

Dimensjonering og modellering av høye trehus

Design and Modeling of Tall
Wooden Buildings

Trondheim Mai 2021

Karsten Braastad

Kasper Berg Skreien

Intern veileder:

Per Otto Yttervoll

Ekstern veileder:

Per Gunnar Nordløyken

Prosjektnr:

21 - 2021

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk

Problemdefinering, Prosjektbeskrivelse og resultatmål

Gruppens problemstilling tar utgangspunkt i Støren Treindustri AS sitt ønske om å bygge trehus opp til 8 etasjer med prefabrikkerte elementer av bindingsverk. I prosjektrapporten vil gruppen gå inn på følgende temaer:

- Samle inn informasjon om hvordan Støren Treindustri AS bygger trehus i dag, og velge to avstivningsmetoder for videre undersøkelser.
- Undersøke om valgte metoder kan hjelpe Støren Treindustri AS med å bygge 8-etasjes trehus i bindingsverk, med utgangspunkt i SWECO Norge AS sin BIM-modell.

(Modellen er utarbeidet i forbindelse med et pågående forskningsprosjekt startet i 2019. Branntekniske beregninger og en vurdering av mulige konstruksjonsprinsipper er allerede utført.)

- Vise hvordan noen viktige konstruksjonsdeler i bygget kan dimensjoneres, både for hånd og ved bruk av digitale hjelpemidler.
- Utfra undersøkelser og resultater vil gruppen se om det er mulig å gjennomføre dette med Støren Treindustri AS sine eksisterende produksjonsløsninger, eller om det må foretas justeringer på konstruksjonen.
- Til slutt vil gruppen vurdere hvor nyttige og relevante gruppens resultater er for Støren Treindustri AS.

Målene med prosjektoppgaven er å komme frem til en løsning som kan være til nytte for Støren Treindustri AS, og for å sitte igjen med kunnskap som kan anvendes i fremtidige lignende prosjekter.

STIKKORD:

Trekonstruksjon, vindavstivning, dimensjonering, Støren treindustri AS, bindingsverk, elementbygg, FEM-analyse, forskningsprosjekt, SINTEF, modellering, FEM-Design, laster, skive, plate, MathCAD, Archicad, innovasjon, konstruksjonsvirke, limtre, kryssfinerplater, forbindelsesmidler

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet våren 2021 av to byggingeniørstudenter ved Institutt for bygg- og miljøteknikk hos NTNU i Trondheim. Begge studentene tilhører linjen for konstruksjonsteknikk, og har gjennom hele prosjektet jobbet for å rettferdig dele arbeidsomfanget, som tilsvarer 20 studiepoeng og 500 arbeidstimer per student. Oppgaven baserer seg på hva gruppen har lært gjennom studiet, samt selvstendige fordypninger hvor det har vært nødvendig.

Ønsket om å skrive om trekonstruksjoner, kom som følge vårt inntrykk av der er et økende behov for miljøvennlige materialer og metoder i byggeindustrien. Støren Treindustri AS og deres forskningsprosjekt i samarbeid med SINTEF, gav oss et godt grunnlag for en spennende prosjektoppgave knyttet til nettopp trekonstruksjoner. Vi var også motivert for å ta i bruk relevante dataprogrammer i oppgaven, da byggeindustrien også i stor grad er preget av kontinuerlig digitalisering. Før oppgaven var vi kjent med flere BIM-programmer, men analyseprogrammer hadde vi lite erfaring med. Det ble dermed naturlig å bruke programmet FEM-Design for å øke ferdighetsnivået vårt, da dette er mye brukt blant rådgivende ingeniører i Europa. Læringskurven var bratt, men læringsutbyttet ble stort som følge av dette.

Vi ønsker å takke våre veiledere Per Otto Yttervoll ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet og Per Gunnar Nordløkken ved Støren Treindustri AS for gode innspill og råd gjennom hele prosjektarbeidet.

Trondheim, 20. mai 2021



Karsten Braastad



Kasper Berg Skreien

Sammendrag

Byggebransjen er i konstant utvikling, og for at byggebransjen skal holde følge med utviklingen i verden, med økende klimagassutslipp og stadig større forbruk, så må det utvikles innovative og mer miljøvennlige løsninger. De siste årene har det vært et økende ønske om å bytte ut konstruksjonsmaterialer som stål og betong, med treverk. Selv om trevirke er et mer miljøvennlig materiale, oppstår det utfordringer med tanke på bæreevne. Oppgaven baserer seg på et forskningsprosjekt som handler om nettopp innovativ og miljøvennlig bygging. I prosjektet undersøkes det om det lar seg gjøre å konstruere trehus opp til åtte etasjer med bindingsverkselementer. Det er i dag ingen slike bindingsverkshus i åtte etasjer i Norge, noe som gjør det vanskelig å kontrollere funnene i oppgaven. Om prosjektet lykkes, vil lette og ressurseffektive trehus også kunne bli bygget i urbane strøk, hvor det er vanskelig å utkonkurrere mer miljøfiendtlige bygg. Forskningsprosjektet handler også om mulighetene i å bruke parametrisk design for å effektivisere kompleks elementproduksjon.

Trehus av denne høyden konstrueres det flere av i dag, men disse er ofte konstruert med limtrebjelker i en fagverksmodell, eller tre i kombinasjon med stål. Fordelen med bindingsverk er at det er mer miljøvennlig og ressurseffektivt. Ved å bruke elementer vil også hele byggeprosessen effektiviseres.

Analyseprogrammet FEM-Design ble tatt i bruk tidlig i prosjektfasen hvor gruppemedlemmene først måtte lære seg programmet. Videre ble flere typer modeller utarbeidet, og ulike avstivningssystem ble testet. Konstruksjonen i modellene baserte seg på en IFC-modell levert av Veidekke Eiendom. Denne modellen hadde også blitt brukt av SWECO Norge AS, som i 2019 vurderte noen av utfordringene i forskningsprosjektet nevnt over. Det ble vurdert både konstruksjonsprinsipper (Østvold, 2019) og brannegenskaper (Isaksen, 2019). Disse rapportene ble mye av utgangspunktet for oppgaven, og funnene i dem ble bygget videre på ved hjelp av FEM-Design og håndberegninger.

Dimensjoneringsgrunnlaget er basert på at bygget skal stå i Trondheim kommune i et boligområde nært sentrum. Det er allerede et lignende bygg rent estetisk, som er satt opp av Veidekke Eiendom på Lilleby.

Det ble undersøkt tre forskjellige metoder for avstivning under modelleringen, hvorav to av disse var basert på SWECO Norge AS sine forslag. De to første modellene er bygget opp av veggskiver som er gjennomgående for hele konstruksjonen, hvor den ene modellen er konstruert med en ekstra ønskevegg. Den tredje modellen ble bygget opp som en bindingsverksmodell. Denne ble mer utsatt for horisontale laster, da den er konstruert kun med bjelkelag, stendere og avstivende veggskiver.

Noen av utfordringene med FEM-Design var at de hadde ikke nøyaktig de komposittene som ville blitt brukt i praksis. Men det ble brukt kompositter med like egenskaper og kapasiteter.

Resultatene viste at det vil være mulig å konstruere ett åtte-etasjes trehus med bindingsverkselementer. Dimensjonene som gruppen kom fram til vil ha god nok kapasitet, og elementene er produserbare i dagens produksjonslinjer hos Støren Treindustri AS.

Abstract

The construction industry is constantly evolving, and for the industry to keep up with a constantly evolving world, with ever-increasing greenhouse gas emissions and pollution, innovative and sustainable solutions must be implemented. Timber is one of the materials companies are aspiring to exchange steel and concrete with. Even though timber is a more environmentally friendly material, it still does not match some of the other materials in terms of capacity and price. The thesis is based on a research project that covers both innovation and eco-friendly construction. The project investigates whether it is possible to construct wooden buildings up to eight floors, using only timber framing elements. As of May 2021, no buildings of this type exist in Norway, making it hard to validate the results of the thesis. The research project also examines the possibilities of using parametric design to make production of complex timber framing elements easier.

In today's market, tall wooden constructions most often consist of glued laminated timber in a truss model, or timber in combination with other materials. The benefits of using timber framing are mostly environmental, but elements of this type can also help streamline the entire construction process.

The use of FEM-Design for modeling and analysis was implemented early in the project. Besides learning to use the program properly, the group created several models, and finally tested different bracing systems against each other. The models were based on an IFC-model created by Veidekke Eiendom. The building in the IFC-model is situated in Trondheim municipality, in a residential area close to the city center. This became the basis for the dimensioning process. The IFC-model has also been previously used by SWECO Norge AS, which in 2019 assessed some of the challenges in the research project mentioned above. Both construction principles (Østvold, 2019), and fire properties (Isaksen, 2019) were assessed by SWECO Norge AS. The reports became the starting point of the thesis, and the group continued to build on the finds in the report using FEM-Design and hand calculations.

We further inspected three different methods, in which two of these were based on SWECO Norge AS' suggestions. The first two models are constructed with wall panels which span throughout the entire building. One of the two models were also constructed with a desired extra wall panel. The third model was constructed using the timber-frame method. This last model was more exposed to horizontal loads, because of it being constructed only using, joists, wall studs and bracing wall panels.

Some of the challenges in using FEM-Design was that the program was missing realistic composites that would have been used in building. It was substituted using composites with similar properties and capacities.

The results showed that it would be possible to construct an eight-story building using only timber frame elements. The dimensions that the group found will have good enough capacity in the given situation, and the elements can be produced in the current production lines at Støren Treindustri AS.

Terminologi

Forkortelser

TG – Teknisk Godkjenning

BIM – Bygnings Informasjons Modelling

FEM – Finite Element Method (Elementmetoden)

ID – Identifikasjon

NS – Norsk Standard

EK/EN – Eurokode/European Standard

DOK – Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk

TEK – Forskrift om tekniske krav til byggverk

DiBK – Direktoratet for byggkvalitet

ULS (U I FEM-Design) – Ultimate limit state (Bruddgrensetilstand)

SLS (Sf i FEM-Design) – Serviceability Limit State (Bruksgrensetilstand)

LC (Brukt av FEM-Design) – Load combination (Lastkombinasjon)

STR – Brudd eller for store deformasjoner i konstruksjon eller konstruksjonsdel

GEO – Brudd eller for store deformasjoner i grunnen

EQU – Tap av statisk likevekt

Symboler

Store latinske bokstaver

$G_{kj,sup}/G_{kj,inf}$ Øvre/nedre karakteristiske verdi for en permanent påvirkning j

$Q_{k,1}/Q_{k,i}$ Karakteristisk verdi for den dominerende/ikke-dominerende variable påvirkningen 1/i

H_{moh} Høyde over havet, plan 1

C_e Eksponeringskoeffisient

C_t Termisk koeffisient

M_0 Bøyemoment parallelt med plate/fiberretning

M_{90}	Bøyemoment vinkelrett med plate/fiberretning
N_{c0}	Trykkapasitet parallelt med plate/fiberretning
N_{c90}	Trykkapasitet vinkelrett med plate/fiberretning
N_{t0}	Strekkapasitet parallelt med plate/fiberretning
N_{t90}	Strekkapasitet vinkelrett med plate/fiberretning
V_k	Skiveskjærkapasitet

Små latinske bokstaver

a_{g40Hz}	Berggrunnsakselerasjon
s_{k0}	Karakteristisk snølast på mark
s_1	Snølast, tilfelle 1, normal
f_{m0k}	Karakteristisk bøyefasthet i fiberretning
f_{t0k}	Karakteristisk strekkfasthet i fiberretning
f_{c0k}	Karakteristisk trykkfasthet i fiberretning
f_{c90k}	Karakteristisk trykkfasthet på tvers av fiberretning
f_{vsk}	Karakteristisk skjærfasthet
$v_{b,0}$	Referansvindhastighet i Trondheim kommune
k_{mod}	Fasthetsfaktor

Små greske bokstaver

$\psi_{0,i}$	Lastfaktor (Psi-faktor)
ξ	Reduksjonsfaktor
$\gamma_{Gj,sup}/\gamma_{Gj,inf}$	Partialfaktor for permanent virkning j ved beregning av øvre/nedre dimensjonerende verdier
$\gamma_{Q,i}$	Partialfaktor for variabel påvirkning i
μ_i	Formfaktor
ρ_k	Karakteristisk densitet

Innhold

Forord	i
Sammendrag	iii
Abstract	v
Terminologi	vii
Forkortelser	vii
Symboler	vii
Innhold	ix
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn for valg av fokusområde	1
1.2 Formål	2
1.3 Problemdefinering	2
1.4 Avvik	2
2. Figurliste	4
3. Tabelliste	6
4. Bakgrunn for valgt prosjektoppgave	7
4.1 Orientering	7
4.2 Organisering	7
4.3 Forskningsprosjekt	8
4.3.1 Bakgrunn for prosjektet	8
4.3.2 Rapporter fra SWECO Norge AS	9
4.3.3 Forskningsprosjekt-workshop	11
4.4 Innovativ byggemetode	11
5. Teori og bakgrunnsstoff	13
5.1 Forutsetninger for oppgaven	13
5.2 Programvare	13
5.2.1 Archicad 22	13
5.2.2 Solibri Anywhere	14
5.2.3 MathCAD Prime 3.1	14
5.2.4 Microsoft Office	14

5.2.5	FEM-Design	15
5.3	Grunnlagsdata	15
5.3.1	Data for boligbygget	15
5.3.2	Snittkrefter.....	16
5.3.3	Aksesystem	16
5.4	Tegninger og mengdelister	17
5.5	Konstruksjonsterminologi	18
6.	Eksisterende løsninger	19
6.1	Løsninger	19
6.2	SINTEF Byggforskserien	20
6.2	Produksjonsmaterialer	21
6.3	Dagens produksjonsutstyr	22
7.	Valgte løsninger	23
7.1	Modellering i FEM-Design	23
7.1.1	Grid og etasjehøyde	23
7.1.2	Elementnett og peak smoothing	25
7.1.3	Kontroll av likevekt i modellen	27
7.1.4	Analysis og Timber design	28
7.1.5	Resultater i tabeller	31
7.1.6	Covers	33
7.2	Alternativ A – FEM-Design 1, uten ønskevegg	34
7.2.1	Grid	34
7.2.2	Etasjeinndeling	34
7.2.3	Innspenning i bunn.....	35
7.2.4	Søyler.....	35
7.2.5	Dekke.....	35
7.2.6	Bærende vegger	35
7.2.7	Skiver.....	36
7.3	Alternativ B – FEM-Design 2, med ønskevegg	37
7.4	Alternativ C – Bindingsverk i FEM-Design, uten ønskevegg	37

7.4.1	Grid.....	37
7.4.2	Etasjeinndeling	37
7.4.3	Innspenning i bunn.....	37
7.4.4	Søyler.....	37
7.4.5	Gulvbjelker, dekket av covers.....	37
7.4.6	Stendere, dekket av covers	37
7.4.7	Skiver.....	38
8.	Dimensjoneringsgrunnlag	39
8.1	Materialer.....	39
8.2	Sikkerhetsfaktorer.....	41
9.	Dimensjonerende laster og krav for bygget	42
9.1	Egenlast.....	42
9.2	Nyttelast	43
9.3	Snølast	43
9.4	Vindlast	44
9.5	Skjevstillingslast	44
9.6	Seismisk last	45
9.7	Andre laster og krav for bygget.....	45
10.	Prosjekteringsgrunnlag	47
10.1	Dimensjonerende lastkombinasjoner.....	47
10.2	Lasttilfeller, lastgrupper og lastkombinasjoner i FEM-Design	47
10.3	Bruddgrensetilstanden	50
10.4	Bruksgrensetilstanden.....	51
11.	Resultater	53
11.1	Tolkning av resultater i FEM-Design	53
11.2	Alternativ A – FEM-Design 1, uten ønskevegg	56
11.2.1	Opplagerkrefter og momenter under skive	57
11.2.2	Dimensjonering av mest belastet skive med FEM-Design.....	58
11.2.3	Dimensjonering av mest belastet søyle med FEM-Design.....	58

11.2.4	Kontroll av kapasitet til skive med størst belastning etter SINTEF Teknisk godkjenning TG 2059 - Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner	59
11.2.5	Forenklet dimensjonering av forbindelsesmidler i skive og søyle etter NS-EN 1995-1-1 9.2.4.2	60
11.3	Alternativ B – FEM-Design 2, med ønskevegg	62
11.3.1	Opplagerkrefter og momenter under skive	63
11.3.2	Dimensjonering av mest belastet skive med FEM-Design.....	64
11.3.3	Dimensjonering av mest belastet søyle med FEM-Design.....	64
11.2.4	Kontroll av kapasitet til skive med størst belastning etter SINTEF Teknisk godkjenning TG 2059 - Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner	65
11.3.5	Forenklet dimensjonering av forbindelsesmidler i skive og søyle etter NS-EN 1995-1-1 9.2.4.2	66
11.4	Alternativ C – Bindingsverk i FEM-Design, uten ønskevegg	66
11.4.1	Dimensjonering av en valgt golvbjelke, og en valgt stender i første etasje .	68
11.5	Resultater for håndberegninger	69
12.	Diskusjon og videre arbeid	72
12.1	Sammenligning av avstivningssystemer	72
12.2	Søyledimensjoner og knutepunkt	72
12.3	Skivedimensjoner og forbindelsesmidler	73
12.4	Golvbjelke- og stenderdimensjon etter alternativ C.....	74
12.5	Håndberegninger.....	75
13.	Konklusjon	76
14.	Kilder.....	77
15.	Vedleggsliste	82

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for valg av fokusområde

I dagens samfunn er miljøpåvirkningene fra byggenæringen store, og det er behov for endring. Ikke bare i brukte materialer, men også produksjonsløsninger som i dag er preaksepterte må gjennomgå en kraftig innovasjonsprosess. Hele 40 prosent av energibruken og klimagassutslippene i verden er knyttet til nettopp byggenæringen, og bærekraftige vurderinger av andre løsninger og materialer vil være sentrale i arbeidet for å senke dette tallet (Standard Norge, 2017).

For å kunne være en del av denne utviklingen av nye og innovative løsninger, ønsket gruppen å jobbe med trekonstruksjoner. «Treprodukter fremstilles ressurseffektivt, med lavt forbruk av fossil energi og høy andel klimanøytral bioenergi i produksjonen. Dette gjør treindustrien til en ren og miljøeffektiv industri sammenlignet med andre alternativer» (Treindustrien, u.å.).

For gruppen var trekonstruksjoner også et naturlig valg på grunn av gruppens ønske om å bli bedre på dimensjonering av trekonstruksjoner. Dette for å videreutvikle kunnskapene fra skoleløpet, og gå fra tenkte, perfekte situasjoner, til virkelige prosjekter hvor ikke det er satt opp fasit på forhånd.

Støren Treindustri AS ble valgt som en samarbeidspartner, da firmaet spesialiserte seg i produksjon av elementbygg og andre ferdige konstruksjonsdeler av trevirke. I tillegg har fokuset i firmaet endret seg; fra å kun omhandle veien fra produksjon til kunde, til å også ha et stort fokus på klima- og miljøperspektivet gjennom produktenes livssyklus. Dette ser man igjen i deres visjon som er formulert slik:

Vår visjon er å arbeide mest mulig i harmoni med miljø og omgivelser. Vi har sterkt fokus på at våre aktiviteter og byggeprosjekter skal gjennomføres med minimale utslipp til jord, luft og vann. Vi skal benytte kun anerkjente og miljøriktige byggematerialer og kjemikalier, og over 90 % av avfall som genereres av vår produksjon sorteres og gjenvinnes. Avkapp og annet ubrukt trevirke blir råstoff til fjernvarme. Miljøgevinsten på byggeplass er bl.a.; mindre transport (varer + personer), sterkt redusert energiforbruk (oppvarming + uttørking) og mindre avfallshåndtering (Støren Treindustri AS, u.å.).

Da det ble kjent for gruppen at Støren Treindustri AS også var involvert som prosjekteiereier i et spennende forskningsprosjekt, ble problemstillingen for selve bacheloroppgaven valgt. Oppgaven ble relativt enkel å formulere, siden forskningsprosjektet inneholdt mange av gruppens ønsker om arbeidsområder. En detaljrik forklaring av bakgrunnen for selve problemstillingen i oppgaven finnes i kapittel 4.

