	$f_{v,k}$ = 2.50 N/mm <sup>2</sup>
$\tau_{v,d}$ = 2.27 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{v,d}$ = 2.88 N/mm <sup>2</sup> ✓

**lateral torsional buckling analysis fire** 79 %

$M_{k,d}$ = 54.94 kNm	$f_{m,k}$ = 30.00 N/mm <sup>2</sup>
$N_{k,d}$ = 0.00 kN	$f_{t,k}$ = 30.00 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{t,d}$ = 0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d}$ = 34.50 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d}$ = 29.13 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d}$ = 36.84 N/mm <sup>2</sup> ✓

**w<sub>inst</sub> = w[char]**

field	K <sub>def</sub>	limit	w <sub>inst</sub> [mm]	w <sub>calc.</sub> [mm]	ratio
1	0.6	L/300	10.7	5.2	49 %

**w<sub>inst</sub> = w[char] + w[q.p.]\*k<sub>def</sub>**

field	K <sub>def</sub>	limit	w <sub>inst</sub> [mm]	w <sub>calc.</sub> [mm]	ratio
1	0.6	L/150	21.5	8.4	39 %

**w<sub>inst,fin</sub> = w[q.p.] + w[q.p.]\*k<sub>def</sub>**

field	K <sub>def</sub>	limit	w <sub>inst</sub> [mm]	w <sub>calc.</sub> [mm]	ratio
1	0.6	L/250	12.9	8.4	65 %

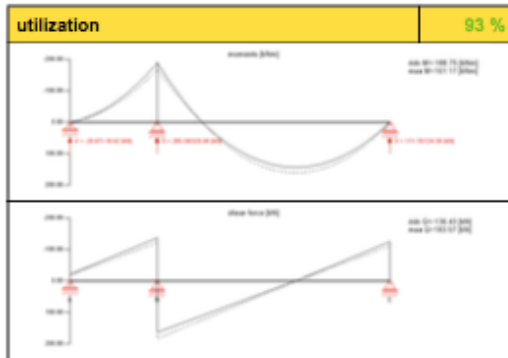
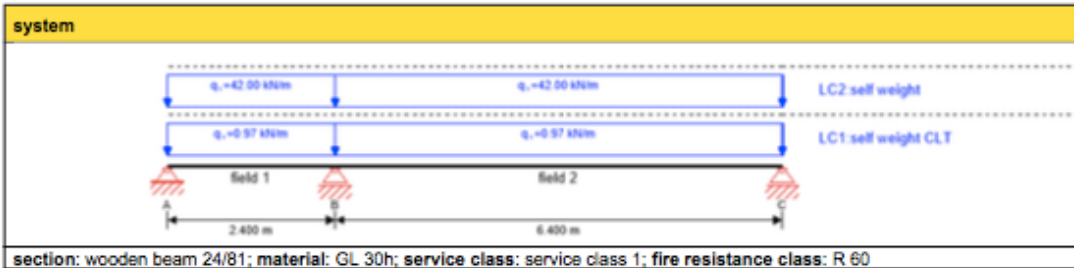
**support reaction**

load case category	k <sub>mod</sub>	A <sub>v</sub>	B <sub>v</sub>
		[kN]	
self weight CLT	0.6	0.62	0.62
		0.62	0.62
self weight	0.6	67.62	67.62
		67.62	67.62