1.2 Formål

Formålet med oppgaven er å komme frem til løsninger og/eller løsningsmetoder som kan være til bruk for Støren Treindustri AS, og for prosjektgruppen å sitte igjen med kunnskap som kan anvendes i lignende fremtidige prosjekter.

Gruppen vil også oppfordre til videre arbeid med modellering og dimensjonering av avstivningssystemer i høye trehus. Spesielt etter metodene beskrevet i prosjektrapporten.

1.3 Problemdefinering

Gruppens problemstilling tar utgangspunkt i Støren Treindustri AS sitt ønske om å bygge trehus opp til 8 etasjer med prefabrikkerte elementer av bindingsverk. I prosjektrapporten vil gruppen gå inn på følgende temaer:

- Hvordan Støren Treindustri AS bygger trekonstruksjoner i dag, og kontroll av to avstivningsmetoder brukt i boligblokker.
- Undersøke om valgte metoder kan hjelpe Støren Treindustri AS med å bygge 8-etasjes trehus i bindingsverk, med utgangspunkt i SWECO Norge AS sin BIM-modell.
(Modellen er utarbeidet i forbindelse med et pågående forskningsprosjekt startet i 2019. Branntekniske beregninger og en vurdering av mulige konstruksjonsprinsipper er allerede utført.)
- Vise hvordan noen viktige konstruksjonsdeler i bygget kan dimensjoneres, både for hånd og ved bruk av digitale hjelpemidler.
- Vurdere utfra selvstendig evaluerte resultater om det er mulig å gjennomføre dette med Støren Treindustri AS sine eksisterende produksjonsløsninger, eller om det må foretas justeringer på konstruksjonen.
- Vurdering av hvor nyttige og relevante resultatene i prosjektrapporten er for Støren Treindustri AS.

1.4 Avvik

Ett avvik ble notert i løpet av prosjektperioden. Dette omhandlet en presisering som ble lagt til under overskriften: Problemdefinering, prosjektbeskrivelse og resultatmål. Dette avviket ble godkjent av intern veileder, og ble sett på som en presisering, uten konsekvenser for oppgavens utførelse.

Med grunnlag i dette svaret, ble avviket ikke lagt ved prosjektbesvarelsen som vedlegg, men det ble lagt i SharePoint med komplett beskrivelse, samt kopi av godkjenning fra veileder.

2. Figurliste

Figur 1: Verkstedgården 1, som bygges av Veidekke, ved inngangen av Q2 2021 (Foto: Prosjektgruppen).....	10
Figur 2: Snitt av eksempelbygget i Archicad 22.	14
Figur 3: Positiv retning snittkrefter	16
Figur 4: Globalt aksesystem.....	16
Figur 5: Lokalt aksesystem	16
Figur 6: Tegning på side 23 i salgsvedlegget til Verkstedgården 2 (Nordr Norge AS mfl., 2021).....	17
Figur 7: Eksempler på prinsipiell oppbygning av vegg-, golv- og takelementer i henhold til TG 2232.	19
Figur 8: Materialspesifikasjoner for Støren Treindustri AS trehuselementer (Skogstad, 2015).....	21
Figur 9: En av Hundegger-maskinene Støren Treindustri AS bruker (Støren Treindustri AS, u.å.).	22
Figur 10: Avstivende skiver plassert på konstruksjonen i SWECO Norge AS sin rapport om konstruksjonsprinsipper (Østvold, 2019).	23
Figur 11: Eksempel på et ferdig grid i FEM-Design som ble brukt i prosjektoppgaven.	24
Figur 12: Axis-funksjonen hvor man bestemmer lengden mellom akselinjer i FEM-Design.	24
Figur 13: Oppbyggingen av etasjehøydene i Verkstedgården i FEM-design.....	25
Figur 14: Moment i x retning i plate uten peak smoothing.	26
Figur 15: Moment i x retning i plate med peak smoothing.....	27
Figur 16: Kontroll av likevekt i FEM-Design	28
Figur 17: Innstillinger brukt under analysen av konstruksjonen.	29
Figur 18: Innstillingene brukt under designprosessen av konstruksjonen.	29
Figur 19: Vinduet hvor man velger resultater man vil se under designprosessen.	30
Figur 20: Materialer programmet kan velge under dimensjoneringen av veggskivene.	31
Figur 21: Innstillinger for produksjon av resultatlister for C.19.1 (Alternativ A)..	32
Figur 22: Innstillinger for produksjon av resultatlister for TP.8 (Alternativ A).	33
Figur 23: Bygningen i alternativ C dekket av Covers.	34
Figur 24: Verdier på innspenningsmomenter i FEM-Design (Fast innspent element).	35
Figur 25: Karakteristiske fastheter og stivhetsmoduler for upusset standard Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner.	36
Figur 26: Materialdata i FEM-Design, justert etter TG 2059.	36
Figur 27: Lasttilfeller i FEM-Design.....	48
Figur 28: Inndeling av lastgrupper i FEM-Design.....	49

Figur 29: Valg av lastfaktorer etter Eurokode i FEM-Design	49
Figur 30: Innstillingene gruppen har brukt for å generere lastkombinasjoner i FEM-Design.	50
Figur 31: Eksempler på lastkombinasjoner i bruddgrensetilstanden i FEM-Design.	51
Figur 32: Eksempler på lastkombinasjoner i bruksgrensetilstanden i FEM-Design.....	52
Figur 33: Hvor de resulterende spenningene befinner seg i plateelementet. (StruSoft, u.å.)	54
Figur 34: Plassering av skiver i konstruksjonen, uten ønskevegger (Østvold, 2019).	56
Figur 35: Reaksjonskrefter under skive TP.8 i positiv retning.	57
Figur 36: Reaksjonskrefter under skive TP.8 i negativ retning.	57
Figur 37: Utnyttelse av skiver i første etasje i alternativ A.	58
Figur 38: Utnyttelse av søyler i første etasje i alternativ A.	59
Figur 39: Opptredende/valgte kant- og endeavstander.....	61
Figur 40: Plassering av skiver i konstruksjonen, med ønskevegger (Østvold, 2019).	62
Figur 41: Reaksjonskrefter under skive TP.8 i positiv retning.	63
Figur 42: Reaksjonskrefter under skive TP.8 i negativ retning.	63
Figur 43: Utnyttelse av skiver i første etasje i alternativ B.	64
Figur 44: Utnyttelse av søyler i første etasje i alternativ B.	65
Figur 45: 3D-visning av bindingsverksmodellen i FEM-Design i alternativ C.....	67
Figur 46: Utnyttelse av noen utvalgte skiver i første etasje i alternativ C.....	68
Figur 47: Utnyttelse av en valgt golvslike, og en valgt stender i første etasje i alternativ C.	69

3. Tabelliste

Tabell 1: Materialfasthetene til kryssfiner.	39
Tabell 2: Relevant materialdata for limtre GL32c.	40
Tabell 3: Relevant materialdata for konstruksjonsvirke med kvalitet C30.	41
Tabell 4: Egenlast per kvadratmeter av de ulike bygningsdelene.	42
Tabell 5: Total egenlast i hver etasje, og totalt for hele konstruksjonen.	42
Tabell 6: Gjennomsnittlig egenlast per kvadratmeter brukt i FEM-Design.	43
Tabell 7: Nyttelaster på konstruksjonen.	43
Tabell 8: Verdier for beregning av snølast etter Eurokode.	44
Tabell 9: Verdier for beregning av vindkraft etter Eurokode.	44
Tabell 10: Relevant informasjon fra Tabell NA.A1.2.(B) i NS-EN 1990 (Standard Norge, 2016).	47
Tabell 11: Kontroll av skive TP.8 (Alternativ A) utfra kapasiteter/fastheter i TG 2059.	60
Tabell 12: Kontroll av skive TP.8 (Alternativ B) utfra kapasiteter/fastheter i TG 2059.	66

4. Bakgrunn for valgt prosjektoppgave

4.1 Orientering

Etter prosjektgruppen ble etablert, ble det så raskt som mulig arrangert et møte for å finne en samarbeidsbedrift. Gruppen ble enige om at trekonstruksjoner ville være det temaet som ble mest interessant, siden begge ser på tre som et viktig materiale i fremtiden og muligheten til å lære mer om hvordan dimensjonering av trekonstruksjoner fungerer i praksis.

Gruppen satte opp et Excel-ark med bedrifter som var aktuelle, kontaktinformasjonen deres og eventuelle svar. Totalt ble det sendt ut 17 e-poster til relevante bedrifter, hvorav to hadde kapasitet til å inngå et samarbeid. E-postene inneholdt informasjon om bakgrunnen til gruppen, hvorfor bedriften virket interessant, hvilket tema gruppen kunne tenkt seg å jobbe med og motivasjon for oppgaven. Til slutt inngikk prosjektgruppen et endelig samarbeid med Støren Treindustri AS, i starten av januar 2021.

Støren Treindustri AS har sitt hovedkontor på Støren, med kontorplasser i Oslo og i Trondheim. De har lang erfaring med fabrikasjon av precut-hus, bygningselementer og takstoler. I dag har fokuset endret seg; fra å kun omhandle veien fra produksjon til kunde, til å også ha et stort fokus på klima- og miljøperspektivet gjennom produktenes livssyklus. Kapasiteten deres i dag er på ca. 1000 boenheter og 80 000 takstoler i året. (Støren Treindustri AS, u.å.)

Gruppens første møte om den endelige oppgaven fant sted på Microsoft Teams i januar 2021. Til stede var intern veileder, gruppemedlemmene og oppdragsgivers kontaktperson. Under dette møtet gjorde firmaet seg kjent og fortalte hva firmaet drev med for øyeblikket, og hvor det var mulig å bidra i forskningsprosjektet deres.

Det neste møtet omhandlet videre problemdefinering av oppgaven, og hva som konkret måtte gjøres i forbindelse med forprosjektet. Det ble avtalt at gruppen selv skulle definere problemstillingen, for så å få en endelig tilbakemelding på forprosjektet den 5. februar 2021.

Etter dette siste gruppemøtet med intern veileder, ble forprosjektet ferdiggjort og levert.

4.2 Organisering

Organiseringen for prosjektarbeidet startet høsten 2020. Prosjektgruppen består av Karsten Braastad og Kasper Berg Skreien. Gruppemedlemmene er begge studenter ved linjen for konstruksjonsteknikk, og har arbeidet mye sammen på gruppeprosjekter og øvinger i de foregående fem semestrene.

Karsten Braastad, e-post: karstebr@stud.ntnu.no, tlf: 922 54 944

Kasper Berg Skreien, e-post: kaspersk@stud.ntnu.no, tlf: 910 06 121

Internt fikk gruppen tildelt Per Otto Yttervoll som veileder. Han er sivilingeniør med hovedfag i statikk, og har lang undervisningserfaring innenfor blant annet trekonstruksjoner, som er gruppens hovedfokus på prosjektoppgaven.

Per Otto Yttervoll, e-post: per.o.yttervoll@ntnu.no, tlf: 735 59 534

Eksternt kom gruppen, høsten 2020 i kontakt med Per Gunnar Nordløykken, ved Støren Treindustri AS. Han er ansatt som teknisk sjef, og har gjennom flere år jobbet med flere relevante studentprosjekter.

Per Gunnar Nordløykken, e-post: per.gunnar.nordlokken@sti-as.no, tlf: 976 67 438

4.3 Forskningsprosjekt

4.3.1 Bakgrunn for prosjektet

Støren Treindustri AS har i dag Teknisk Godkjenning (TG 2232) fra SINTEF Certification på elementene sine (Vedlegg C.1). Godkjenningen skal sikre at produktene som leveres har god kvalitet, oppfyller krav, og har tilstrekkelig styrke som kundene bestiller (Skogstad, 2015). Selv om denne tekniske godkjenningen gikk ut i 2020, ble den brukt under prosjektarbeidet siden det ikke finnes en oppdatert versjon. Støren Treindustri AS er også et sentralt godkjent foretak innenfor flere områder av Direktoratet for byggkvalitet (Direktoratet for byggkvalitet, 2018).

Det disse godkjenningene ikke gir, er bevis for at elementene kan benyttes i høye trehus. Med høye trehus menes det elementbygg med til og med åtte etasjer som er mye høyere enn Støren Treindustri AS sin maksimale kapasitet i dag på fire etasjer.

Ønsket om å bygge høyere, og dermed bli mer konkurransedyktige i urbane strøk, ble bakgrunnen for at Støren Treindustri AS startet et forskningsprosjekt på dette området. Flere spørsmål oppstod underveis, og det er disse spørsmålene som også ble grunnlaget for denne oppgaven. Er det mulig å bygge elementbygg etter bindingsverksprinsippet opp til åtte etasjer, eller må andre konstruksjonsprinsipper brukes?

Forskningsprosjektet ble offisielt startet i 2019, og er hovedsakelig et samarbeid mellom Støren Treindustri AS og SINTEF. Støren Treindustri AS har posisjon som eier av prosjektet, og det er dem som har fått tildelt midler til prosjektet fra Forskningsrådet. SINTEF på den andre siden har rolle som forskningspartner. Ved SINTEF er det Anders Homb som er prosjektleder.

Det er også andre aktører som har rollen som bedriftspartnere i forskningsprosjektet. Disse firmaene er Veidekke og Kjelstad Trelast.

De siste som er involvert med forskningsprosjektet er innleide aktører som jobber med trekonstruksjoner. Disse tilbyr tjenester som er relevant for prosjektarbeidet. SWECO Norge AS, NTNU Wood og Norsk Treteknisk Institutt er eksempler på slike eksterne aktører.

4.3.2 Rapporter fra SWECO Norge AS

For denne prosjektoppgaven har rapporter, utarbeidet av SWECO Norge AS vært sentrale for arbeidet. Disse ble utarbeidet under første år av forskningsprosjektet, og tar utgangspunkt i et eksisterende boligblokkprosjekt. Bygget i dette «pilotprosjektet», kalt Verkstedgården, blir utviklet og bygget av Veidekke Eiendom. IFC-modellen av Verkstedgården, som ble gitt av Veidekke Eiendom til SWECO Norge AS, gav noen føringer for hva et slikt bygg må inneholde av avstivende komponenter og vekt for å ivareta dynamikk og statikk. Det ble gjort vurderinger av konstruksjonsprinsipper og brannegenskaper i rapportene til SWECO Norge AS, som prosjektgruppen fikk tilgang til. Bygget er av åtte etasjer, som gjør at prosjektoppgaven også diskuterer ett bygg med åtte etasjer.

Verkstedgården 1, som eksempelbygget heter, skal ferdigstilles i løpet av sommeren 2021 (se figur 1). Veidekke Eiendom har i løpet av forskningsprosjektet blitt solgt, og byttet navn til Nordr.



Figur 1: Verkstedgården 1, som bygges av Veidekke, ved inngangen av Q2 2021 (Foto: Prosjektgruppen).

Den første rapporten tok for seg den bærende konstruksjonen. Avstivningssystemets plassering i to ulike tilfeller og dimensjoner på ulike bygningsdeler, ble begge viktige for at gruppen skulle klare å modellere rettest mulig i FEM-Design. Viktige deler fra rapporten som omhandler konstruksjonsprinsippene i veggelementene ble også fulgt:

Det anbefales å tilpasse bygget til et element som går igjen i hele bygget. Dette har med oppbygningen av elementer og muligheten til å lage flere prinsipielt like elementer. Vegger får stendere og dekkene blir utført som bjelkelag. At bygget er så høyt som 8 etasjer gjør imidlertid sitt til at dimensjoner i de ulike komponentene blir større og med mindre senteravstand enn det som brukes i mer tradisjonelle bindingsverkskonstruksjoner. Bærende innervegger som er ment som skillevegger er tilnærmet normale stendervegger, mens bærende yttervegger bør utføres som et limtre bjelke/søyle-system siden vinduer og dører utgjør en stor del av fasaden at kraftoverføringen i stor grad vil være enklest løst med søyler og bjelker (Østvold, 2019).

Disse prinsippene ble videreført under dimensjoneringen og modelleringen i FEM-Design (se kapittel 7.1).

Den andre rapporten tar for seg brannegenskapene til bygget. Den mest utsatte leiligheten ble her vurdert, så for å være på den trygge siden, tar modellen i FEM-Design

utgangspunkt i at alle vegg- og dekketykkelser er lik denne i hver etasje. En kommentar til konklusjonen i brannrapporten finnes i kapittel 9.7.

Grunnet salget av Veidekke Eiendom, og tiden en publiseringsavtale vil ta, er ikke disse to rapportene lagt ved prosjektrapporten.

4.3.3 Forskningsprosjekt-workshop

For å få se hvordan man i arbeidslivet håndterer utfordrende og innovative prosjekter, fikk gruppen være med på en workshop i forbindelse med forskningsprosjektet. Her var blant annet flere av avdelingssjefene på Støren Treindustri AS, NTNU Wood og SINTEF til stede.

Under workshopen ble det diskutert parametrisk design i tillegg til viktigheten av å koble datasystemene i produksjonen sammen for å oppnå god flyt i arbeidet. Parametrisk design var et tema under møtet, siden forskningsprosjektet også omhandler mulighetene av å bruke dette i kompleks elementproduksjon. Programmering i Grasshopper 3D ble brukt for å gi visuelle eksempler på parametrisk design, og det ble diskutert goder og onder ved å designe på denne måten. ArchiFrame og muligheten for å forbedre styring av dagens CNC-maskiner ble også tatt opp.

Temaene var i tillegg relevante for prosjektoppgaven, siden gruppen fikk dypere innblikk innstillingen man må gå inn med når komplekse modeller skal lages tidlig i et prosjekt.

4.4 Innovativ byggemetode

Å bygge en konstruksjon i tre vil by på flere utfordringer. Konstruksjonen blir tung fordi det ofte kreves større dimensjoner for å oppfylle dimensjoneringskravene. Dette som følge av at treverk er svakere rent styrke- og stivhetsmessig enn materialer som stål, men fordelen med trevirke, og da spesielt limtre og kryssfiner, er det lave klimagassutslippet. I en verden med kontinuerlig økning av klimagassutslipp og forurensing, er det viktig at det gjøres tiltak for å redusere disse utslippene. Byggebransjen står i dag til ansvar for ca. 11 prosent av klimagassutslippene, men hvis man regner med alle indirekte utslipp går tallet opp til ca. 40 prosent (International Energy Agency, 2018).

Ved å bygge med fokus på miljøvennlige materialer og gjenbruk vil det være med på å redusere disse klimagassutslippene. Det har i senere år begynt å dukke opp stadig flere høye og innovative trehus, ofte konstruert i massivtre. Gode eksempler på høye trehus er de nye studentboligene på Moholt i Trondheim og Mjøstårnet. Mjøstårnet er i skrivende stund verdens høyeste trehus.

Mjøstårnet er nyskapende og innovativt i det å være verdens høyeste boligbygning i tre, og den viser at det kan bygges konstruksjoner av tre i konkurransedyktige høyder. Mjøstårnet består for det meste av limtre, og er konstruert med store limtretragere som går på skrå hele vegen opp bygningen i et fagverkssystem. De prefabrickerte dekkelementene består av massivtre.

Gruppens konstruksjon skal etter ønsket utføres som en skive/plate løsning av bindingsverkselementer. Dette er en metode som enda ikke er prøvd ut i så høye trehus. Ved å kunne konstruere på denne måten, vil Støren Treindustri kunne bli konkurransedyktige på flere prosjekter, og ledende innen elementbygg av bindingsverk.

5. Teori og bakgrunnsstoff

5.1 Forutsetninger for oppgaven

Denne oppgaven tar for seg de utfordringene som er knyttet til konstruksjon og dimensjonering av bygningsdeler i høye trehus. Det er en rekke utfordringer knyttet til brannmotstand og lydisolering i slike bygninger som ikke er tatt hensyn til i denne oppgaven. Det er også tatt utgangspunkt i det faktum at skivene er gjennomgående for hele konstruksjonen. Det vil i praksis kunne by på utfordringer både fordi de må skjøtes, og at konstruksjonen vil i praksis ha vinduer som er plassert slik at det ikke lar seg gjennomføre med gjennomgående plate.

Det står allerede et bygg på tomten, som vil bli nabobygningen til bygget i denne oppgaven. Det bygget er konstruert i stål og betong, men det har samme estetiske uttrykk (se kapittel 4.3.2).

Leilighetene i bygget er allerede lagt ut for salg, noe som betyr at rominndeling og utforming er fastsatt, og bygget må prosjekteres med hensyn til disse parameterne. Prosjektet heter nye Lilleby og har som formål å være et "grønt sentrum" i Trondheim.

5.2 Programvare

5.2.1 Archicad 22

BIM-verktøy fra GRAPHISOFT ble brukt til å utarbeide arbeidstegninger for konstruksjonen, og mengde- og areallister for byggematerialene. IFC-modellen gruppen fikk tilgang til, ble i dette programmet gjort om til en PLN-prosjektfil som kunne redigeres mer nøyaktig enn i Solibri Anywhere. All programmering og lokale tilpasninger i henhold til Norsk Standard (NS) utvikles og håndteres av GRAPHISOFT Norge og blir installert automatisk med programmet for alle kunder, studenter og lærere. (GRAPHISOFT Norge, u.å.)

Ved å bruke snittfunksjonen kunne gruppen også se hvordan veggene er koblet mellom etasjene (Se figur 2).



Figur 2: Snitt av eksempelbygget i Archicad 22.

5.2.2 Solibri Anywhere

«Solibri Anywhere sammenstiller alle modellene fra forskjellige fagområder for svært avansert modellsjekking og kvalitetssikring» (GRAPHISOFT Norge, u.å.) Programmet kan lese IFC- og openBIM-filer. Gjennom prosjektet har programmet blitt brukt til grov kontroll av mål, og for å enkelt studere modellen i 3D.

5.2.3 MathCAD Prime 3.1

Beregningsprogram fra PTC som har blitt brukt til beregning av laster, dimensjonering for hånd og sortering av informasjon i prosjektet. «MathCAD inneholder noen av mulighetene i et algebrasystem, men er i stor grad orientert mot brukervennlighet og dokumentasjon av numeriske ingeniørapplikasjoner» (NTNU, u.å.).

5.2.4 Microsoft Office

Microsoft Word har gjennom prosjektet blitt benyttet som tekstbehandlingsprogram for prosjektbesvarelsen og generelle notater. Microsoft Excel har blitt brukt for å utarbeide regneark og andre numeriske analyser. Microsoft SharePoint er en skylagringstjeneste og samarbeidsplattform som gruppen har brukt for å dele alt av arbeid gjennom hele prosjektperioden. SharePoint gjorde det også mulig for gruppemedlemmene å redigere applikasjoner samtidig.

5.2.5 FEM-Design

FEM-Design fra StruSoft er et analyseprogram som baserer seg på elementmetoden (Finite Element Method). Programmet dimensjonerer betong-, tre- og stålkonstruksjoner i henhold til Eurokode og Norsk Standard. (StruSoft, u.å.) Gjennom prosjektarbeidet har FEM-Design blitt brukt til å modellere byggets bærende elementer, sette på laster og lastkombinasjoner og til analyse av den ferdige modellen.

Figurer med bilder fra FEM-Design som ikke er merket med en kilde, er alle utarbeidet av gruppemedlemmene underveis i prosjektet.

5.3 Grunnlagsdata

5.3.1 Data for boligbygget

- Land: Norge
- Fylke: Trøndelag
- Kommune: Trondheim
- By: Trondheim
- Kommunenummer: 5001
- Gårdsnummer: 415
- Bruksnummer: 282
- Postnummer: 7066
- Område: Lade, Lilleby
- Tomt: Verkstedgården 2 (Ladebekken 13)
- Type: Grunneiendom
- Koordinater: EUR89, UTM-sone 33: NORD, 7043006.65ØST, 272738.56

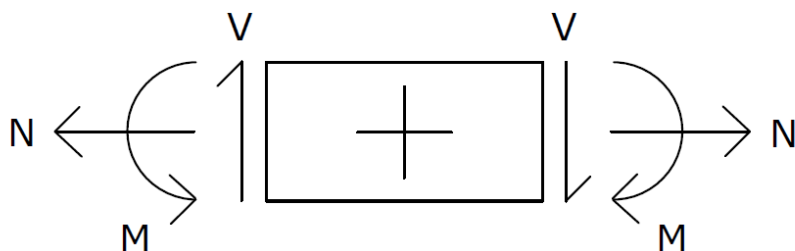
(Statens kartverk, u.å.)

- Klimaklasse: 2
- Pålitelighetsklasse (CC/RC): 2
- Planlagt høyde over havnivå, Plan 1: 14.0 moh. (Nordr Norge AS mfl., 2021)
- Takvinkel: 0° (Flatt, kompakt tak)
- Antall etasjer: 8
- Terrengkategori IV

Pålitelighetsklasse er valgt etter NS-EN 1990 NA.A1(901) (Standard Norge, 2016), terrengkategori er valgt etter NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009 (Standard Norge, 2009), NA.4.1 og klimaklasse er valgt etter NS-EN 1995-1-1 2.3.1.3 (Standard Norge, 2010).

5.3.2 Snittkrefter

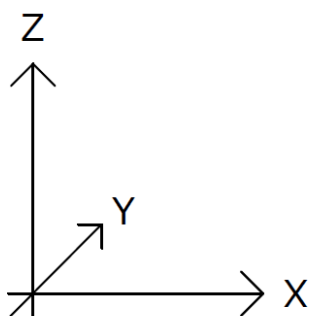
De positive retningene til snittkreftene i høyre og venstre bjelkehalvdel som er brukt i beregningene (se figur 3).



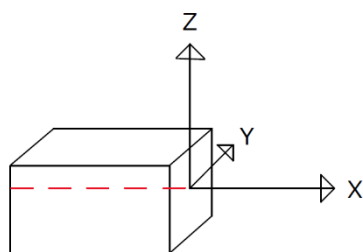
Figur 3: Positiv retning snittkrefter

5.3.3 Aksesystem

Retningene det globale og lokale aksesystemet peker mot som er vist på figur 4 og 5.



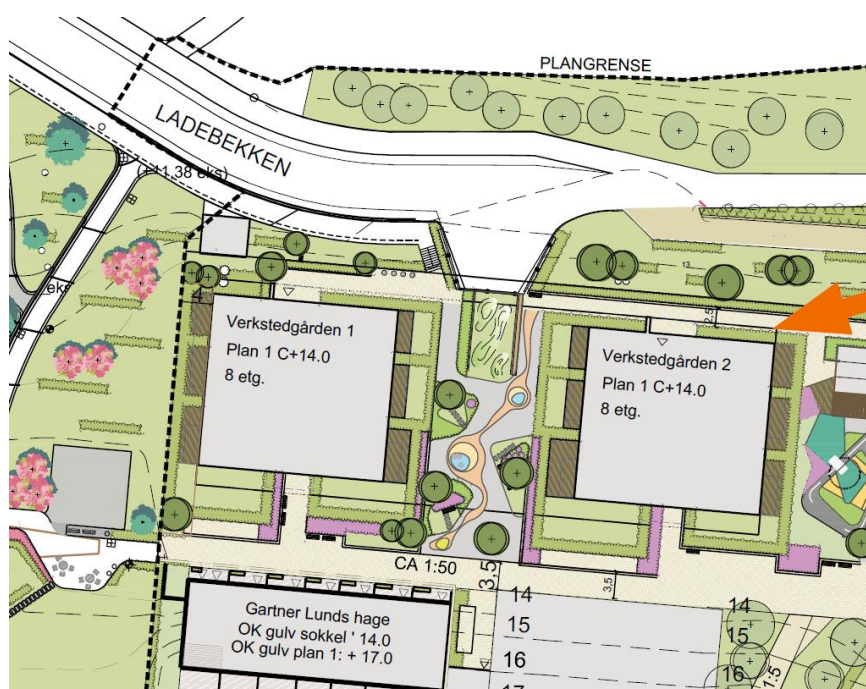
Figur 4: Globalt aksesystem



Figur 5: Lokalt aksesystem

5.4 Tegninger og mengdelister

Ved å importere IFC-modellen av Verkstedgården, gitt til gruppen av Støren Treindustri AS, inn i Archicad, kunne gruppen få et mer nøyaktig bilde av detaljene i konstruksjonen, enn med å bruke Solibri Anywhere. Deler av tiden ble så brukt til å forstå valgene som hadde blitt tatt under produksjonen av modellen. I tillegg måtte gruppen lære hvordan man kunne produsere tegninger og mengdelister som var relevante, av høy kvalitet og med god nøyaktighet. For plantegningene og fasadetegningene ble den største utfordringen å finne himmelretninger i tillegg til de rette størrelsene på arealene. Salgsvedlegget til byggeprosjektet i Lilleby ble brukt for å finne de rette himmelretningene, i tillegg til å finne høyden over havet i plan 1 (Se kap. 5.3.1).



Figur 6: Tegning på side 23 i salgsvedlegget til Verkstedgården 2 (Nordre Norge AS mfl., 2021).

Tegninger og mengdelister i vedleggsrapporten (Vedlegg D.1-D.8):

- D.1 - Plantegninger: 9 målsatte plantegninger for alle etasjer, inkludert takplan.
- D.2 - Fasadetegninger: 4 fasadetegninger med byggets høyde, samt høyde på parapet og himmelretninger.
- D.3 - Snittegning: 1 målsatt snittegning av bygget med etasjehøyder.
- D.4 - Mengdebeskrivelse – **Dekker og tak**: 1 tegning med liste som inneholder laginformasjon, etasjeinformasjon, elementinformasjon, bruker ID, bredde/tykkelse, høyde, arealer og volumer for dekke, balkong og- takelementer

- D.5 - Mengdebeskrivelse – **Gulvarealer**: 1 tegning med liste som inneholder etasjeinformasjon, romtype, høyde, omkrets og arealer for soneinndelingen i modellen.
- D.6 - Mengdebeskrivelse – **Bærende innervegger**: 1 tegning med liste som inneholder laginformasjon, etasjeinformasjon, elementinformasjon, bruker ID, bredde/tykkelse, høyde, arealer og volumer for bærende innerveggselementer.
- D.7 - Mengdebeskrivelse – **Ikke-bærende innervegger**: 1 tegning med liste som inneholder laginformasjon, etasjeinformasjon, elementinformasjon, bruker ID, bredde/tykkelse, høyde, arealer og volumer for ikke-bærende innerveggselementer.
- D.8 - Mengdebeskrivelse – **Bærende yttervegger**: 1 tegning med liste som inneholder laginformasjon, etasjeinformasjon, elementinformasjon, bruker ID, bredde/tykkelse, høyde, arealer og volumer for bærende ytterveggselementer.
- **Totalt**: 19 tegninger og mengdelister i vedleggsrapporten

Alle tegninger og mengdelister ble kontrollert av hele gruppen for å kvalitetssikre arbeidet.

5.5 Konstruksjonsterminologi

I denne rapporten skrives det mye om både skiver og plater. Definisjonen på de forskjellige, som brukes i rapporten, er:

- En plate er et system som tar opp krefter som virker normalt på planet.
- Skiver tar opp krefter som virker vinkelrett på planet til elementet.

I rapporten er det også sentralt å skille mellom elementer og moduler når det kommer til prefabrikasjon av bygninger. Betegnelsen elementer beskriver prefabrikkerte konstruksjonselementer som kan settes sammen til elementbygg på byggeplass, mens moduler er ferdige konstruksjonsdeler som bare sammenføres på byggeplass. For eksempel er en prefabrikkert vegg sett på som ett element, mens en modul kan være en ferdig leilighet med alle konstruksjonselementer satt sammen på fabrikk.

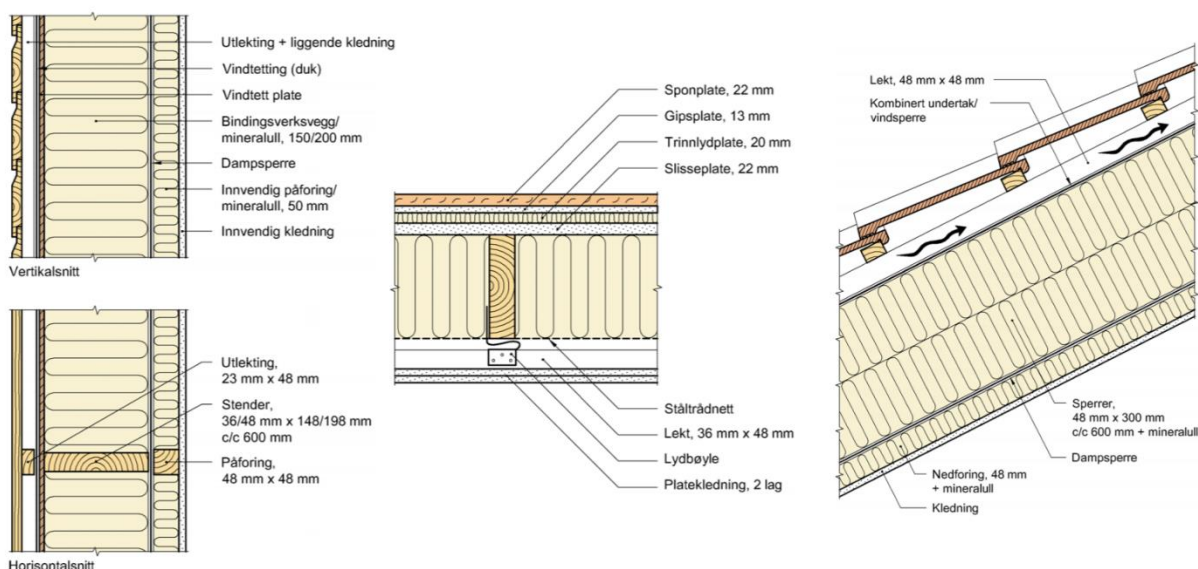
6. Eksisterende løsninger

For å finne eksisterende løsninger og metoder for utførelse, har gruppen brukt flere verktøy og kilder under prosjektarbeidet. En beskrivelse av disse, i tillegg til hva gruppen har funnet ut om eksisterende løsninger er skildret i kapittel 6.

6.1 Løsninger

Som beskrevet i kapittel 4.3.1, er det SINTEF TG 2232 som sikrer at elementene til Støren Treindustri AS kan brukes i gitte situasjoner. Denne godkjenningen omfatter konstruksjoner til yttervegger, etasjeskillere, tak og leilighetsskillevegger av tre, produsert som prefabrikkerte elementer. Vinduer, dører, tekniske installasjoner, overflatematerialer og supplerende konstruksjoner dekkes ikke av TG 2232. For prosjektoppgaven har ikke dette betydning, siden ingen av disse delene inngår i oppgaven.

Løsningene/figurene gitt i rapporten er prinsipielle, med mulighet for noe modifikasjon av materialer og dimensjoner. Felles for løsningene er at alle tilfredsstiller krav til produktdokumentasjon i henhold til Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK) og Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10), for de egenskaper, bruksområder og betingelser for bruk.



Figur 7: Eksempler på prinsipiell oppbygning av vegg-, golv- og takelementer i henhold til TG 2232.

Ulike elementer blir levert i ulik grad av ferdiggjørelse. Dette blir for hver bestilling vurdert på forhånd av Støren Treindustri AS. Under er det beskrevet hvordan monteringen vanligvis fordeler seg på fabrikk og byggeplass for de ulike elementene:

På byggeplass blir ferdige veggelementer levert med utvendig kledning, vindsperre, mineralullisolasjon, og vinduer og dører. Eneste som gjenstår å montere på byggeplass er da dampsperre, påføring og innvendig kledning (Skogstad, 2015).

Bjelkelagselementer over kryperom leveres vanligvis ferdig fra fabrikk. Øvrige bjelkelag leveres normalt med bjelker og undergolv ferdig montert. Øvrig komplettering gjøres på byggeplass (Skogstad, 2015).

For skillevegger mellom leiligheter leveres elementene til byggeplass med mineralullisolasjon og ett lag platekledning. Det andre laget med plater monteres på byggeplass. Plastfolie er innlagt på de deler av veggen som vender mot det fri eller mot kaldt loft pga. forskyvninger i husrekken (Skogstad, 2015).

Takelementer leveres fra fabrikk med sløyfer og lekter og kombinert undertak og vindsperre. Mineralull, dampsperre, nedføring og innvendig kledning monteres normalt på byggeplass (Skogstad, 2015).

Vindavstivning er ikke mye diskutert i TG 2232, bortsett fra at det blir fastsatt at ytterveggene anses å fungere som tilfredsstillende vindavstivning i veggplanet for småhus i maks. to etasjer. Vindavstivning var derfor et naturlig tema å ha som fokus i prosjektoppgaven.

6.2 SINTEF Byggforskserien

Byggforskserien er et oppslagsverk av dokumenterte løsninger og anbefalinger for prosjektering, utførelse og forvaltning av bygninger. Alle løsninger som man finner på byggforsk kan brukes i hele Norge siden de oppfyller krav i byggteknisk forskrift (TEK). Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) fremmer også bruk av Byggforskserien i prosjekter.

Fordelene ved å bruke Byggforskserien er mange, men viktigst er det faktum at alle anvisningene er godkjent for bruk, og inkluderer eksempler som kan bearbeides til å passe inn i det enkelte prosjektet det jobbes med. I tillegg kan alle foreslå nye temaer til Byggforskserien. Forslag som kommer utenfra, blir tatt vel imot og oppfattes som viktig respons på Byggforskserien (SINTEF, u.å.).

Gjennom prosjektoppgaven har Byggforskserien vært ett viktig oppslagsverk for å kunne visualisere løsninger, lære hvordan konstruksjoner er bygd opp og for å se eksempler på dimensjoneringen av enkelte konstruksjonsdeler. Et eksempel på hvordan Byggforskserien har blitt brukt i prosjektoppgaven finnes i kapittel 9.1, hvor egenlasten til konstruksjonen blir bestemt.

6.2 Produksjonsmaterialer

For å produsere veldokumenterte bygningselementer av god kvalitet, er kvalitetssikring av brukte materialer viktig. Materialer som brukes i elementproduksjonen til Støren Treindustri AS er vist på figur 8.

Komponent	Spesifikasjon (Ikke spesifiserte materialdimensjoner skal være angitt i produktbeskrivelse eller i samlingen av konstruksjonsdetaljer.)
Trevirke i vegger	Konstruksjonsvirke iht. NS-EN 14081. Fasthetsklasse min. C18 iht. NS-EN 338. Fuktinnhold maks 18 % K-stenderen iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2535
Bjelkelag	Konstruksjonsvirke iht. NS-EN 14081. Fasthetsklasse min. C18 iht. NS-EN 338. Fuktinnhold maks 18 % 19 mm x 123 mm bord mot kryperom, kobberimpregneret, NS-merket klasse AB I-bjelker iht. SINTEF Teknisk Godkjenning K-bjelker iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2365 Splittet limtre iht. NS-EN 14080
Taksperrer	Konstruksjonsvirke iht. NS-EN 14081. Fasthetsklasse min. C18 iht. NS-EN 338. Fuktinnhold maks 18 % I-bjelker iht. SINTEF Teknisk Godkjenning K-bjelker iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2365 Splittet limtre iht. NS-EN 14080
Utvendig kledning	19/22 mm x 148 mm eller 19/22 mm x 173 mm liggende eller stående trekledning iht. klasse A i NS-EN 14519/NS-EN 15146 og kvalitetsklasse 1 i SN/TS 3186
Undergolv	22 mm fuktbestandige sponplater som tilfredsstiller kravene til golvplater i NS-EN 13986 22 mm slissegolv iht. SINTEF Teknisk Godkjenning
Gipsplater i golv	13 mm gipsplater type A iht. NS-EN 520
Trinnlydplater	20 mm Glava trinnlydplater
Vindsperre i yttervegger	9,5 mm gipsplate type E H2 iht. NS-EN 520 12 mm Hunton Vindtett trefiberplater iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2002 25 mm Hunton Vindtett trefiberplater 9,5 mm Norgips GU-X iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2418 Icopal Windbreak Vindsperre iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2392
Vindsperre i etasjeskillere	12 mm Hunton Vindtett trefiberplater iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2002 mot kryperom
Kombinert undertak og vindsperre i takelementer	Icopal Brettex iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2058, eller tilsvarende med egenskaper dokumentert gjennom separat SINTEF Teknisk Godkjenning for produktet
Varmeisolasjon	Mineralull iht. NS-EN 13162, med deklartert varmekonduktivitet $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(mK)}$ eller $0,040 \text{ W/(mK)}$
Innvendig kledning	13 mm gipsplater type A iht. NS-EN 520 12 mm sponplater type P1 iht. NS-EN 13986 med formaldehydklasse E1
Dampsperre	0,15 mm aldringsbestandig polyetylenfolie iht. NS-EN 13984
Lim	Trelim Bostik 700
Fugebånd	Ekspanderende fugebånd type CC-Fönsterdrev iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 20023
Festemidler	Spiker og skruer iht. NS-EN 14592. Forbindelsesmidlene skal ha tilfredsstillende korrosjonsbeskyttelse. Forbindelsesmidler til utvendig bruk skal minimum være varmforsinket iht. NS-EN ISO 1461, eller ha tilsvarende korrosjonsmotstand
Lydbøyle	Rockwool Lydbøyle eller Glava Lydreduksjonsbøyle
Vinduer/Dører	Vinduer og dører som monteres i elementene er ikke dekket av denne godkjenningen, men skal tilfredsstille krav til varmeisolasjon og tetthet som angitt i TEK

Figur 8: Materialspesifikasjoner for Støren Treindustri AS trehuselementer (Skogstad, 2015).