**Disclaimer**



© 2020 - Calculatis by Stora Enso - Version 2.36.1



flexural stress analysis		50 %			
$M_{y,d}$	- kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>			
	188.75				
$N_{x,d}$	0.00 kN	$f_{t,k} = 24.00$ N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{x,d}$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 12.63$ N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{m,y,d}$	7.19 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 14.40$ N/mm <sup>2</sup> ✓			
shear stress analysis		93 %			
$V_d$	144.57 kN	$f_{v,k} = 2.50$ N/mm <sup>2</sup>			
$\tau_{v,d}$	1.12 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{v,d} = 1.20$ N/mm <sup>2</sup> ✓			
lateral torsional buckling analysis		50 %			
$M_{y,d}$	- kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>			
	188.75				
$N_{x,d}$	0.00 kN	$f_{t,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{x,d}$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 14.40$ N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{m,y,d}$	7.19 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 14.40$ N/mm <sup>2</sup> ✓			
flexural stress analysis fire		36 %			
$M_{y,d}$	- kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>			
	168.45				
$N_{x,d}$	0.00 kN	$f_{t,k} = 24.00$ N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{x,d}$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 30.36$ N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{m,y,d}$	12.29 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 34.50$ N/mm <sup>2</sup> ✓			
shear stress analysis fire		63 %			
$V_d$	131.13 kN	$f_{v,k} = 2.50$ N/mm <sup>2</sup>			
$\tau_{v,d}$	1.82 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{v,d} = 2.88$ N/mm <sup>2</sup> ✓			
lateral torsional buckling analysis fire		36 %			
$M_{y,d}$	- kNm	$f_{m,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>			
	168.45				
$N_{x,d}$	0.00 kN	$f_{t,k} = 30.00$ N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{x,d}$	0.00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,d} = 34.50$ N/mm <sup>2</sup>			
$\sigma_{m,y,d}$	12.29 N/mm <sup>2</sup> <	$f_{m,y,d} = 34.50$ N/mm <sup>2</sup> ✓			
$w_{inst} = w(char)$					
field	$K_{def}$	limit	$w_{inst}$	$w_{calc}$	ratio
		(-)	[mm]	[mm]	
1	0.6	L/300	8.0	0.0	0 %
2	0.6	L/300	21.3	3.6	17 %
$w_{th} = w(char) + w(q.p.) \cdot k_{def}$					
field	$K_{def}$	limit	$w_{inst}$	$w_{calc}$	ratio
		(-)	[mm]	[mm]	
1	0.6	L/150	16.0	0.0	0 %
2	0.6	L/150	42.7	5.7	13 %
$w_{tot,fn} = w(q.p.) + w(q.p.) \cdot k_{def}$					
field	$K_{def}$	limit	$w_{inst}$	$w_{calc}$	ratio
		(-)	[mm]	[mm]	
1	0.6	L/250	9.6	0.0	0 %
2	0.6	L/250	25.6	5.7	22 %

support reaction				
load case category	$k_{mod}$	$A_y$	$B_y$	$C_y$
		[kN]		
self weight CLT	0.6	-0.42	6.46	2.52
		-0.42	6.46	2.52
self weight	0.6	-	279.13	108.68
		18.20		
		-	279.13	108.68
		18.20		

#### Disclaimer

The software was created to assist engineers in their daily business. The software is an engineering software that is dealing with a very complex matter of structural analysis and building physics analysis. Therefore, this software shall only be operated by skilled, experienced engineers, with a deep understanding of structural engineering and building physics related to timber structures. The user of the software is obliged to check all input values, no matter if they were given by the user or given by default by the software and all results for plausibility.

The use of the results of the software should not be relied upon as the basis for any decision or action. Any use of results of the software is only allowed, if the results have been verified and approved regarding completeness and correctness by a project structural/building physics engineer. The user has the possibility to make print-outs from the software. Any modification of those are not allowed.

Stora Enso Wood Products GmbH does not assume any warranty regarding the software. The software has been developed with utmost diligence, nevertheless Stora Enso Wood Products GmbH, neither expressly nor implicitly, provides any warranty in terms of accuracy, validity, timeliness and completeness of information and data created by the software. Stora Enso Wood Products GmbH does also not assume any warranty for the general usability of the software, its suitability for a special purpose or for the compatibility of the software with the ones of third party producers or providers.

Stora Enso Wood Products GmbH is only liable for damages caused by gross negligence or intent through Stora Enso Wood Products GmbH; the liability for slight negligence is excluded. This does not apply to personal injury. Under the aforementioned conditions Stora Enso Wood Products GmbH is as well not liable for operational failures or the loss of programs and/or data of the user's data processing system.

Applicable Law: These terms of use shall be governed by the laws of Austria excluding however any conflict of laws rules and any laws regarding the Convention of the International Sale of Goods (CISG).