For prosjektoppgaven ble radene med informasjon om trevirke viktigst. All trelast brukt i elementproduksjon hos Støren Treindustri AS er i henhold til Norsk Standard og/eller SINTEF Teknisk Godkjenning. Dimensjoner er også nevnt i tabellen, men på grunn av at konstruksjonen i prosjektet er i flere etasjer enn det som er lov til i godkjenningen, er dimensjonene valgt i henhold til egne dimensjoneringer og rapportene fra SWECO Norge AS (se kapittel 4.3.2).

6.3 Dagens produksjonsutstyr

Elementproduksjonen til Støren Treindustri AS er i dag i stor grad industrialisert, med maskiner/roboter som gjør store deler av jobben på produksjonslinjene. Montering av mindre konstruksjonsdeler, som for eksempel et terrassedekke, gjøres som regel for hånd.

For å sikre høy kapasitet, kapper de trelasten i tre CNC-maskiner fra Hundegger. Maskinene får kappinformasjon fra en ferdigkodet datafil knyttet produktet som skal produseres. Ferdiggjort trevirke blir så lastet videre i neste produksjonslinje.

I denne neste produksjonslinjen blir selve elementene bygget. Støren Treindustri AS kan på denne måten produsere blant annet yttervegger, dekker og takstoler. Montering er også her industrialisert, med en maskin fra WEINMANN som benyttes i denne delen av produksjonen. Gruppens eksterne veileder ved Støren Treindustri AS fortalte at denne maskinen produserer i snitt ca. 60 meter med veggelementer hver dag.



Figur 9: En av Hundegger-maskinene Støren Treindustri AS bruker (Støren Treindustri AS, u.å.).

Maksimal høyde på disse elementene er ca. 3,2 meter, mens maksimal lengde er ca. 12,0 meter. Målene kan gjøres mindre, men ikke større, siden elementene må kunne fraktes med lastebiler. Materialene kan også varieres utfra prosjektet det jobbes med. For eksempel er det ofte nødvendig å bruke limtresøyler veggelementene. Slik fleksibilitet gir muligheter for produksjon av den typen gruppen foreslår i denne rapporten.

7. Valgte løsninger

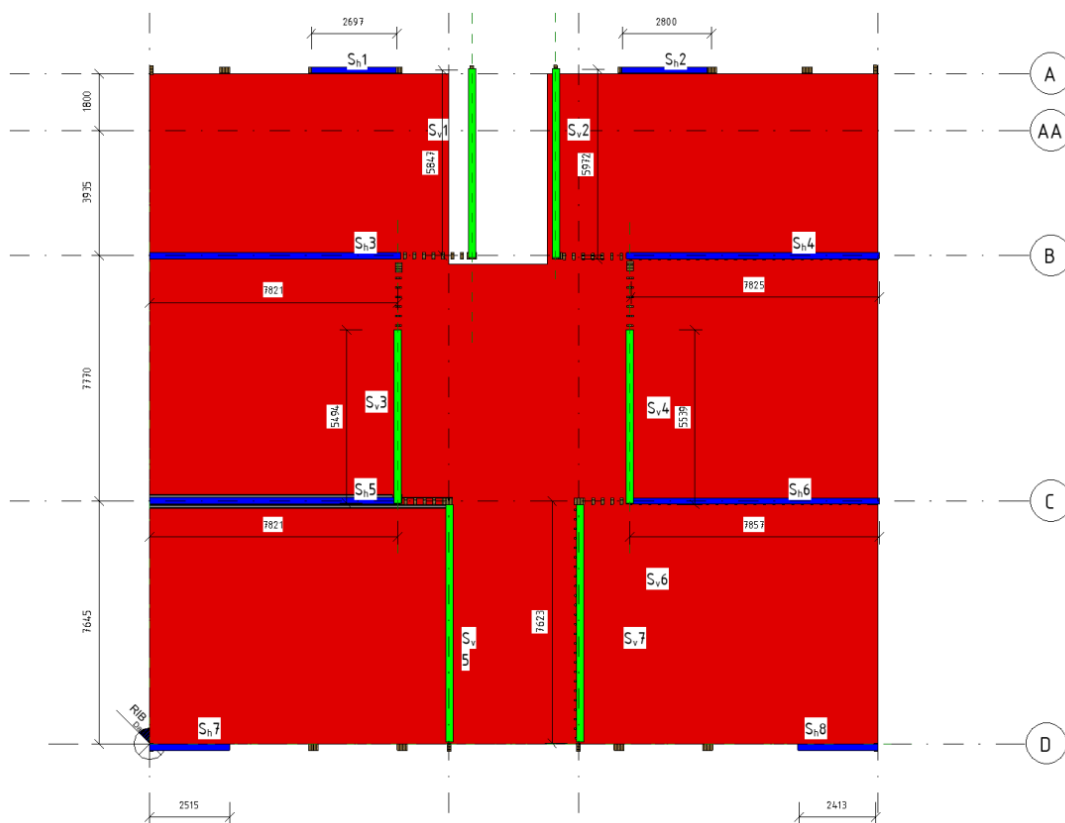
7.1 Modellering i FEM-Design

7.1.1 Grid og etasjehøyde

For å gjøre de ulike modellene i prosjektoppgaven så like som mulig, er det viktig å bygge opp et godt aksesystem (grid) i FEM-Design. Denne funksjonen heter Axis og ligger under fanen Structure. Man kan i dette verktøyet velge prefiks på akselinjene, lengder mellom linjene samt om nummereringen skal være alfabetisk eller numerisk.

I prosjektoppgaven har gruppen tatt utgangspunkt i senterlinjer i de bærende veggelementene og enden av ytterveggene i Archicad-modellen for å bygge opp aksesystemet.

Skiveplasseringene som er brukt i prosjektoppgaven er hentet fra SWECO Norge AS sin rapport for konstruksjonsprinsipper i Verkstedgården (se figur 10).



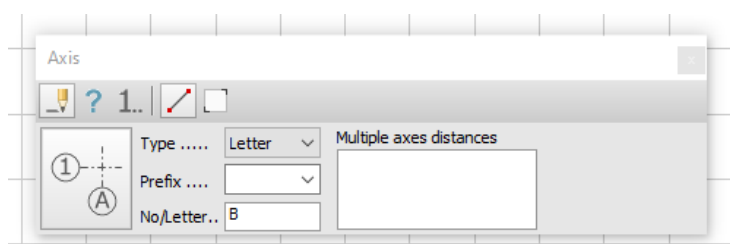
Figur 10: Avstivende skiver plassert på konstruksjonen i SWECO Norge AS sin rapport om konstruksjonsprinsipper (Østvold, 2019).

Små forskjeller i lengdene mellom linjene kan godt tas, siden gruppelemmene ikke kunne jobbe i samme modell samtidig, og at prosjektoppgaven krevde at flere typer FEM-

Design modeller ble laget samtidig under prosjektarbeidet. Et eksempel på hvordan et slikt aksesystem ble, finnes på figur 11.



Figur 11: Eksempel på et ferdig grid i FEM-Design som ble brukt i prosjektoppgaven.

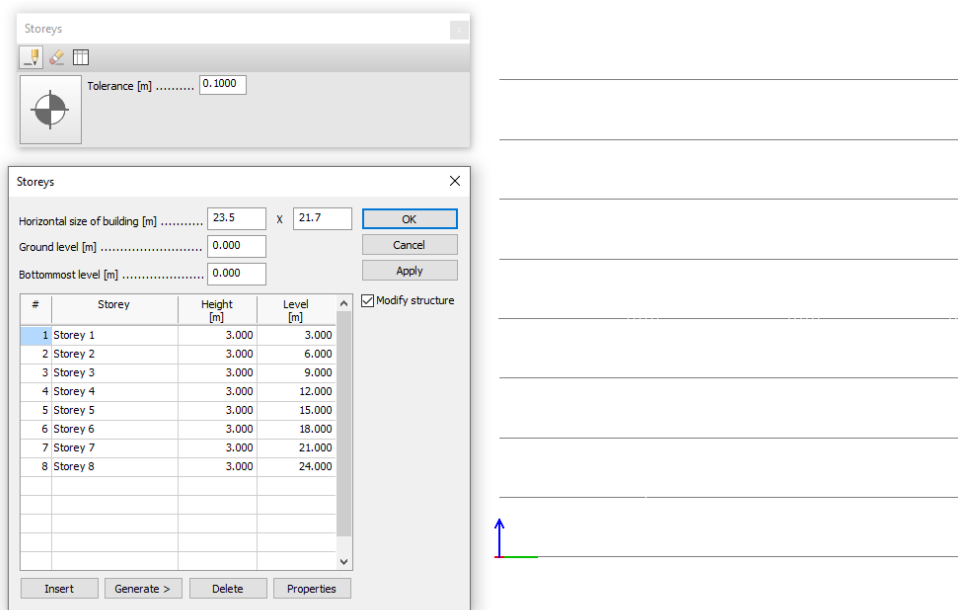


Figur 12: Axis-funksjonen hvor man bestemmer lengden mellom akselinjer i FEM-Design.

I axis-funksjonen, som er vist på figur 12, ble verdiene under lagt inn i det globale koordinatsystemet:

- 1x8.082, 1x1.610, 1x0.749, 1x2.610, 1x0.683, 1x1.663, 1x8.065 i x-retning.
- 1x7.906, 1x7.770, 1x5.996 i y-retning.

Etasjehøydene bestemmes i storeys-funksjonen, som også befinner seg under structure-fanen. For å gjøre konstruksjonen enklest mulig, er det satt opp konstant etasjehøyde på 3 meter i alle de åtte etasjene (se figur 13).



Figur 13: Oppbyggingen av etasjehøydene i Verkstedgården i FEM-design.

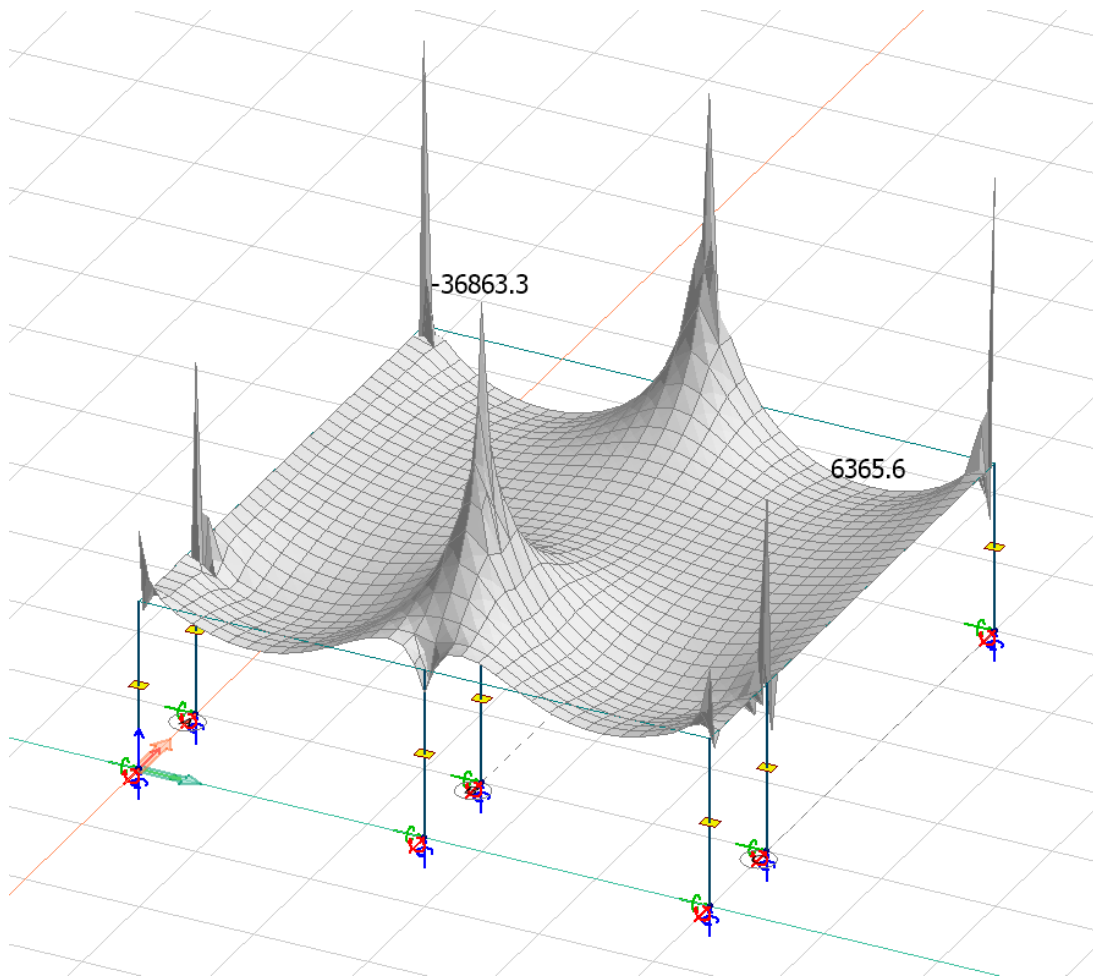
7.1.2 Elementnett og peak smoothing

Elementnettet i FEM-Design genereres enten automatisk av programmet, eller automatisk for hele modellen, med grunnlag i brukerdefinerte innstillinger. Knappen for sistnevnte heter prepare, og ligger under fanen finite elements. Programmet analyserer objektene i modellen som elementer, med ulike elementstørrelser. Disse avgjør nøyaktigheten i elementmetodeanalysen, og med det analysetiden.

Når man setter opp innstillingene i elementnettet manuelt, er det i hovedsak to funksjoner som er viktigst. Den første heter default minimum division numbers. Kort fortalt avgjør denne hvor mange elementer stavelementene blir delt inn i. Den står som 2 når man åpner programmet, men en verdi på minst 4-5 er anbefalt om man vil oppnå et bedre resultat. (Lagerström, 2020) Man kan så huke av funksjonen correct according to the minimum division numbers for å skalere elementnettet i samspill med minimum division numbers.

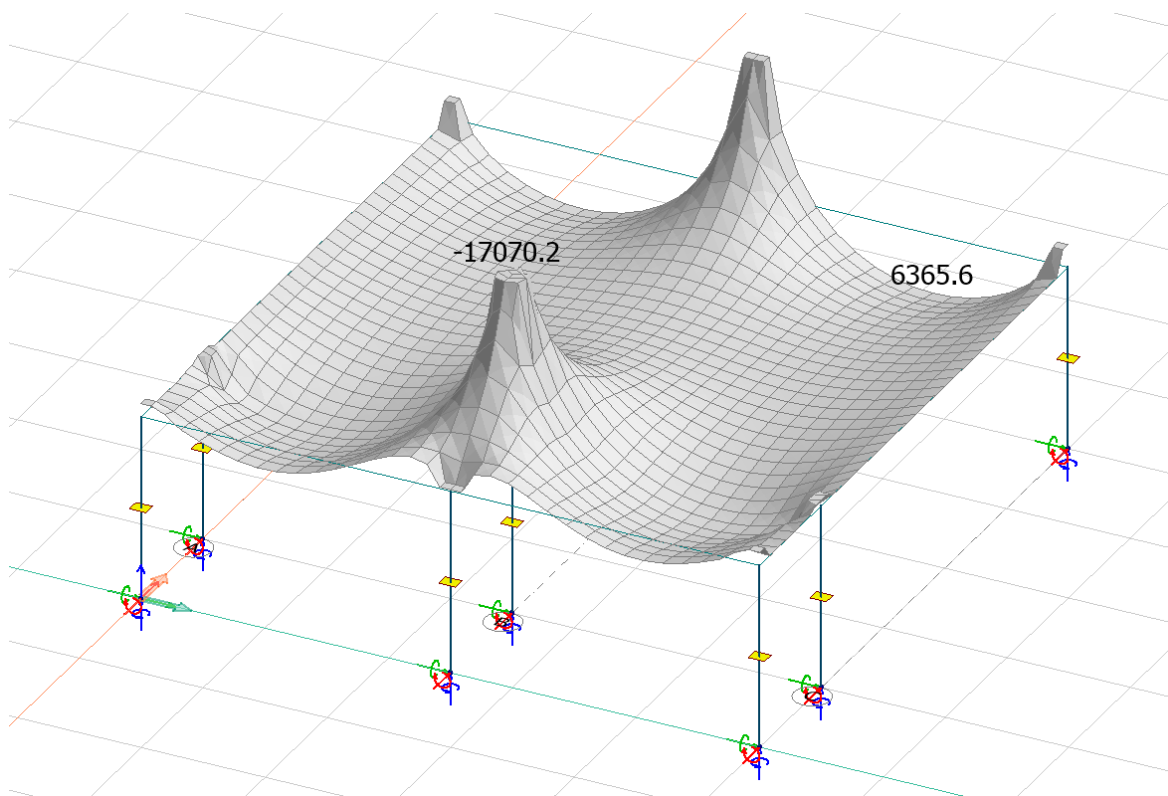
Den andre funksjonen som er viktig å kontrollere i innstillingene for elementnettet heter peak smoothing. Denne funksjonen flater ut urealistisk høye singulære verdier i analysen for å gjøre resultatet mer realistisk i forhold til virkeligheten på byggeplass. I denne rapporten er det de singulære verdiene over/under kantopplegg og søyler som blir mest relevant å sjekke. Peak smoothing korrigerer automatisk disse verdiene, men ved å rotere og se på modellen etter peak smoothing er brukt, kan man kontrollere at det ikke er andre

slike verdier som verktøyet ikke har fått med seg. Under er det vist et eksempel på peak smoothing-funksjonen.



Figur 14: Moment i x retning i plate uten peak smoothing.

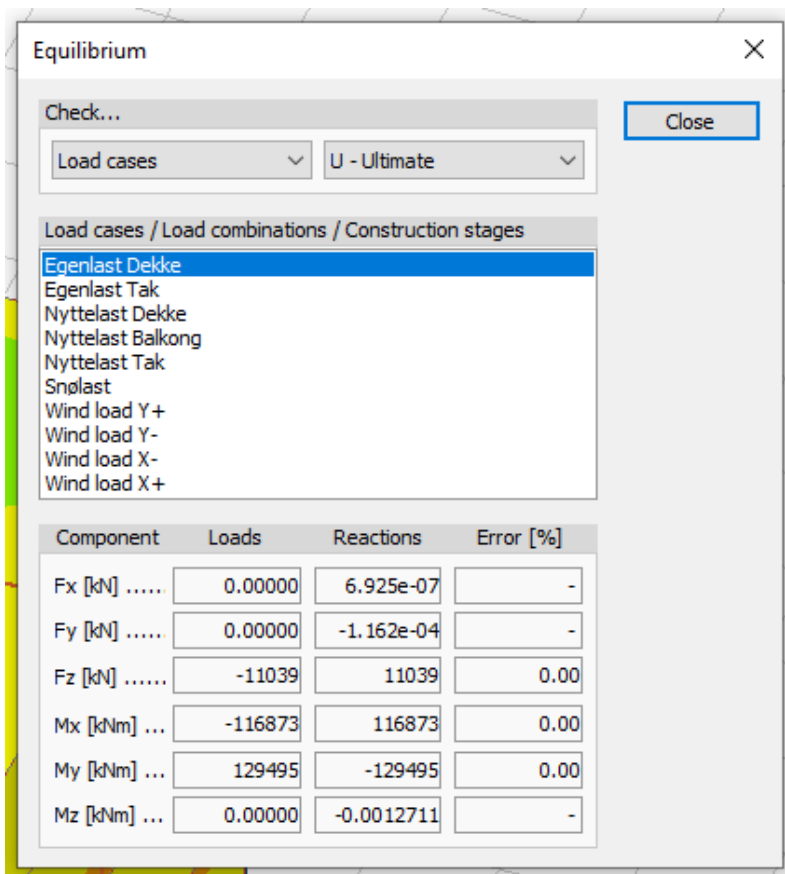
I eksempelet er det satt opp en enkel konstruksjon med fast innspente søyler og en plate koblet til alle søylene. På platen er det satt en stor last for å få frem resultatene av peak smoothing funksjonen. I figur 14 ser man de store og urealistiske singulære verdiene. I figur 15 er peak smoothing slått på, og man ser at den globale ekstremalverdien har gått ned med over 50%.



Figur 15: Moment i x retning i plate med peak smoothing

7.1.3 Kontroll av likevekt i modellen

Likevekten etter ligning 6.10 i NS-EN 1990 (Standard Norge, 2016) kan kontrolleres for avvik i FEM-Design. Dette gjøres ved å bruke knappen som heter equilibrium under analysis-fanen. Avvikene vil da vises som en error som ikke er lik 0% (se figur 16).

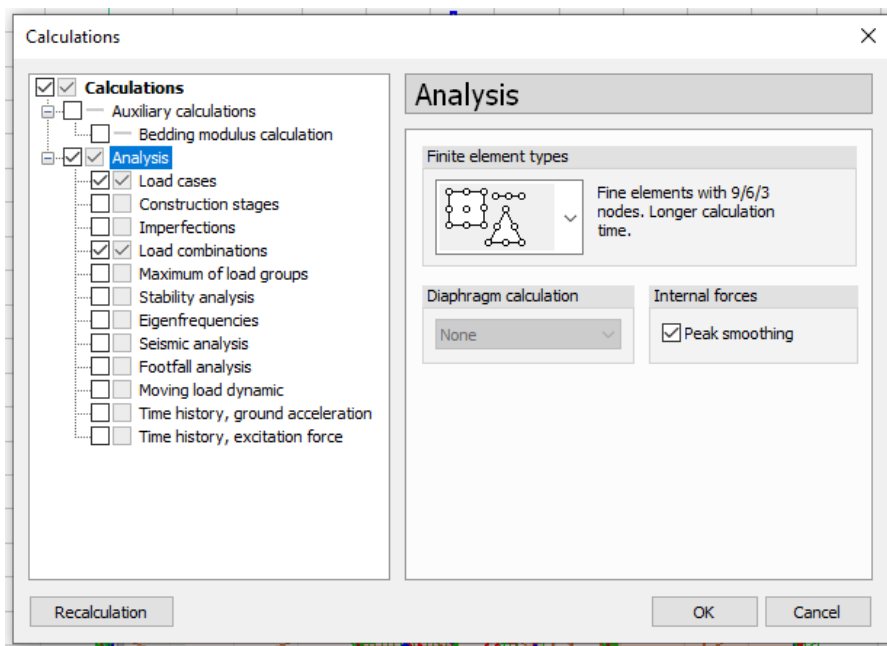


Figur 16: Kontroll av likevekt i FEM-Design

7.1.4 Analysis og Timber design

Med FEM-Design kan man også designe/dimensjonere konstruksjonsdeler i henhold til Eurokode. Man kan designe armert betong, kompositter, murverk og treverk. Sistnevnte ble viktig i denne prosjektoppgaven, da det gav gode og oversiktlige beregninger for utsatte konstruksjonsdeler.

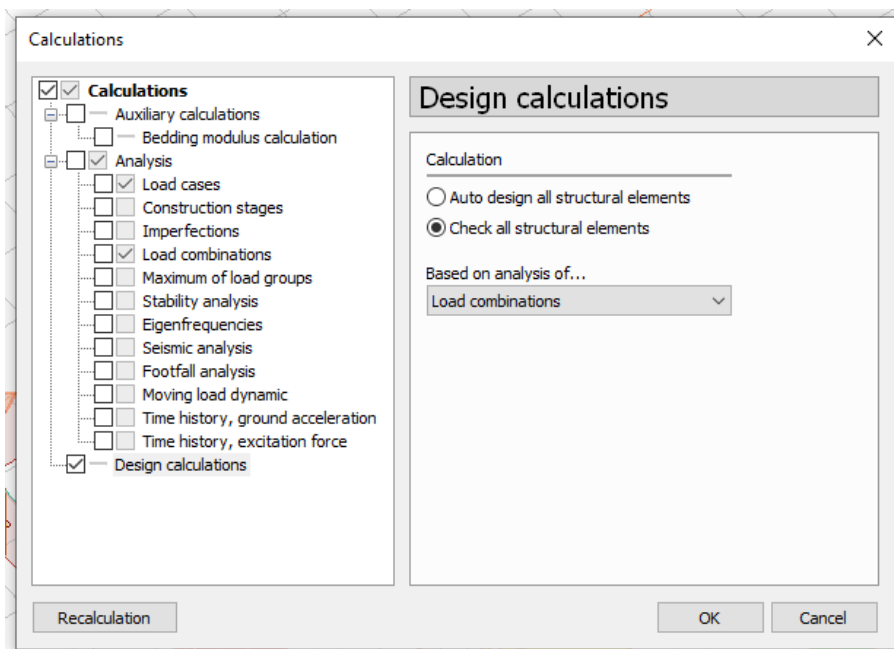
Verktøyet fungerer ved å først kjøre en analyse av konstruksjonen. Dette må gjøres etter elementnettet er satt opp med innstillinger som vist i kapittel 7.1.2. I dette prosjektet har gruppen brukt «finere» elementer med 9/6/3 noder, for å få mer nøyaktige resultater (se figur 17).



Figur 17: Innstillinger brukt under analysen av konstruksjonen.

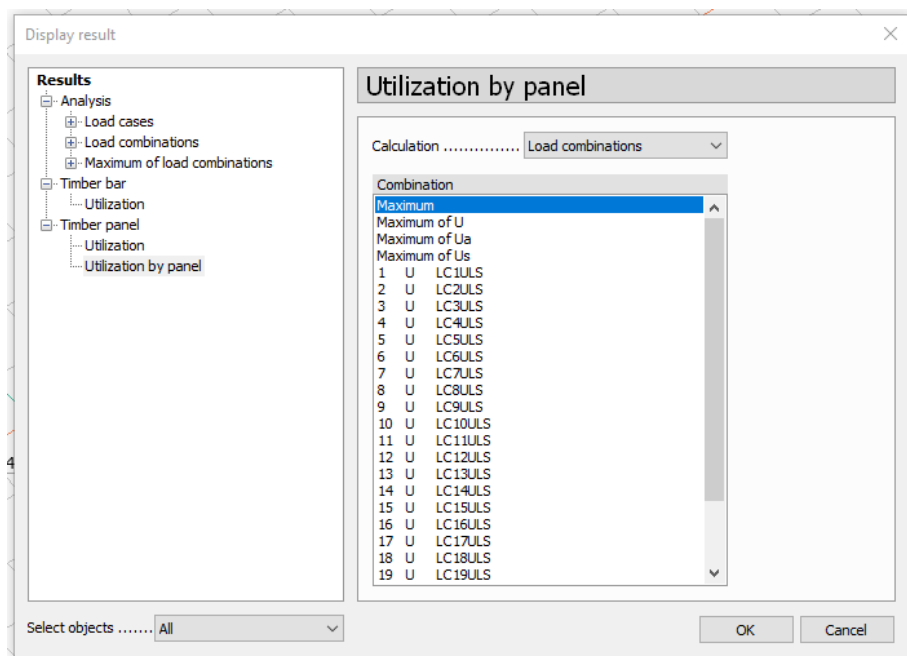
Man kan så få ut alle relevante resultater man ønsker fra modellen. En oversikt over hva symbolene i resultatvinduet betyr finnes i kapittel 11.1.

Timber design er neste funksjon som kan brukes om man jobber med en trekonstruksjon. Fremgangsmåten er lignende som i analyse-vinduet, men med noen små forskjeller. Man huker først av for design calculations som vist på figur 18, og kjører en ny analyse.



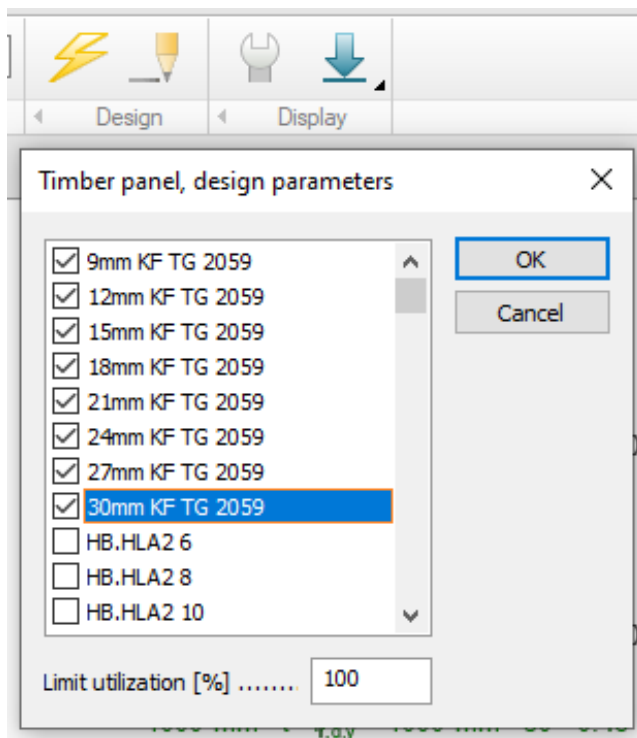
Figur 18: Innstillingene brukt under designprosessen av konstruksjonen.

Etter man har kjørt design-analysen kan man se på utnyttelsen av de ulike konstruksjonsdelene ved å trykke på Utilization/Utilization by panel i resultatvinduet. Om man vil se på søyler eller andre stav-elementer, trykker man på Timber bar, men om man vil se på vegger og andre skall-elementer trykker man på Timber panel. Her velger man også hvilken grensetilstand man ønsker å se på, eller om man vil se på en spesifikk lastkombinasjon (se figur 19).



Figur 19: Vinduet hvor man velger resultater man vil se under designprosessen.

Den siste funksjonen gruppen brukte under prosjektarbeidet var knappen Detailed result. Knappen, som ser ut som et forstørrelsesglass, finner man både under Analysis-fanen og design-fanene, og gir brukeren ulike detaljer, avhengig av hvilke resultater man ser på. Mest nyttig for denne oppgaven, er resultatet man får om man står i resultatene for Utilization/Utilization by panel. Da får man nemlig opp en kontroll av konstruksjonsdelene, med utregninger etter Eurokode. Når man står i dette resultatet kan man også enten manuelt, eller automatisk designe/dimensjonere konstruksjonsdelen. Man velger først om man vil gjøre dette manuelt eller automatisk, før man til slutt velger hvilke materialer og tverrsnitt programmet kan bruke i dimensjoneringen. Hvordan gruppen dimensjonerte skiver i FEM-Design med funksjonen Auto design er vist på figur 20.

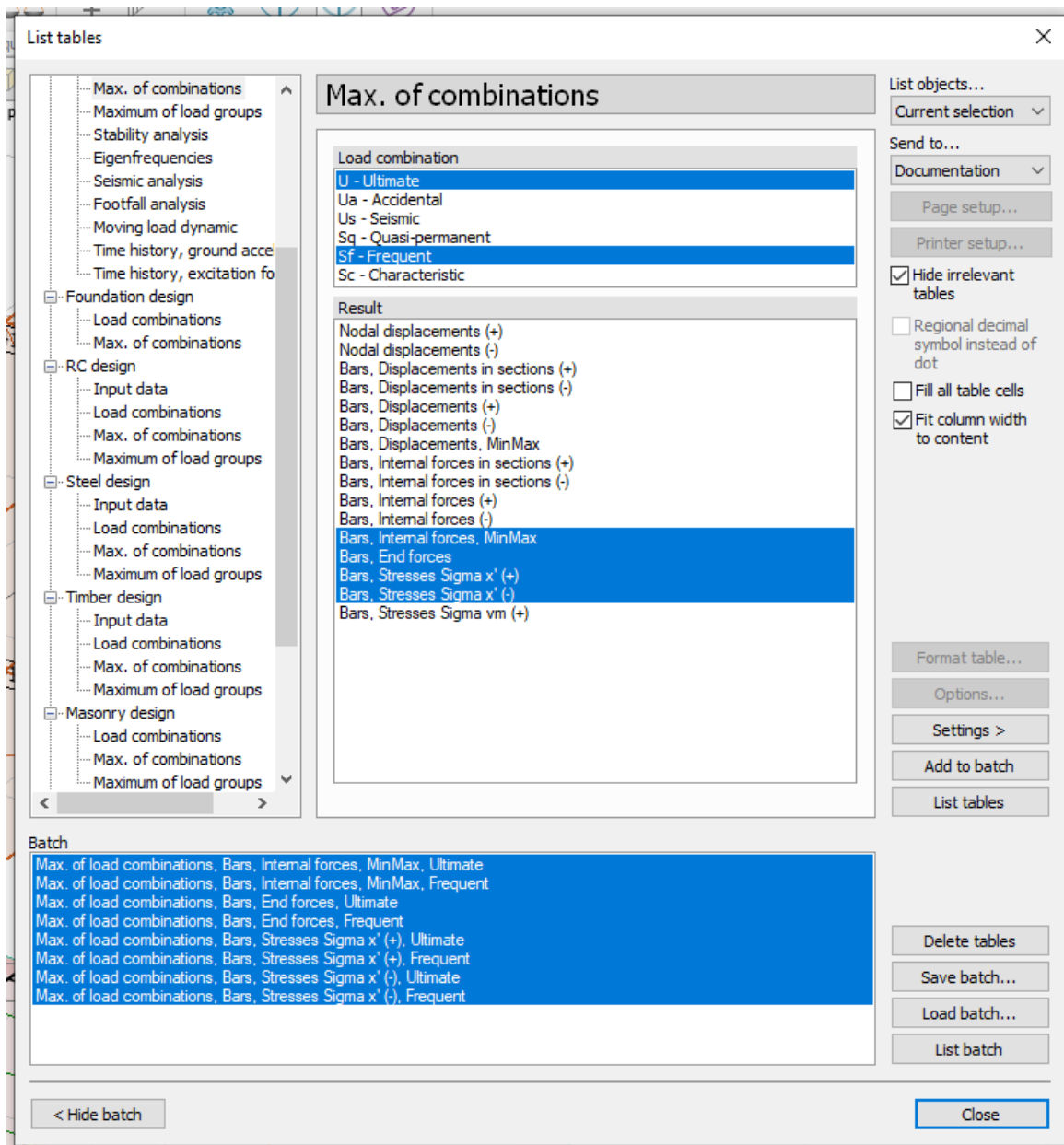


Figur 20: Materialer programmet kan velge under dimensjoneringen av veggskivene.

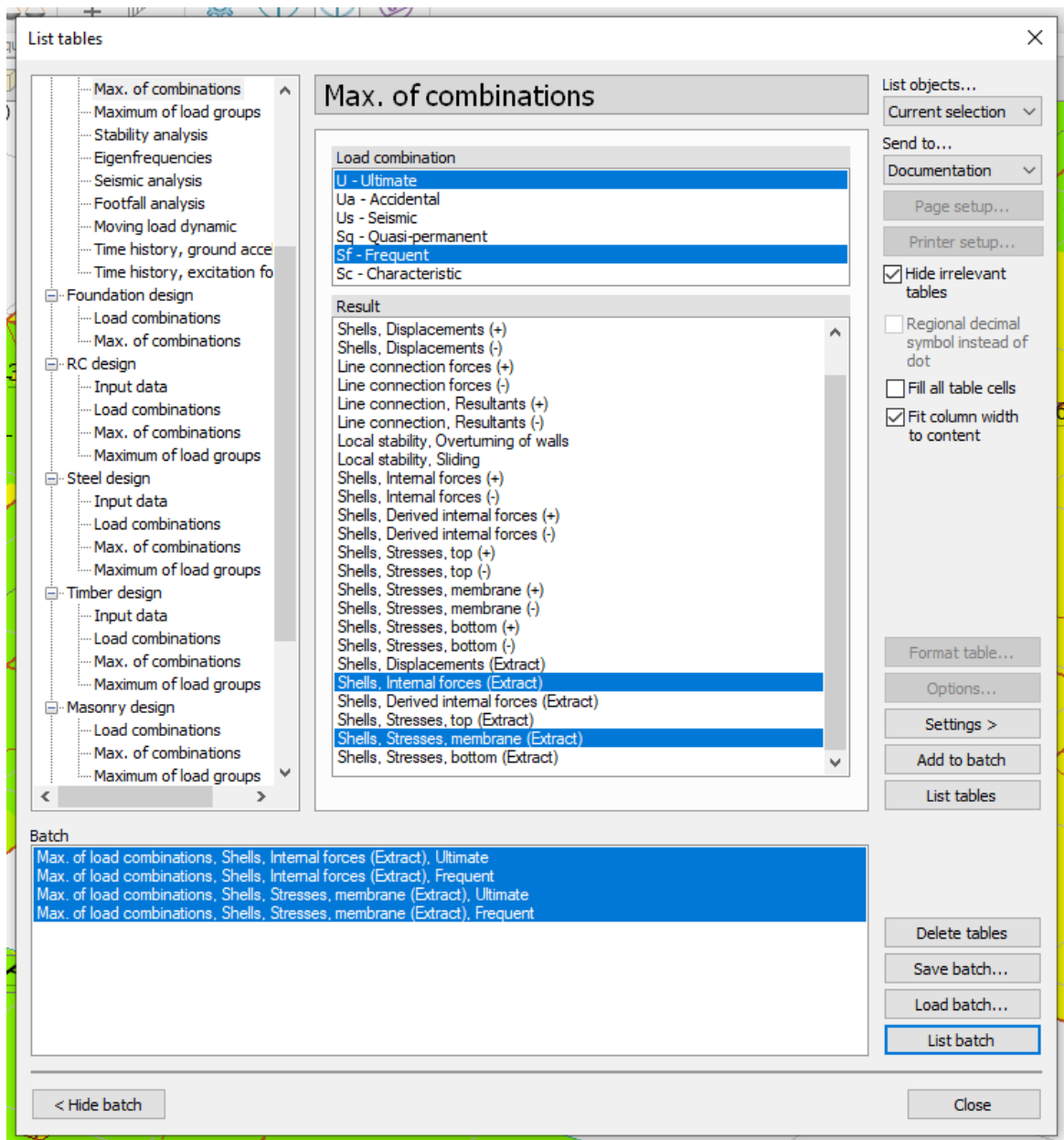
7.1.5 Resultater i tabeller

Resultatene i skive- og søyleberegningene er veldig uoversiktlige om man kun ser på resultatene under Analysisfanen. Derfor er listeverktøyet i FEM-Design brukt for å skape oversiktlige lister over resultatene. Verktøyet kan aktiveres når man er i fanene Analysis og Timber design. Man kan da velge ett eller flere elementer man vil se på, så velge hvilke grensetilstander og resultater man vil se på.