## Vedlegg 4 - Håndberegninger av brudd- og bruksgrensekontroll av dekker

Massivtrebygget er kontrollert etter ETA-godkjenningen (KLH Massivholz GmbH, 2017) som baserer seg på kravene i EC5 (Standard Norge, 2004) og Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner (Standard Norge, 2002).

### Generelle forutsetninger for alle dekker:

Massivtre C24 gran

Klimaklasse: 2

Lastvarighetsklasse for nyttelast: Halvårslast

Partialfaktor for massivtre (velger lik som som for limtre):  $g_M = 1,15$

Tverrsnittet:

Tak:  $b=1000$  mm og  $h=220$  mm

Dekke i 2. og 3. etg:  $b=1000$  mm og  $h=280$  med mer

Lengden av et dekke er  $l=7500$  mm

**Bruddgrensen** er hentet fra tabell NA.A1.2(B), ligning 6.10a og 6.10b. Velger den mest ugunstige av disse to, som i dette tilfellet er 6.10b. 6.10a brukes når egenlastene er vesentlig mye større (Standard Norge, 2002).

Ligning	Ugunstig permanentlast	Dominerende variabellest	Øvrige variabellest
6.10a	1,35G	$1,5 \psi_{0,1} n$	$1,5 \psi_{0,i}$
6.10b	1,2G	$1,5n$	$1,5 \psi_{0,i}$

Aktuelle  $\psi$ -faktorer er gitt i NS-EN 1990 tabell NA.A1.1 og vist i tabellen under.

Tabell 8:  $\psi$ -faktorer

Lastkategori	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Kategori A	0,7	0,5	0,3
Kategori B	0,7	0,5	0,3
Kategori C5	0,7	0,7	0,6
Kategori D1	0,7	0,7	0,6
Kategori F	0,7	0,7	0,6
Kategori H (tak)	0,0	0,0	0,0

Snølaster	0,7	0,5	0,2
Vindlaster	0,6	0,2	0,0

De karakteristiske verdiene som er regnet ut:

[kN/m]	Tak	3. etg kat. F	3. etg kat. A	2. etg. Kat. A
$q_g$	0,7	3,0	2,73	2,73
$q_{clt}$	1,1	1,4	1,4	1,4
$q_n$	0,75	2,5	2,0	2,0
$q_s$	2,8	-	-	-
$q_v$	-	-	-	-
$q_k$ totalt	5,35	6,9	6,13	6,13

Karakteristiske verdier satt inn i ligning 6.10b:

$$p_{Ed,tak} = 1,2 * (0,7+1,1) + 1,5 * 0,75 + 1,5 * 0,7 * 2,8 = \underline{6,23 \text{ kN/m}}$$

$$p_{Ed,3. \text{ etg kat. F}} = 1,2 * (3,0 + 1,4) + 1,5 * 2,5 = \underline{9,03 \text{ kN/m}}$$

$$p_{Ed,3. \text{ etg kat. A}} = 1,2 * (2,73 + 1,4) + 1,5 * 2,0 = \underline{7,96 \text{ kN/m}}$$

$$p_{Ed,2. \text{ etg kat A}} = 1,2 * (2,73 + 1,4) + 1,5 * 2,0 = \underline{7,96 \text{ kN/m}}$$

### Bruddgrensekontroll:

Følge må kontrolleres. Dimensjonerende bøyefasthet multiplisert med reduksjonsfaktoren må være større eller lik dimensjonerende bøyespennning.

#### Bøyning:

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} [N/mm^2]$$

$$\sigma_{m,d} = M_{Ed,maks}/W [N/mm^2]$$

$$M_{Ed,maks} = p_{Ed} * L^2 / 8 [Nmm]$$

$$W = bh^2/6 [mm^3]$$

$$f_{m,d} = f_{m,k} * k_{mood} * k_{sys} / g_M [N/mm^2]$$

$f_{m,k}$  er bøyefasthet som settes til 24 N/mm<sup>2</sup> etter tabell 1 i NS-EN 338 (Standard Norge, 2016).

$k_{mood}$  er en modifikasjonsfaktor som fastsettes etter tabell 3.1 i EK5-1 til 0,8, med bakgrunn av klimaklasse 2 og halvårslaster (Standard Norge, 2004).