Under ligger innstillingene som er brukt for å få frem lister for de mest belastede elementene i prosjektoppgaven.



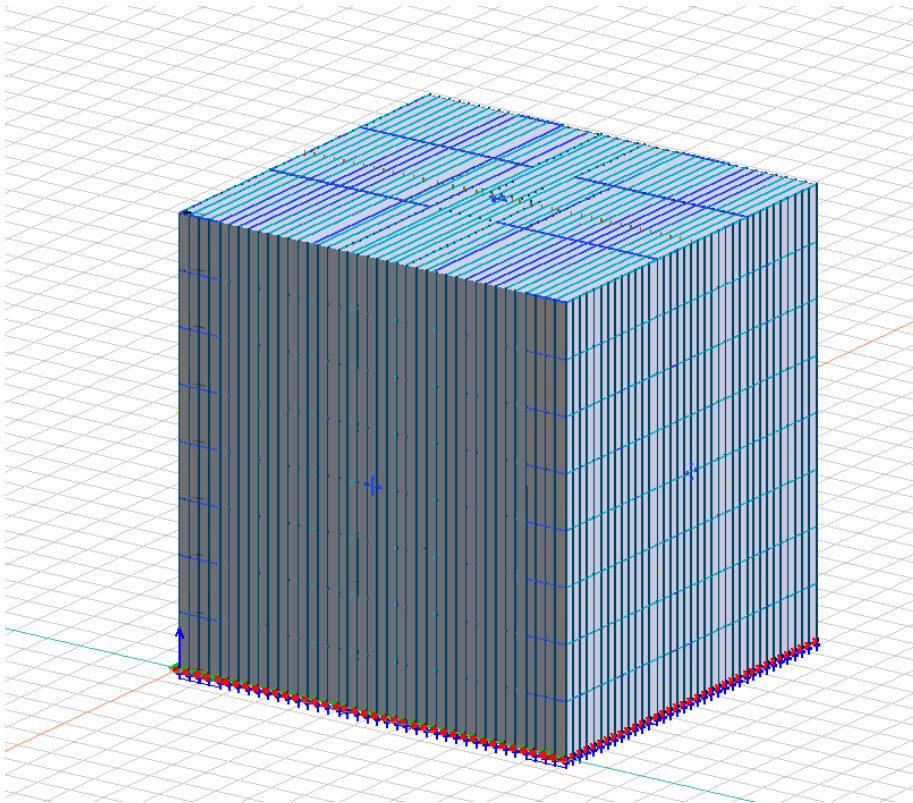
Figur 21: Innstillinger for produksjon av resultatlister for C.19.1 (Alternativ A)..



Figur 22: Innstillinger for produksjon av resultatlister for TP.8 (Alternativ A).

7.1.6 Covers

Cover-funksjonen ble brukt under modelleringen av alternativ C i FEM-Design. Dette brukes for å fordele laster over dekker/vegger som ikke er flate. For å aktivere verktøyet trykker man på knappen Cover under Structure-fanen. I prosjektoppgaven ble det også huket av for Auto supports, for å automatisk gjenkjenne bjelker og søyler som opplager.



Figur 23: Bygningen i alternativ C dekket av Covers.

7.2 Alternativ A – FEM-Design 1, uten ønskevegg

Forenklet skive/platemodell med skiver innspent topp og bunn i hver etasje og. Tykkelser på dekke/vegger er hentet fra SWECO Norge AS sin rapport om konstruksjonsprinsipper (Østvold, 2019).

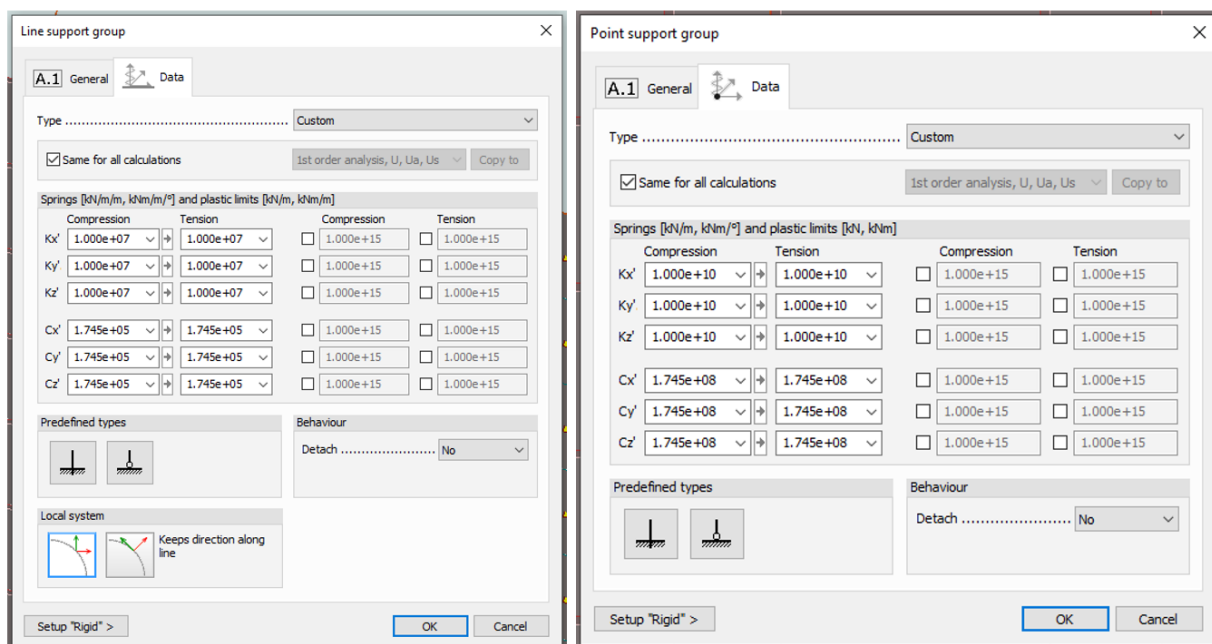
7.2.1 Grid

- 1x8.082, 1x1.610, 1x0.749, 1x2.610, 1x0.683, 1x1.663, 1x8.065 i x-retning.
- 1x7.906, 1x7.770, 1x5.996 i y-retning.

7.2.2 Etasjeinndeling

- Konstant etasjehøyde på 3 meter i alle de åtte etasjene.

7.2.3 Innspenning i bunn



Figur 24: Verdier på innspenningsmomenter i FEM-Design (Fast innspent element).

7.2.4 Søylar

- Tverrsnitt: 215x225mm
- Materiale:GL32c
- Ender: Fast innspent

7.2.5 Dekke

- Tykkelse:450mm
- Materiale:C30
- Ender: Fast innspent mot avstivende skiver, men leddet mot alle andre konstruksjonsdeler

7.2.6 Bærende vegger

- Tykkelse: 300mm
- Materiale:C30
- Ender: Alle leddet

7.2.7 Skiver

- Tykkelse: 30mm
- Ender: Fast i topp og bunn (og i hjørner hvor skiver møtes), leddet mot andre bærende vegger
- Materiale: Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner. For å få mest mulig nøyaktig verdier på styrken til skiven, har gruppen tatt utgangspunkt i SINTEF Teknisk godkjenning TG 2059 - Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner (Vedlegg E.1).

Nominell platetykkelse, mm		9	12	15	18	21	24	27	30
Antall finerlag		3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Fastheter i N/mm²</i>									
Bøøyefasthet	f_{mk0}	23,1	21,0	23,8	22,2	21,3	21,1	20,0	19,4
Bøøyefasthet	f_{mk90}	2,7	6,0	10,4	11,7	12,1	11,9	12,9	13,2
Trykkfasthet	f_{ck0}	16,0	12,0	18,0	20,0	17,1	22,5	16,7	18,0
Trykkfasthet	f_{ck90}	8,0	12,0	12,0	10,0	12,9	7,5	13,3	12,0
Strekfasthet	f_{tk0}	9,6	7,2	10,8	12,0	10,3	13,5	10,0	10,8
Strekfasthet	f_{tk90}	4,8	7,2	7,2	6,0	7,7	4,5	8,0	7,2
Skiveskjær	f_{vk}	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,6	3,5	3,5
Plateskjær	f_{rk0}	1,41	0,93	1,61	1,73	1,42	2,09	1,46	1,50
Plateskjær	f_{rk90}	-	-	0,85	0,62	1,15	-	1,10	0,70
<i>Stivhetsmoduler for deformasjonsberegninger</i>									
E-modul bøyning	E_{m0}	9244	8400	9504	8889	8536	8438	7984	7776
E-modul bøyning	E_{m90}	356	1200	2496	3111	3464	3563	4016	4224
E-modul aksiallast	E_{c0} / E_{t0}	6400	4800	7200	8000	6857	9000	6667	7200
E-modul aksiallast	E_{c90} / E_{t90}	3200	4800	4800	4000	5143	3000	5333	4800
Skiveskjær	G_v	350	350	350	350	350	350	350	350
Plateskjær	G_{r0}	46,9	36,3	51,0	71,1	52,1	137,8	52,4	63,2
Plateskjær	G_{r90}	-	-	28,2	24,2	36,5	24,1	40,5	34,6

Figur 25: Karakteristiske fastheter og stivhetsmoduler for upusset standard Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner.

Verdiene fra figur 25, ble manuelt lagt inn i FEM-Design for tykkelsene 9-30mm for å kunne bruke Auto design i FEM-Design (se kapittel 7.1.4). Dataene til en 30mm konstruksjonskryssfinerplate er vist i figur 26. Fargene viser hvor i figur 25 dataene er hentet.

Property	0°	90°
$E_{m,k}$ [N/mm ²]	7776	4224
$E_{t,k}$ [N/mm ²]	7200	4800
$E_{c,k}$ [N/mm ²]	7200	4800
$G_{r,k}$ [N/mm ²]	63.2	34.6
$G_{v,k}$ [N/mm ²]	350	
ρ [kg/m ³]	400	
$f_{m,k}$ [N/mm ²]	19.4	13.2
$f_{t,k}$ [N/mm ²]	10.8	7.20
$f_{c,k}$ [N/mm ²]	18.0	12.0
$f_{r,k}$ [N/mm ²]	1.50	0.700
$f_{v,k}$ [N/mm ²]	3.50	

Figur 26: Materialdata i FEM-Design, justert etter TG 2059.

7.3 Alternativ B – FEM-Design 2, med ønskevegg

Alternativ B er også en skive/platemodell, men med to ekstra veggskiver på 5 meter hver (ønskevegger). Den ble laget med samme materialer som beskrevet i kapittel 7.2.

7.4 Alternativ C – Bindingsverk i FEM-Design, uten ønskevegg

Forenklet modell med bindingsverk i konstruksjonsvirke. Stendere er jevnt fordelt, og er fast innspent i bunn og topp. Gulvbjelker er satt på som kontinuerlige bjelker over hele dekket, og skiver er satt opp på samme måte som i alternativ A. For å fordele lastene i konstruksjonen er covers brukt som beskrevet i kapittel 7.1.6. Tykkelser på dekke/vegger er hentet fra SWECO Norge AS sin rapport om konstruksjonsprinsipper (Østvold, 2019).

7.4.1 Grid

Se kapittel 7.2.1.

7.4.2 Etasjeinndeling

Se kapittel 7.2.2.

7.4.3 Innspenning i bunn

Se kapittel 7.2.3.

7.4.4 Søyler

Se kapittel 7.2.4.

7.4.5 Gulvbjelker, dekket av covers

- Tverrsnitt: 90x450mm
- Materiale:C30
- Ender: Fast innspent i topp og bunn

7.4.6 Stendere, dekket av covers

- Tverrsnitt: 100x200mm

- Materiale:C30
- Ender: Alle leddet, fortsett fra bunnene i første etasje som er fast innspent.

7.4.7 Skiver

Se kapittel 7.2.7.

8. Dimensjoneringsgrunnlag

8.1 Materialer

Dette kapitlet fokuserer hovedsakelig på materialer brukt i håndberegningene av konstruksjonsdeler og forbindelser. Hele konstruksjonen skal være dominert av tremateriale, med vegger og dekker bygd opp av tremateriale. Skivene som sørger for å stive av bygget skal være bygd opp av kryssfinerplater og stenderverk med søyler i endene. Søyelene skal være av limtre.

Det brukes kryssfinerplater ifra Metsä Wood av typen gran da denne typen egner seg best til tak- og veggkonstruksjoner. Grunnen til at det brukes slike plater er de har gode egenskaper og er et sterkt materiale.

Bøyefasthet	$f_{m0k} = 30 \frac{N}{mm^2}$
Strekk i fiberretning	$f_{t0k} = 18 \frac{N}{mm^2}$
Trykk i fiberretningen	$f_{c0k} = 30 \frac{N}{mm^2}$
Skjær	$f_{vsk} = 3.5 \frac{N}{mm^2}$

Tabell 1: Materialfasthetene til kryssfiner.

Data er hentet fra SINTEF Teknisk godkjenning TG 2324, som finnes i vedlegg F.1 (Skogstad, 2020). Annen materialdata for kryssfinerplater brukt i FEM-Design er beskrevet i kapittel 7.2.7.

Kryssfiner er et materiale som er lett å jobbe med, og tåler godt påkjenning som støtskader og lignende. Kryssfiner er sterkt og stivt og kan brukes i både bærende og støttende konstruksjon. Materialet er også svært værholdig med utvendig fenollim som holder platene sammen. Det er også et miljøvennlig materiale som har et lite CO₂ avtrykk.

I kapittel 11.2.5 ble kombinert limtre av kvaliteten GL32c brukt for å dimensjonere forbindelsen mellom den mest belastede søylen i første etasje, og overliggende søyle.

Bøyefasthet	$f_{m0k} = 32 \frac{N}{mm^2}$
Strekk i fiberretning	$f_{t0k} = 19,5 \frac{N}{mm^2}$
Trykk i fiberretningen	$f_{c90k} = 2,5 \frac{N}{mm^2}$
Karakteristisk densitet	$\rho_k = 400 \frac{kg}{m^3}$

Tabell 2: Relevant materialdata for limtre GL32c.

Data hentet fra Limtreboka (Norske limtreprodusenters forening, 2015).

Limtre har både høyere styrke og mindre spredning i styrkeegenskaper sammenlignet med konstruksjonsvirke. Dette er fordi det blir totalt liten sannsynlighet for at mange avvikende limtre lameller blir satt sammen til ett ferdig produkt. Limtre kan også lages i større dimensjoner enn vanlig konstruksjonsvirke. Fordeler ved å bruke limtre i konstruksjoner er beskrevet slik på nettsiden til Norske limtreprodusenters forening:

Limtre er et godt alternativ til betong og stål i bærende konstruksjoner i de fleste typer bygg. Det finnes mange fordeler med å bygge med limtre, og en av de viktigste er miljøaspektet. Limtre produseres av fornybar råvare - tre! Limtre er dessuten godt forent med nordisk byggeskikk. Limtre er sterkt, stivt og formstabil. Det har kapasitet for store laster og spennvidder. Bærekonstruksjoner i limtre er betydelig mer brannsikre enn stålkonstruksjoner (Norske limtreprodusenters forening, u.å.).

For å bygge opp bindingsverket i konstruksjonen ble både limtre og konstruksjonsvirke vurdert. For å variere materialene brukt i FEM-Design, ble vanlig konstruksjonsvirke til slutt valgt. I tabell 8.1.3 finnes det relevant materialdata for C30-kvalitet på grunn av at det i kapittel 11.4.1, ble brukt konstruksjonsvirke av denne kvaliteten. Styrkesortert trelast som dette, er et vanlig materiale i bærende konstruksjonsdeler som for eksempel stendere, taksperer, bjelker og takstoler.

Bøyefasthet	$f_{m0k} = 30 \frac{N}{mm^2}$
Strekk i fiberretning	$f_{t0k} = 18,0 \frac{N}{mm^2}$
Trykk i fiberretningen	$f_{c90k} = 2,7 \frac{N}{mm^2}$
Karakteristisk densitet	$\rho_k = 380 \frac{kg}{m^3}$

Tabell 3: Relevant materialdata for konstruksjonsvirke med kvalitet C30.

Data hentet fra tabell 13.3.1 i Trehusboka (Edvartsen & Ramstad, 2017).

I håndberegningene ble det tatt i bruk limtre av typen GL30c.

8.2 Sikkerhetsfaktorer

Det er dimensjonert for bruddgrensetilstand. Da gjelder alle sikkerhetsfaktorene ifra norsk standard. FEM-Design tar også i bruk norsk standard når den kjører analyser og utregninger. Det er sikkerhetsfaktorer for laster og materialer samt diverse andre faktorer knyttet til utforming og lastvarigheter. De forskjellige sikkerhetsfaktorene er listet opp under de respektive kapitlene for hver last.

9. Dimensjonerende laster og krav for bygget

9.1 Egenlast

Egenlasten til konstruksjonen baserer seg på tall fra SINTEF Byggforskserien med tillegg vurdert av gruppen. SINTEF Byggforskserien sine verdier baserer seg på tyngdetettheter fra NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008 (Standard Norge, 2008), NS-EN 206-1:2000+NA:2007, NS-EN 338:2009 og NS-EN 771-1:2011 (SINTEF, 2013). En oversikt over lastene per kvadratmeter for hver bygningsdel finnes i Tabell 9.1.1. Tilleggene er bevisst gjort litt større enn nødvendig for å være på den sikre siden i dimensjoneringen. Arealene brukt til å finne de totale egenlastene per etasje vist i Tabell 9.1.2, finnes i vedlegg G.1.

Bygningsdel:	Egenlast: (SINTEF, 2013)		Kapittel:
Bærende innervegg	0,90	kN/m ²	61 med tillegg
Ikke-bærende innervegg	0,40	kN/m ²	61
Bærende yttervegg	1,00	kN/m ²	61 med tillegg
Dekke	2,25	kN/m ²	51 med tillegg
Balkong	0,50	kN/m ²	51 med tillegg
Tak	0,70	kN/m ²	42

Tabell 4: Egenlast per kvadratmeter av de ulike bygningsdelene.

Egenlast per etasje:		
1.	1559	kN
2.	1591	kN
3.	1571	kN
4.	1573	kN
5.	1538	kN
6.	1538	kN
7.	1537	kN
8.	1534	kN
Takplan.	394	kN
Total.	12835	kN

Tabell 5: Total egenlast i hver etasje, og totalt for hele konstruksjonen.

Resultatene fra egenlastberegningen finnes i Tabell 9.1.3 og viser resultatene som er lagt på modellen i FEM-Design som flatelaster. Egenlasten kan legges inn automatisk i FEM-

Design om man bruker funksjonen +Struc.dead load i Load cases-vinduet, men i denne prosjektoppgaven er lasten lagt inn manuelt.

NB! Egenlast Dekke inkluderer egenlaster fra de bærende inner- og ytterveggene, de ikke-bærende innerveggene, dekkene og balkongene.

Gjennomsnittlig egenlast brukt i FEM-Design			Type last
Egenlast Dekke, pr. m ²	3,2	kN/m ²	Flatelast
Egenlast Tak, pr. m ²	0,8	kN/m ²	Flatelast

Tabell 6: Gjennomsnittlig egenlast per kvadratmeter brukt i FEM-Design.

9.2 Nyttelast

Nyttelasten lagt på modellen er funnet i Tabell NA.6.2 i NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019 (Standard Norge, 2019). Gulv, trappe og balkongarealer er satt til Brukscategori A i Tabell NA.6.1, mens takarealet er av kategori H i NA.6.3.4.2. Takets nyttelastverdier er satt litt høyere enn nyttelasten i Tabell NA.6.10, på grunn av at gruppen ikke vet i hvor stor grad takarealet skal utnyttes, og gruppen ønsket at beregningene skulle være på den sikre siden.

En oppsummering av disse lastene er vist under i Tabell 9.2.1.