Tabell 3.1 – Verdier av  $k_{mod}$

Materiale	Standard	Klima-klasse	Lastvarighetsklasse				
			Perma-nent last	Langtids-last	Mellom-langtids-last	Korttids-last	Øyeblikks-last
Konstruk-sjonstre	NS-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Limtre	NS-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

$K_{sys}$  er en reduksjonsfaktor som fastsettes etter tabell 3 i ETA-godkjenningen til 1,05, med bakgrunn av at  $n=7$  sjikt .

Tabell 3 –  $K_{sys}$ , reduksjonsfaktor hentet fra ETA-godkjenningen.

Belastning vinkelrett på elementet	Belastning i elementet	Systemstyrkefaktor
Bredde	Antall sjikt	
$b$	$n$	$k_{sys}$
$b \leq 200\text{mm}$	1	0,90
$200\text{mm} < b \leq 1000\text{mm}$	$2 \leq n < 5$	1,00
$1000\text{mm} < b \leq 1600\text{mm}$	$5 \leq n < 8$	1,05
$b > 1600\text{mm}$	$n \geq 8$	1,10

(KLH Massivholz GmbH, 2017)

### Skjærkontroll:

Følgende må kontrolleres. Dimensjonerende skjærspenninger må være mindre eller lik dimensjonerende rulleskjærfasthet.

Skjærkontroll hente fra ligning 6.13 i EC5 (Standard Norge, 2004).

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\tau_{v,d} = (V_{Ed,max} * S_{net}) / (I_{net} * b) = (3 * V_{Ed,max}) / (2 * A) \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$V_{Ed,max} = p_{Ed} * L / 2 \text{ [kN]}$$

$$A = b_{ef} * h \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$b_{ef} = k_{cr} * b \quad \text{Hentet fra 6.13a (Standard Norge, 2004).}$$

$$k_{cr} = 0,67$$

$$V_{Ed,maks} = p_{Ed,maks} * L / 2 \text{ [kN]}$$

$$S_{net} = \text{statisk moment} / l. \text{ Arealmoment}$$

$I_{net} = \text{treghetsmoment/annet arealmoment}$

$$f_{v,d} = f_{v,k} * k_{mood} / g_M [N/mm^2]$$

$f_{v,k}$  er karakteristisk verdi for skjærstyrke. Verdien settes til 4,0 N/mm<sup>2</sup> fra tabell 1 i NS-EN 338 (Standard Norge, 2016)

### Utregning av bøyning og skjær i dekker utført i excel:

Element	pEd [kN/m]	L [m]	MEd,maks [kN/m]	Vd,maks [kN]	b [mm]	h [mm]	W [mm <sup>3</sup> ]	f <sub>m,k</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Kmood	Ksys	YM	f <sub>v,k</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	c
Tak	6,23	7,5	43,8	23,3	1000	220	8066666,7	24	0,8	1,05	1,15	4	
Dekke 3. etg Kat F	9,03	7,5	63,5	33,9	1000	280	13066666,7	24	0,8	1,05	1,15	4	
Dekke 3. etg Kat A	7,96	7,5	56,0	29,9	1000	280	13066666,7	24	0,8	1,05	1,15	4	
Dekke 2. etg Kat A	7,96	7,5	56,0	29,9	1000	280	13066666,7	24	0,8	1,05	1,15	4	

Her ser man at alle dekkene tilfredsstiller kravene til bøyning og skjær.

σ <sub>m,d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>m,d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>v,d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>v,d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
5,43	17,5	0,16	2,8
4,86	17,5	0,18	2,8
4,28	17,5	0,16	2,8
4,28	17,5	0,16	2,8

**Brukgrensen** er hentet fra tabell A1.4 – Dimensjonerende verdier for laster for bruk I lastkombinasjoner (Standard Norge , 2002).