Nyttelast Brukscategori A:	Flatelast: [kN/m ²]	Punktlast: [kN]
Gulv	$q_{k1} = 2,0$	$Q_{k1} = 2,0$
Trapper	$q_{k1} = 2,0$	$Q_{k1} = 2,0$
Balkonger	$q_{k1} = 2,5$	$Q_{k1} = 2,0$
Nyttelast Brukscategori H:	Flatelast: [kN/m ²]	Punktlast: [kN]
Tak	$q_{k1} = 0,9$	$Q_{k1} = 1,5$

Tabell 7: Nyttelaster på konstruksjonen.

I vedlegg G.2 ligger komplett håndberegning av nyttelaster som flatelaster og totale laster. Arealene nyttelasten er beregnet utfra ligger også i dette vedlegget.

9.3 Snølast

Håndberegning i MathCAD Prime 3.1 etter NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 (Standard Norge, 2018), er benyttet for å bestemme snølasten på konstruksjonen.

Komplett beregning ligger i vedlegg G.3.

Kommune:	Trondheim
Høyde over havet, plan 1: (Nordr Norge AS mfl., 2021)	$H_{moh} = 14,0 \text{ m}$
Kar. snølast på mark:	$s_{k0} = 3,5 \frac{kN}{m^2}$
Formfaktor:	$\mu_1 = 0,8$
Eksponeeringskoeffisient:	$C_e = 0,8$
Termisk koeffisient:	$C_t = 1,0$
Snølast, tilfelle 1, normal:	$s_1 = 2,24 \frac{kN}{m^2}$

Tabell 8: Verdier for beregning av snølast etter Eurokode.

Resultatet fra Tabell 9.3.1 viser at snølasten i det normale lasttilfellet blir lik $2,24 \frac{kN}{m^2}$. Det er denne lasten som legges inn i FEM-Design.

9.4 Vindlast

Håndberegninger er utført i MathCAD Prime 3.1 etter NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009 (Standard Norge, 2009). Komplette håndberegninger ligger i vedleggsrapporten.

Beregningene tar utgangspunkt i at bygget befinner seg slik plassert at terrengekategori IV.

Kommune:	Trondheim
Referansvindhastighet for Trondheim	$v_{b,0} = 26 \frac{m}{s}$
Høyde på bygningen	$h_e = 24,2m$
Diverse c-faktorer	$c_x = 1,0$
Vindkraft på toppen av bygningens gavl	$q_v = 0,79 \frac{kN}{m^2}$

Tabell 9: Verdier for beregning av vindkraft etter Eurokode.

Komplette beregninger av vindlast etter Eurokode ligger i vedlegg G.4.

9.5 Skjevstillingslast

Skjevstillingslast er ikke ett punkt i dagens standard, men en forenklet beregning etter NS 3490 (Gammel utgave) (Standard Norge, 2004) finnes i vedlegg G.5.

Resultatet fra utregningene gir en horisontallast på hver etasje som kan brukes på kontroll av for eksempel søyletopper med en eksentrisitet (Skjevhet).

Prosjektoppgaven går ikke inn på slik detaljprosjektering, og derfor neglisjeres skjevstillingslast i modellen i FEM-Design.

9.6 Seismisk last

Seismisk last er en dynamisk last som er gitt etter NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 (Standard Norge, 2014). Bygget i prosjektoppgaven er av Seismisk klasse II i punkt 4.2.5, og har etter NA.3.2.1 en berggrunnsakselerasjon, $a_{g40Hz} = 0.3 - 0.4$, med en returperiode på 475 år.

Denne rapporten går ikke mer inn på utregning av seismisk last, siden gruppen fikk anbefalt av veileder å se bort fra dette. Området er heller ikke spesielt utsatt for seismisk påvirkning.

Gruppen vet at dette hadde vært et stort og viktig temaområde om tiden ikke hadde vært en faktor i prosjektarbeidet. Seismisk last blir dermed ikke tatt med i FEM-Design-modellen.

9.7 Andre laster og krav for bygget

Under modelleringen i FEM-Design ble det tidlig avgjort i møte med intern og ekstern veileder at andre dynamiske laster på bygget ikke skulle tas med. Dette inkluderer alle temperaturlaster og laster under oppføring, i tillegg til svingninger og vibrasjoner.

Ulykkeslaster blir heller ikke tatt med i modelleringen i FEM-Design, men utregninger for noen av de dimensjonerende ulykkeslastene finnes i vedleggsrapporten.

Prosjektoppgaven tar heller ikke for seg andre byggtekniske krav som bygget også må stå opp til. Noen eksempler på slike krav som rapporten ikke går inn på er: lydkrav, nedbøyingskrav og energikrav.

Brannmotstandskrav antas å være oppfylt for bygget. Gruppen har selv ikke kontrollert bygget for dette, men det kommer fra en brannrapport som SWECO Norge AS utarbeidet mot slutten av 2019. Rapporten konkluderte slik:

Konklusjon

- Basert på innledende simuleringer konkluderes som følger:
- Veggelement med påforingsvegg for lyd (2 lag gips +98mm isolasjon) kan dokumenteres ivareta tilfredsstillende brannbeskyttelse
- Veggelement uten påforingsvegg for lyd må beskyttes med 2 lag branngips
- Yttervegg må trolig påregnes ekstra beskyttelse med isolasjon, eller ett ekstra lag gips på utsiden av selve elementet
- Dekkeelementene kan dokumenteres ivareta tilfredsstillende brannbeskyttelse

NB! Konklusjonen i SWECO Norge AS sin rapport er basert på verste boenhet. «En reduksjon i størrelse og/eller ytterligere oppdeling vil kunne redusere behov for beskyttelse noe» (Isaksen, 2019).

Elektriske systemer, ventilasjon og vann/avløp har gruppen med anbefaling fra ekstern veileder valgt å se bort fra. Grunnen for dette er den ekstra tiden det vil ta, samtidig som forskningsprosjektet til Støren Treindustri AS er i startfasen, og har dermed ikke noen planer innenfor disse fagområdene.

10. Prosjekteringsgrunnlag

10.1 Dimensjonerende lastkombinasjoner

Lastfaktor

- Snølaster: $\psi_{0,1} = \psi_{0,i} = 0,7$
- Vindlaster: $\psi_{0,1} = \psi_{0,i} = 0,6$
- Nyttelaster: $\psi_{0,1} = \psi_{0,i} = 0,7$

Formfaktor

- $\xi = 0,89$
- $\gamma_{Gj,sup} = 1,35$
- $\gamma_{Gj,inf} = 1,00$
- $\gamma_{Q,1} = 1,50$ (0 hvis gunstig)
- $\gamma_{Q,i} = 1,50$ (0 hvis gunstig)

Informasjonen og dataen som er brukt for å kombinere alle laster er hentet fra NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Standard Norge, 2016). Formfaktorer er hentet fra Tabell NA.A1.2(B) og lastfaktorer er hentet fra Tabell NA.A1.1.

De dimensjonerende verdiene ved brudd er funnet ved å bruke denne delen av Tabell NA.A1.2.(B).

Ligninger:	Permanente laster:		Dominerende variabel last:	Øvrige variable laster:
	Ugunstig	Gunstig		
6.10a)	$\gamma_{Gj,sup} * G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} * G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} * \psi_{0,1} * Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$
6.10b)	$\xi * \gamma_{Gj,sup} * G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} * G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} * Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$

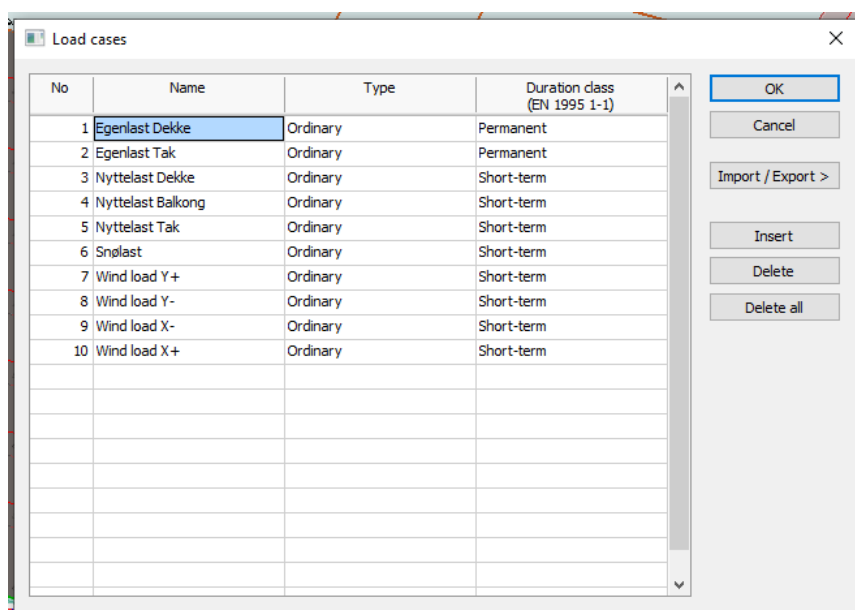
Tabell 10: Relevant informasjon fra Tabell NA.A1.2.(B) i NS-EN 1990 (Standard Norge, 2016).

FEM-Design bruker disse ligningene i lastgruppene beskrevet i kapittel 10.2. For å gjøre en kontroll av noen av lasttilfellene er dette også gjort manuelt. Håndberegningene for lastkombinasjoner ligger i vedlegg I.13. Lastkombinasjonene FEM-Design setter opp er videre beskrevet i kapittel 10.2.

10.2 Lasttilfeller, lastgrupper og lastkombinasjoner i FEM-Design

Lasttilfeller er første steg når man skal sette laster på en konstruksjon i FEM-Design. Etter diskusjon med veiledere, ble lastene i figur 27 brukt på modellen. Alle laster er satt på som ordinære laster, og lastvarighetsklasse er hentet fra NS-EN 1995-1-1 2.3.1.2 (Standard Norge, 2010). Lastvarighetsklassen er et viktig punkt her på grunn av at prosjektoppgaven vurderer en trekonstruksjon. Med flere laster ville antallet lastkombinasjoner fort blitt over 100, som ville skapt unødvendig høy analysetid for

programmet. I tillegg ville resultatet ikke nødvendigvis blitt bedre av et mer komplisert lastbilde.

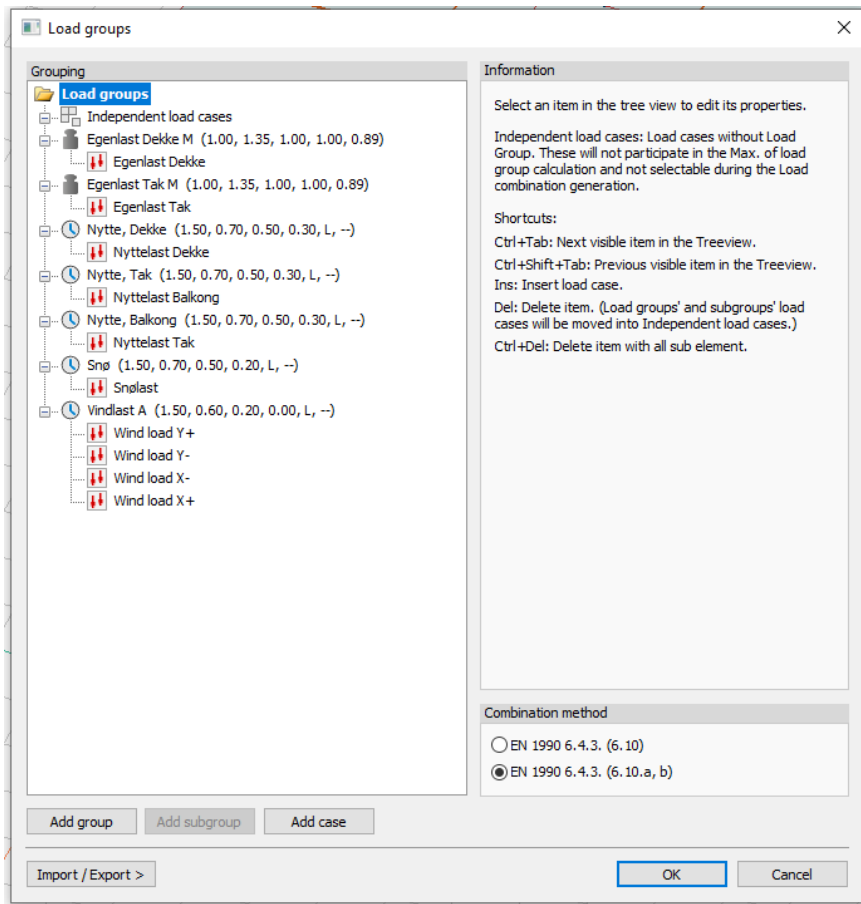


Figur 27: Lasttilfeller i FEM-Design

For å spare tid med å sette opp lastkombinasjoner manuelt, ble lastgrupper i FEM-Design brukt. Med denne funksjonen kan man sette opp lastene, og i samme vindu velge hvilke ligninger fra NS-EN 1990, analysen skal bruke. I denne rapporten brukes ligning 6.10a) og 6.10b). Altså dimensjonering med hensyn på STR/GEO.

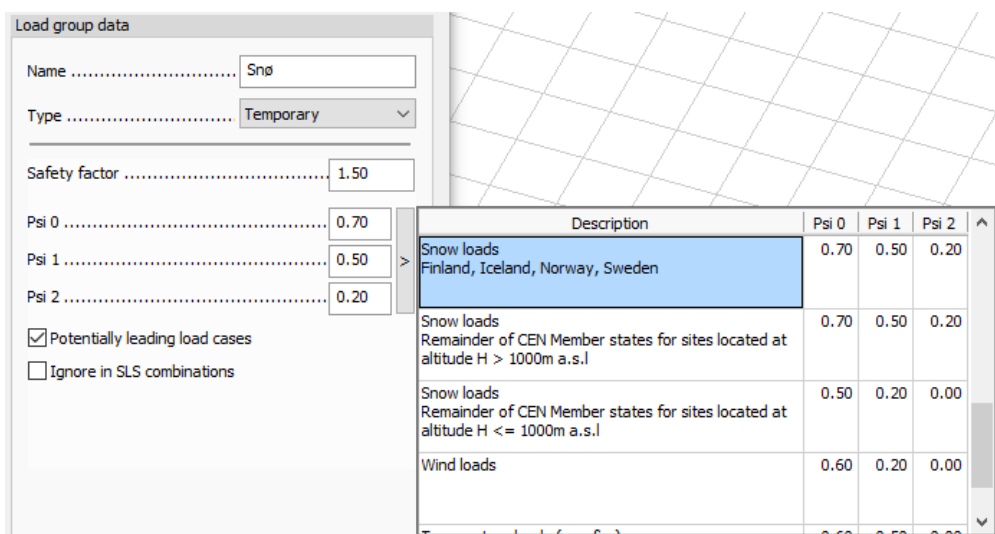
Ligning 6.10 vurderes også indirekte i FEM-Design ved å se på om modellen har avvik fra statisk likevekt (EQU). Hvordan likevekten er kontrollert i modellen er beskrevet i kapittel 7.1.3.

Alle laster er lagt i egne lastgrupper bortsett fra de ulike vindlastene. Dette er fordi laster i samme lastgruppe, vil ikke bli tatt med samtidig når man genererer lastkombinasjoner (Se figur 28).



Figur 28: Inndeling av lastgrupper i FEM-Design

Lastfaktorer (Psi-faktorer) etter Eurokode i FEM-Design finner man også i oversikten over lastgrupper (se figur 29). Man velger først lasten man vil se på, så faktorer etter hvilken type last man har valgt. En manuell kontroll for de ulike lastfaktorene gruppen har brukt er beskrevet i kapittel 10.1.



Figur 29: Valg av lastfaktorer etter Eurokode i FEM-Design

Dimensjoneringen av konstruksjonsdeler i denne rapporten er for det meste gjort i bruddgrensetilstanden (STR).

Nummer:	Navn:	Type:	Faktor:	Last:
1	LC1ULS	U	1.350	Egenlast Dekke
			1.350	Egenlast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X-
2	LC2ULS	U	1.350	Egenlast Dekke
			1.350	Egenlast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X+
3	LC3ULS	U	1.350	Egenlast Dekke
			1.350	Egenlast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X+
4	LC4ULS	U	1.350	Egenlast Dekke
			1.350	Egenlast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load Y+

Figur 31: Eksempler på lastkombinasjoner i bruddgrensetilstanden i FEM-Design.

10.4 Bruksgrensetilstanden

«Dimensjonering i bruksgrensetilstanden omfatter i praksis kontroll av nedbøyninger og deformasjoner etter at dimensjonene til konstruksjonen først er bestemt ved dimensjonering i bruddgrensetilstanden» (Edvartsen & Ramstad, 2017). Alle partialfaktorer settes lik 1,0, med mindre annet er gitt i NS-EN 1991 til 1999.

Denne tilstanden har betydning for konstruksjonens funksjon ved normalt bruk, og menneskers komfort. Denne blir ofte dimensjonerende, selv om konstruksjonen har god nok styrke i bruddgrensetilstanden.

25	LC1SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.500	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Tak
			0.200	Snølast
26	LC2SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.500	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Tak
			0.200	Snølast
27	LC3SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.500	Nyttelast Tak
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.200	Snølast
28	LC4SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.500	Snølast
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Tak

Figur 32: Eksempler på lastkombinasjoner i bruksgrensetilstanden i FEM-Design.

11. Resultater

11.1 Tolkning av resultater i FEM-Design

Resultatene i FEM-Design er forkortet ned ganske mye, så en oversikt med hva de ulike symbolene og bokstavene betyr, har vært veldig nyttig for gruppen. Oversikten i dette delkapittelet kommer fra manualen til FEM-Design. (StruSoft, u.å.)

Reaksjonskrefter/Reactions:

- $F_x' / F_y' / F_z'$ - reaction force in the local $x'/y'/z'$ axis of the support (group)
- F_r - resultant of the reaction force components (support group)
- F - reaction force of the single support
- $M_x' / M_y' / M_z'$ - reaction moment around the local $x'/y'/z'$ axis of the support (group)
- M_r - resultant of the reaction moment components (support group)
- M - reaction moment of the single support.

Koblingskrefter/Connection Forces:

- $F_x' / F_y' / F_z'$ - connection force in the local $x'/y'/z'$ axis of the connection
- F - resultant of the connection force components
- $M_x' / M_y' / M_z'$ - connection moment around the local $x'/y'/z'$ axis of the connection
- M - resultant of the connection moment components

Snittkrefter i stav-elementer/Bar Internal Forces:

- N - normal (axial) force (local x' axis of the bar element)
- T_y' / T_z' - shear force in the local y'/z' axis direction of the bar element)
- M_t - torsion moment (around the local x' axis of the bar element)
- M_y' / M_z' - bending moment around the local y'/z' axis of the bar element

Snittkrefter i plane elementer/Shell Internal Forces - PLATE:

- M_x' / M_y' - bending moment around the global Y / X axis
- $M_x'y'$ - torsion moment
- T_x' / T_y' - shear force for the global X / Y normal and in the Z direction
- M_1 / M_2 - principal moments
- M_1/M_2 - principal moment directions

Spenninger i skall-elementer/Shell Internal Forces - VEGG:

- N_x' / N_y' - normal force in the global X / Y direction
- $N_x'y'$ - shear force in the global X - Y plane
- N_1 / N_2 - principal normal forces

- N_1/N_2 - principal normal directions

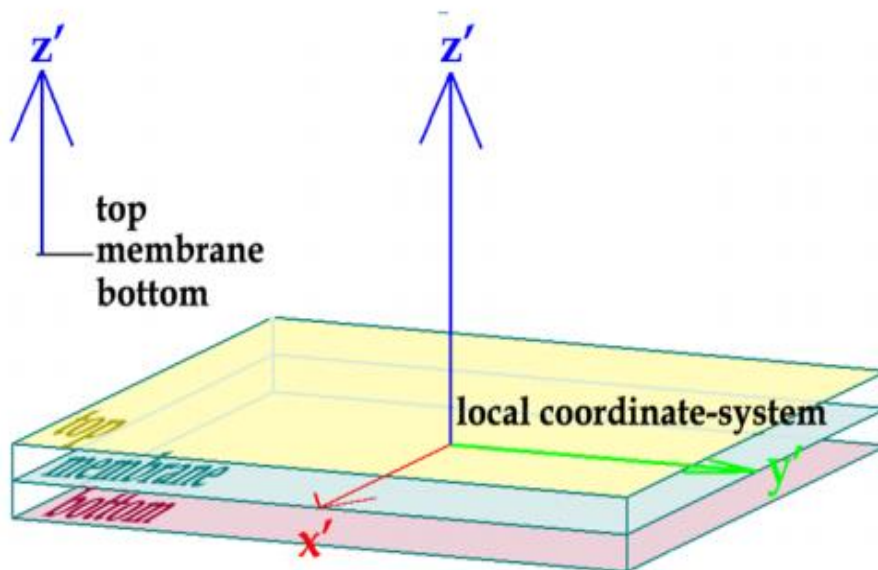
Spenninger i skall-elementer/Shell Internal Forces – 3D STRUKTUR:

- M_x' / M_y' - bending moment around the local y' / x' axis of the region element
- $M_x'y'$ - torsion moment
- N_x' / N_y' - normal force in the local x' / y' axis of the region element
- $N_x'y'$ - membrane shear force
- V_x' / V_y' - shear force for the local x' / y' normal and in z' direction
- M_1 / M_2 - principal moments
- M_1/M_2 - principal moment directions
- N_1 / N_2 - principal normal force
- N_1/N_2 - principal normal directions

Spenninger i stav-elementer/Bar Stresses: (beams, columns and/or truss members)

- σ_x' (max) - maximal normal stress (tension)
- σ_x' (min) - minimal normal stress (compression)

Spenninger i skall-elementer/Shell Stresses:



Figur 33: Hvor de resulterende spenningene befinner seg i plateelementet. (StruSoft, u.å.)