Kombinasjon	Ugunstige permanente laster	Dominerende variable laster	Andre laster	Andre laster
			Vind	Snø
Karakteristisk	1,0 G	1,0 n	Ψ <sub>0</sub> v	Ψ <sub>0</sub> s
Hypelig forekommende	1,0 G	Ψ <sub>1,1</sub> n	Ψ <sub>2</sub> v	Ψ <sub>2</sub> s
Tilnærmet permanent	1,0 G	Ψ <sub>2,1</sub> n	Ψ <sub>2</sub> v	Ψ <sub>2</sub> s

[kN/m]	Tak	3. etg kat. F	3. etg kat. A	2. etg. Kat. A
q <sub>g</sub>	0,7	3,0	2,5	2,5
q <sub>clt</sub>	1,1	1,4	1,4	1,4

$q_n$	0,75	2,5	2,0	2,0
$q_s$	2,8	-	-	-
$q_v$	-	-	-	-
$q_{Ed, karakteristisk}$	4,5	6,9	6,13	6,13
$q_{Ed, hyppig forekommende}$	2,4	6,2	5,1	5,1
$q_{Ed, tilnærmet permanent}$	2,4	5,9	4,7	4,7

Det regnet ut den endelige nedbøyningen ( $p_{fin}$ ) direkte på samme måte som det blir gjort i beregningseksempler i limtreboka (Bell & Liven, 2018).

Karakteristisk lastkombinasjon:  $p_{fin, kar} = q_k(1 + \Psi_{2,1}k_{def}) + g_k(1 + k_{def})$  [mm]

Hyppig forekommende lastkombinasjon:  $p_{fin, ofte} = q_k(\Psi_{1,1} + \Psi_{2,1}k_{def}) + g_k(1 + k_{def})$  [mm]

Tilnærmet permanent lastkombinasjon:  $p_{fin, perm} = q_k \Psi_{2,1}(1 + k_{def}) + g_k(1 + k_{def})$  [mm]

Her er  $q_k$  = nyttelast og  $g_k$  = egenlast.

$K_{def}$  er 0,8 som vist i tabell 3.2 – Verdier for  $k_{def}$  for tre og trebaserte materialer (Standard Norge, 2004).

Tak		3. etg kat F		3. etg kat A		2. etg kat A	
$\Psi_{1,1}=0,5$	$\Psi_{2,1}=0,2$	$\Psi_{1,1}=0,7$	$\Psi_{2,1}=0,6$	$\Psi_{1,1}=0,5$	$\Psi_{2,1}=0,3$	$\Psi_{1,1}=0,5$	$\Psi_{2,1}=0,3$
$q_k=3,55$ kN/M	$g_k=1,7$ kN/M	$q_k=2,5$ kN/M	$g_k=4,4$ kN/M	$q_k=2,0$ kN/M	$g_k=4,13$ kN/M	$q_k=2,0$ kN/M	$g_k=4,13$ kN/M

Grenseverdier for nedbøyning finnes i tabell 7.2:

**Tabell 7.2 – Eksempler på grenseverdier for nedbøyninger av bjelker**

	$W_{inst}$	$W_{net,fin}$	$W_{fin}$
Bjelke på to opplegg	ℓ/300 til ℓ/500	ℓ/250 til ℓ/350	ℓ/150 til ℓ/300
Utkragede bjelker	ℓ/150 til ℓ/250	ℓ/125 til ℓ/175	ℓ/75 til ℓ/150

Grenseverdiene:

$$W_{inst} = 7500/300 = 25 \text{ mm}$$

$$W_{net,fin} = 7500/250 = 30 \text{ mm}$$

$$W_{fin} = 7500/150 = 50 \text{ mm}$$

Regner ut nedbøyning på dekkene med denne ligningen:

$$W_{fin} = 5p_{fin}L^4/384E_{mean}I \text{ [mm]}$$

$E_{mean}$  er midlere stivhet, lik 11 kN/mm<sup>2</sup>

$$I = bh^3/12 \text{ [mm}^4\text{]}$$

Bruker  $W_{fin,ofte}$  siden det er det vanligste å bruke. Nedbøyningen må være mindre enn 30 mm som er grenseverdien. Alle dekken tilfredsstillter dette kravet.

**Utregning av nedbøyning utført i excel:**

Nedbøyning													
Element	qk	gk	kdef	ψ1,1	ψ2,1	Pfin, kar	Pfin,ofte	Pfin,perm	Wfin, kar	Wfin, ofte	Wfin, perm	I	Emean
Tak	3,6	1,7	0,8	0,5	0,2	7,2	5,4	4,3	30,3	22,8	18,3	9E+08	11000
Dekke 3. etg Kat F	2,5	4,4	0,8	0,7	0,6	11,6	10,9	10,6	23,8	22,3	21,7	2E+09	11000
Dekke 3. etg Kat A	2	4,1	0,8	0,5	0,3	9,9	8,9	8,5	20,3	18,3	17,4	2E+09	11000
Dekke 2. etg Kat A	2	4,1	0,8	0,5	0,3	9,9	8,9	8,5	20,3	18,2	17,4	2E+09	11000
									Wfin,ofte	Wfin,net			
									Tak	22,8	25		Wfin,ofte er mindre enn Wfin, net
									Dekke 3.	22,3	25		---> Nedbøyning ok!
									Dekke 3.	18,3	25		
									Dekke 2.	18,2	25		

## Vedlegg 5 – Mengdeberegning av referansebygget

Dekke	Plassering	Materiale	Lengde	Bredde	Høyde	Kvalitet	Antall	Hull	Volum [mm <sup>3</sup> ]
<b>D.O. 3</b>									
		HD	7100	400	265	B45	1	1	665514062,5
	Felt 2	HD	7220	1200	265	B45	7	5	12972196563
		HD	7220	400	265	B45	1	1	676762187,5
	Felt 3-5	HD	8500	638	265	B45	1	2	1228579375
		HD	8500	1200	265	B45	18	5	39270796875
	Felt 6	HD	7220	1200	265	B45	7	5	12972196563
		HD	7220	400	265	B45	1	1	676762187,5
	Felt 7	HD	7100	1200	265	B45	7	2	14585396875
		HD	7100	400	265	B45	1	1	665514062,5
<b>D.O. 2</b>									
	Felt 1	HD	7400	1200	265	B45	5	5	9496859375
		HD	7400	1050	265	B45	1	4	1695987500
	Felt 2	HD	7500	1200	265	B45	5	5	9625195313
		HD	7500	1050	265	B45	1	4	1718906250
	Felt 3-5	HD	7500	1050	265	B45	3	4	5156718750
		HD	7500	1200	265	B45	15	5	28875585938
	Felt 6	HD	7500	1200	265	B45	5	5	9625195313
		HD	7500	1050	265	B45	1	4	1718906250
	Felt 7	HD	7400	1200	265	B45	5	5	9496859375
		HD	7400	1050	265	B45	1	4	1695987500
<b>D.O. 1</b>									
	Felt 1	HD	7400	1200	265	B45	5	5	9496859375
		HD	7400	1050	265	B45	1	4	1695987500
	Felt 2	HD	7500	1200	265	B45	5	5	9625195313
		HD	7500	1050	265	B45	1	4	1718906250
	Felt 3-5	HD	7500	1050	265	B45	3	4	5156718750
		HD	7500	1200	265	B45	15	5	28875585938
	Felt 6	HD	7500	1200	265	B45	5	5	9625195313
		HD	7500	1050	265	B45	1	4	1718906250
	Felt 7	HD	7400	1200	265	B45	5	5	9496859375
		HD	7400	1050	265	B45	1	4	1695987500
								<b>Sum=</b>	<b>2,41926E+11</b>

Vegger	Akse	Materiale	Lengde	Bredde	Høyde	Kvalitet	Antall	Volum [mm <sup>3</sup> ]
3. etg	A	Massivvegg	22750	250	3000	B35	1	17062500000
2. etg	Alle	Massivvegg	7050	250	3300	B35	8	46530000000
2. etg	E	Massivvegg	52300	250	3300	B35	1	43147500000
1. etg	Alle	Massivvegg	7050	250	3300	B35	8	46530000000
1. etg	E	Massivvegg	52300	250	3300	B35	1	43147500000
							<b>Sum=</b>	<b>1,96418E+11</b>

Søyler	Akse	Materiale	Lengde	Bredde	Høyde	Kvalitet	Antall	Volum [mm <sup>3</sup> ]
	1	Stålsoyle	3475	100	100	S355J0	3	19807500
	2	Stålsoyle	3475	100	100	S355J0	4	26410000
	3	Stålsoyle	3475	100	100	S355J0	1	6602500
	6	Stålsoyle	3475	100	100	S355J0	1	6602500
	7	Stålsoyle	3475	100	100	S355J0	4	26410000
	8	Stålsoyle	3475	100	100	S355J0	3	19807500
							<b>Sum=</b>	<b>105640000</b>
	3	Betongsoyle	3485	300	300	B35	1	313650000
	4	Betongsoyle	3485	300	300	B35	1	313650000
	5	Betongsoyle	3485	300	300	B35	1	313650000
	6	Betongsoyle	3485	300	300	B35	1	313650000
							<b>Sum=</b>	<b>1254600000</b>

Bjelker	Akse	Materiale	Lengde	Profil	Kvalitet	Volum [m <sup>3</sup> ]
	1	Stålbjelker	8800	HSQ 250x6-15x200-25x337-25	S355J0	0,127
	2	Stålbjelker	8800	HSQ 250x6-15x250-20x512	S355J0	0,173
	3	Stålbjelker	8800	HSQ 250x6-15x250-20x512	S355J0	0,173
	6	Stålbjelker	8800	HSQ 250x6-15x250-20x512	S355J0	0,173
	7	Stålbjelker	8800	HSQ 250x6-15x250-20x512	S355J0	0,173
	8	Stålbjelker	8800	HSQ 250x6-15x200-25x337-25	S355J0	0,127
<b>Sum:</b>						<b>0,946</b>

Bjelker	Akse	Materiale	Lengde	Profil	Kvalitet	Volum [mm <sup>3</sup> ]
	D	Slakkarm	22500	LB300*415-450*150	B35	3307500000
<b>Sum=</b>						<b>3307500000</b>

**Summert:**

Betongbygget		Volum [m <sup>3</sup> ]
Dekke	HD265	241,93
Vegg	B35	196,42
Søyle	RSH 100*100*10	0,11
Søyle	B35 300*300	1,25
Bjelke	HSQ	0,95
Bjelke	LB300	3,31



## Vedlegg 6 – Mengdeberegning av massivtrebygget

Dekke	Plassering	Materiale	Lengde	Bredde	Høyde	Kvalitet	Antall	Volum [mm <sup>3</sup> ]	Påstop	
D.O. 3										
	Felt 1	Massivtre elemente	7400	1200	220	CLT 220 L7s-2	7	13675200000	80	5E+09
		Massivtre elemente	7400	400	220	CLT 220 L7s-2	1	651200000	80	2E+08
	Felt 2-6	Massivtre elemente	7500	1200	220	CLT 220 L7s-2	35	69300000000	80	3E+10
		Massivtre elemente	7500	400	220	CLT 220 L7s-2	5	3300000000	80	1E+09
	Felt 7	Massivtre elemente	7400	1200	220	CLT 220 L7s-2	7	13675200000	80	5E+09
		Massivtre elemente	7400	400	220	CLT 220 L7s-2	1	651200000	80	2E+08
							<b>Sum=</b>	<b>1,01253E+11</b>		
D.O. 2										
	Felt 1	Massivtre elemente	7400	1200	280	CLT280 L7s-2	5	12432000000	80	4E+09
		Massivtre elemente	7400	1300	280	CLT280 L7s-2	1	2693600000	80	8E+08
	Felt 2-6	Massivtre elemente	7500	1200	280	CLT280 L7s-2	25	63000000000	100	2E+10
		Massivtre elemente	7500	1300	280	CLT280 L7s-2	5	13650000000	100	5E+09
	Felt 7	Massivtre elemente	7400	1200	280	CLT280 L7s-2	5	12432000000	80	4E+09
		Massivtre elemente	7400	1300	280	CLT280 L7s-2	1	2693600000	80	8E+08
D.O. 1										
	Felt 1	Massivtre elemente	7400	1200	280	CLT280 L7s-2	5	12432000000	80	4E+09
		Massivtre elemente	7400	1300	280	CLT280 L7s-2	1	2693600000	80	8E+08
	Felt 2-6	Massivtre elemente	7500	1200	280	CLT280 L7s-2	25	63000000000	80	2E+10
		Massivtre elemente	7500	1300	280	CLT280 L7s-2	5	13650000000	80	4E+09
	Felt 7	Massivtre elemente	7400	1200	280	CLT280 L7s-2	5	12432000000	80	4E+09
		Massivtre elemente	7400	1300	280	CLT280 L7s-2	1	2693600000	80	8E+08
							<b>Sum=</b>	<b>2,13802E+11</b>		<b>1E+11</b>

Vegg	Kategori	Lengde	Bredde	Høyde	Kvalitet	Antall	Volum [mm <sup>3</sup> ]
<b>Etasje</b>							
1	2	7180	120	3000	CLT120 L5s	6	15508800000
1	3	7180	240	3000	CLT240 L7s	2	10339200000
1	2	52300	120	3000	CLT120 L5s	1	18828000000
2	1	7180	120	3000	CLT120 L3s	2	5169600000
2	2	7180	120	3000	CLT120 L5s	4	10339200000
2	3	7180	240	3000	CLT240 L7s	2	10339200000
2	2	52300	120	3000	CLT120 L5s	1	18828000000
3	1	8800	120	3220	CLT120 L3s	4	13601280000
3	Halvvegg	5450	140	3220	CLT140 L5s	2	4913720000
3	1	22550	120	3220	CLT120 L3s	1	8713320000

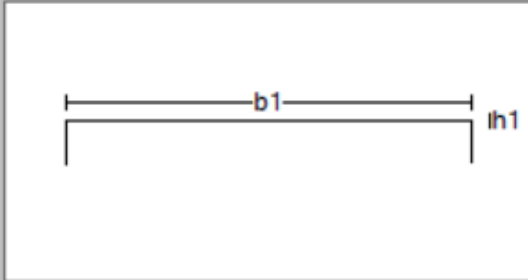
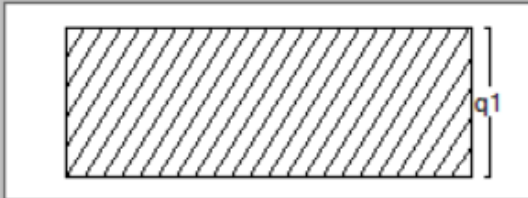
Søyler	Kategori	Materiale	Lengde	Bredde	Høyde	Kvalitet	Antall	Volum [mm <sup>3</sup> ]
	3A	Limtresøyle	3220	165	180	GL 30h	4	382536000
	3B	Limtresøyle	3220	190	270	GL 30h	4	660744000
							<b>Sum=</b>	<b>1043280000</b>
Bjelker	Akse	Materiale	Lengde	Bredde	Høyde	Kvalitet	Antall	
	2, 7	Limtrebjelke	3220	215	360	GL 30h	2	498456000
	4, 5	Limtrebjelke	8680	240	810	GL 30h	2	3374784000
							<b>Sum=</b>	<b>3873240000</b>

**Summert:**

Massivtrebygget		Volum [m <sup>3</sup> ]
Dekke	CLT220 L7s-2	101,25
Dekke	CLT280 L7s-2	213,80
Vegg	Kategori 1	27,48
Vegg	Kategori 2	63,50
Vegg	Kategori 3	20,68
Vegg	CLT140 L5s	4,91
Søyle	GL 30h	1,04
Bjelke	GL 30h	3,87
Påstop		103,38

## Vedlegg 7 – Snølast

☼ Snølast []

<input checked="" type="radio"/> Norge <input type="radio"/> Sverige	
Fylke Akershus	Snølast $S_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] 3.5
Kommune Ski	Juster snølast (høydeøkning)
Sted Langhus	Eksponeringskoeff.: $C_e$ 1.0 Normal Termisk koeff.: $C_t$ 1 <input type="checkbox"/> Snøfanger
	<b>Geometri (mm)</b> b1 8800 h1 0
	<b>Beregnet last (kN/m<sup>2</sup>)</b> Lt.nr 1 q1 2,80