- σ_x' , top / membrane / bottom - normal stress from N_x' in top/membrane/bottom plane

- $\sigma_{y'}$, top / membrane / bottom - normal stress from $N_{y'}$ in top/membrane/bottom plane
- $\tau_{x'y'}$, top / membrane / bottom - shear stress from $N_{x'y'}$ in top/membrane/bottom plane
- $\tau_{x'z'}$ - shear stress (x' normal and z' direction)
- $\tau_{y'z'}$ - shear stress (y' normal and z' direction)
- σ_{vm} , top / membrane / bottom - von Mises stress in top/membrane/bottom plane
- σ_1/σ_2 , top / membrane / bottom - principal stresses and directions in top/membrane/bottom plane

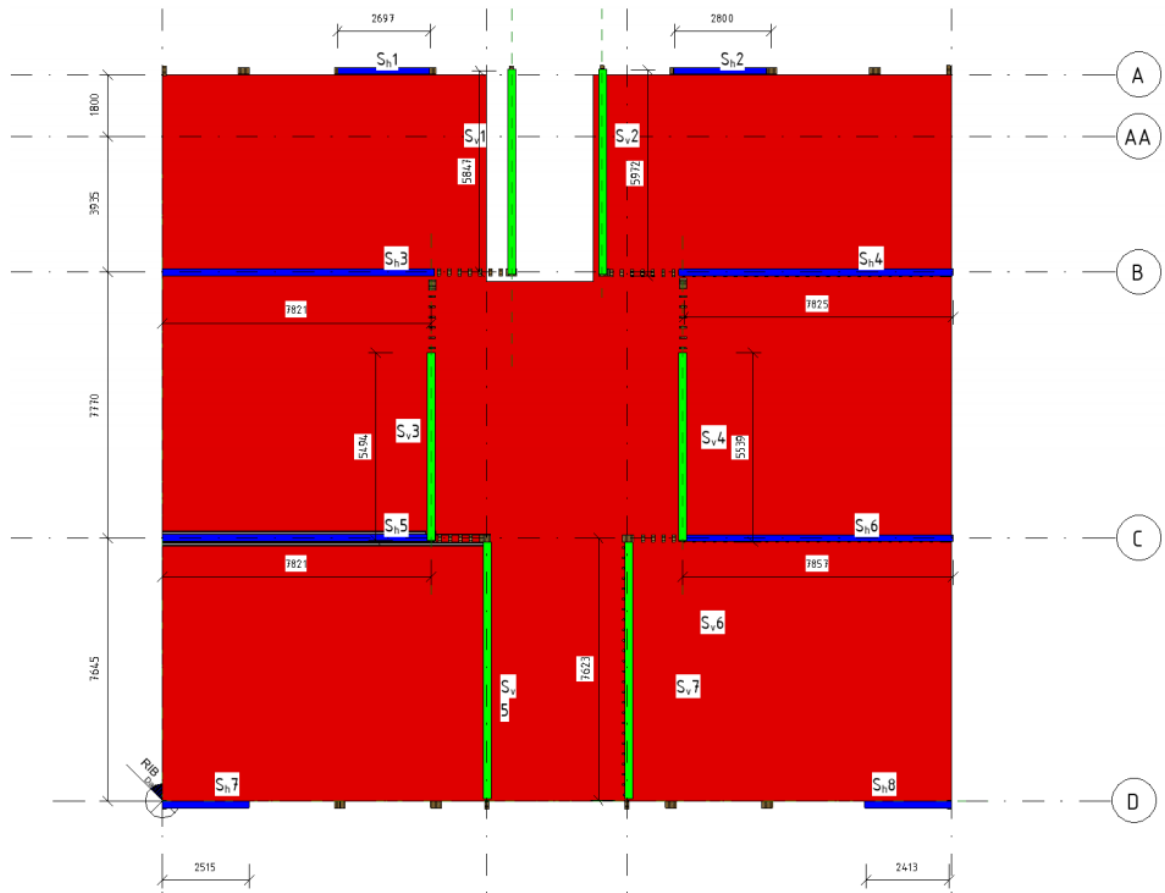
Nedbøyning/Displacement:

- $ez'(+) -$ maximal uplift in global z' direction in Plate, maximum motion in the positive direction of element's local system in 3D modules
- $ez'(-) -$ maximal depression in global z' direction in Plate, maximum motion in the negative direction of element's local system in 3D modules

Snittkrefter/Internal forces:

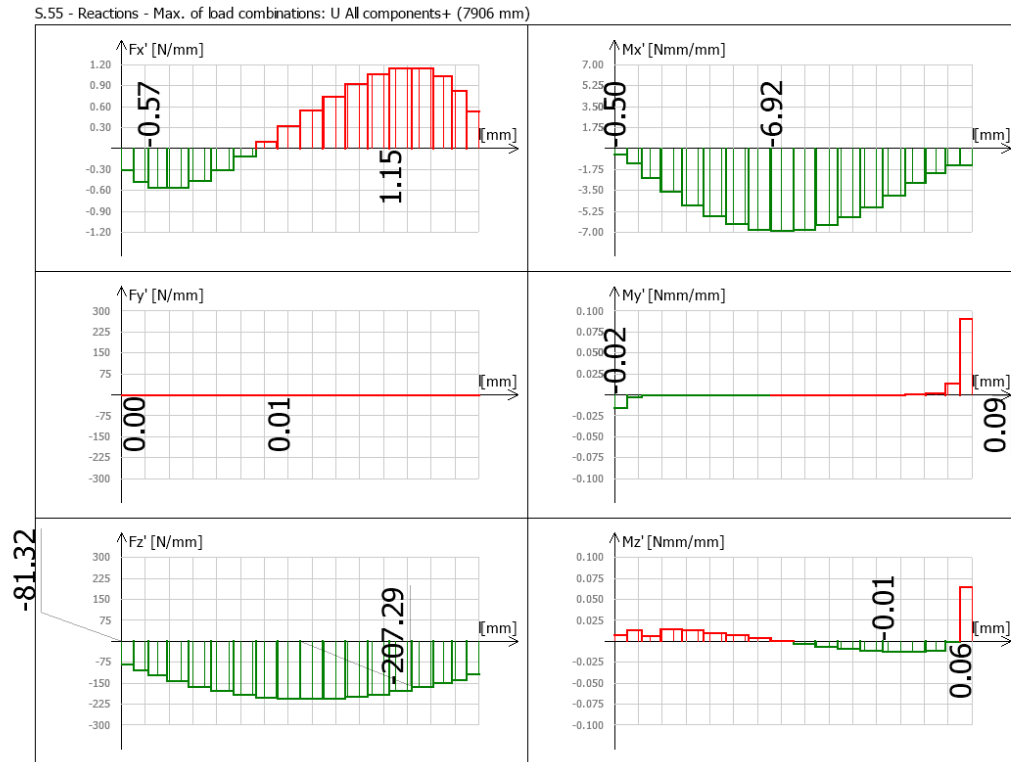
- $Mx'(+) -$ maximal bending moment around the y' axis (global/local) in positive direction (= same direction with the axis direction)
- $Mx'(-) -$ maximal bending moment around the y' axis (global/local) in negative direction (= opposite direction to the axis direction)

11.2 Alternativ A – FEM-Design 1, uten ønskevegg

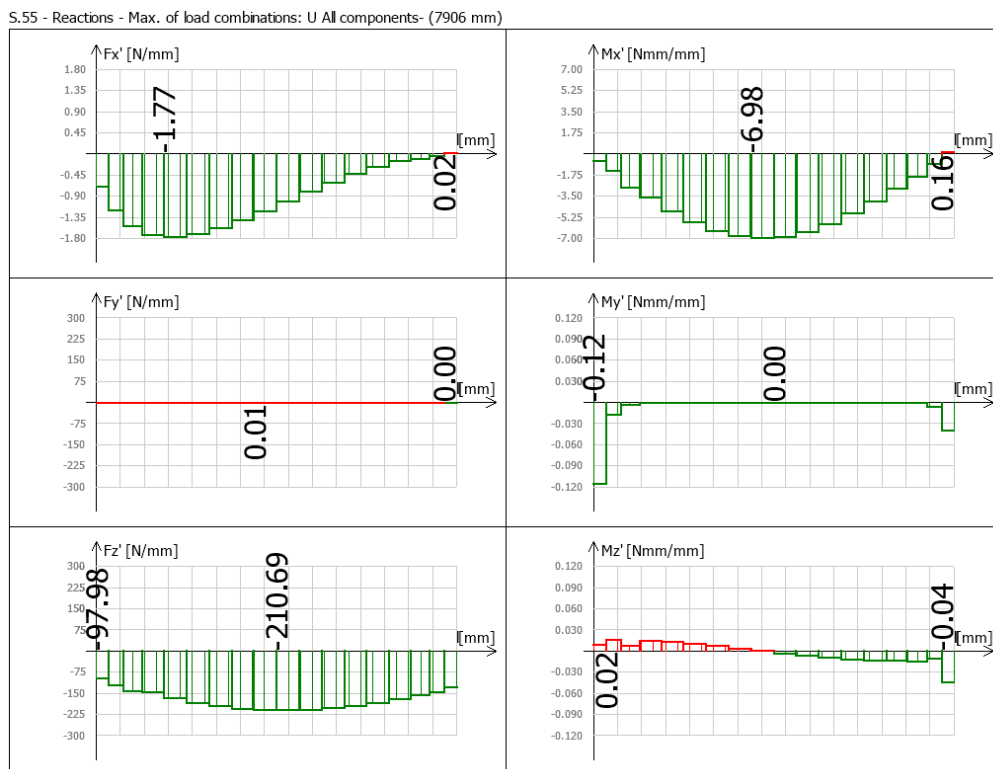


Figur 34: Plassering av skiver i konstruksjonen, uten ønskevegger (Østvold, 2019).

11.2.1 Opplagerkrefter og momenter under skive



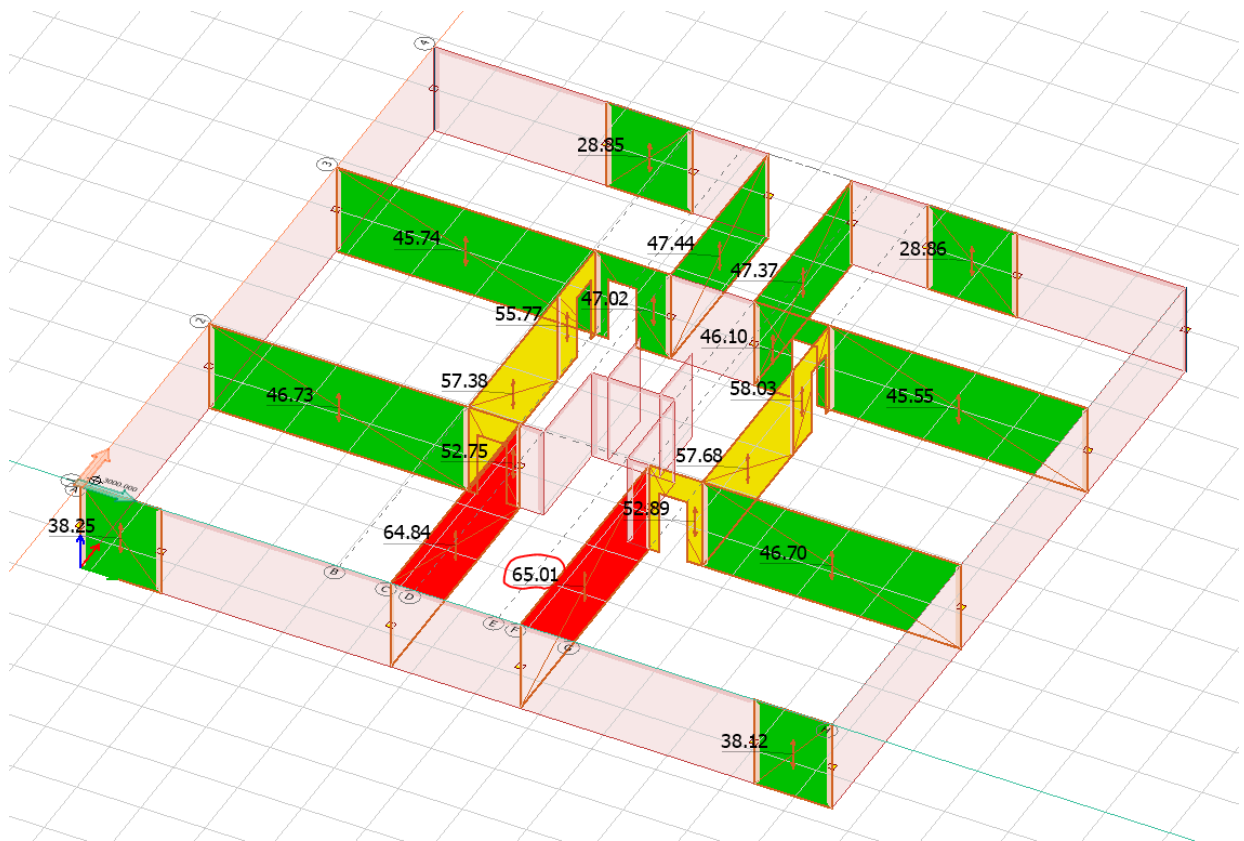
Figur 35: Reaksjonskrefter under skive TP.8 i positiv retning.



Figur 36: Reaksjonskrefter under skive TP.8 i negativ retning.

11.2.2 Dimensjonering av mest belastet skive med FEM-Design

Timber design, som nevnt i kapittel 7.1.4, ble brukt til å dimensjonere den mest belastede skiven. Denne skiven ligger i første etasje, og har plassering som vist på figur 37. I FEM-Design ble denne skiven kalt TP.8, mens skivens opplager heter S.55.



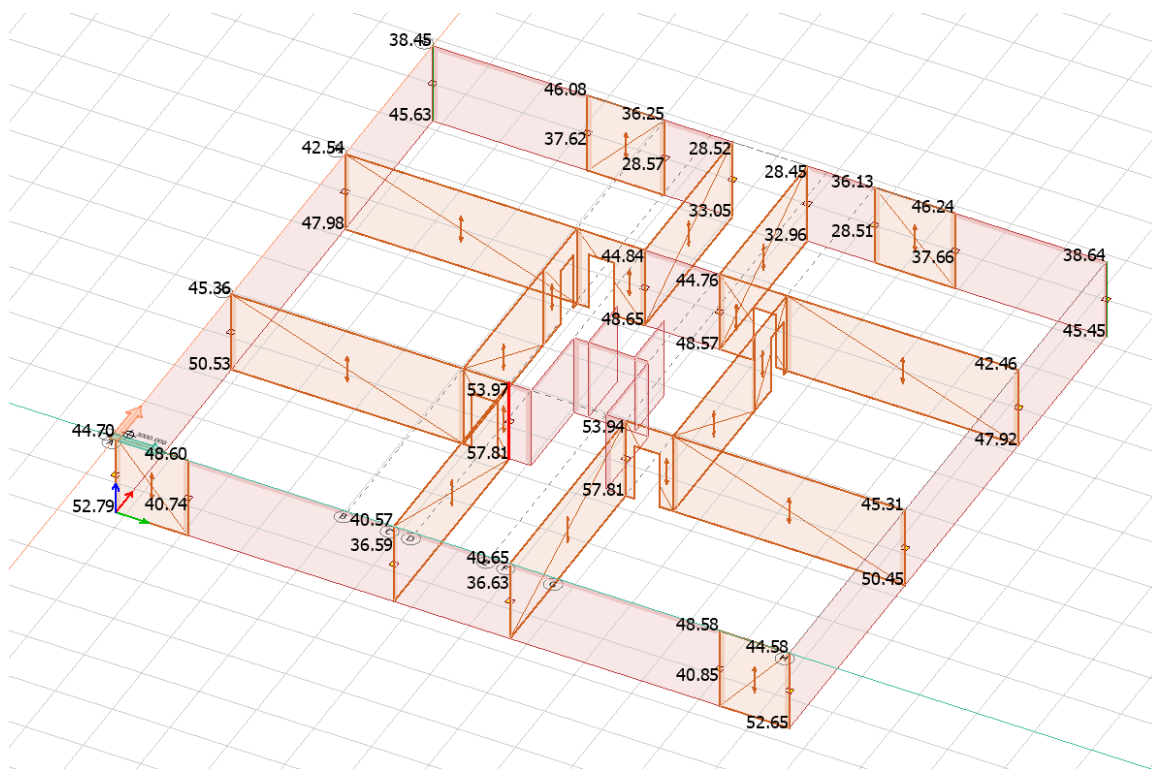
Figur 37: Utnyttelse av skiver i første etasje i alternativ A.

Alle tykkelser på Spruce konstruksjonskryssfiner som Metsä Wood tilbyr, ble i FEM-Design satt opp som mulige alternativer i dimensjoneringen. Resulterende tykkelse for skiven ble **18mm** (LC8ULS).

Beregningene for skiven i alternativ A ligger i vedlegg I.1.

11.2.3 Dimensjonering av mest belastet søyle med FEM-Design

Timber design, som nevnt i kapittel 7.1.4, ble brukt for å dimensjonere den mest belastede søylen. Søylen ligger i første etasje, og har plassering som vist på figur 38 (søylen har rød farge). I FEM-Design ble denne søylen kalt C.19.1.



Figur 38: Utnyttelse av søyler i første etasje i alternativ A.

Alle tverrsnitt for limtre av kvalitet GL32c, ble i FEM-Design satt opp som mulige alternativer i dimensjoneringen. Resulterende tverrsnitt for søylen ble **190x180mm** (LC6ULS).

Beregningene for søylen i alternativ A ligger i vedlegg I.2.

Lister over belastninger i søylen i alternativ A ligger i vedlegg I.3.

11.2.4 Kontroll av kapasitet til skive med størst belastning etter SINTEF Teknisk godkjenning TG 2059 - Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner

Gruppen antar i denne delen at kryssfinerplatene er upusset, og at de kan leveres i størrelsen 3000mm x 1500mm, selv om dette ikke er en standard størrelse etter produktbladet (Skogstad, 2021). Nødvendige platetykkelser utfra belastninger i FEM-Design er også hentet fra TG 2059.

Kapasiteter/fastheter med benevning		Belastning/las tkombinasjon i FEM-Design	Elementnavn i FEM-Design	Kapasitet/ Fasthet i TG 2059	Nødvendig platetykkelse i TG 2059	
Bøyemoment, M_0	Nmm/mm	17,5/LC6ULS	TP.8	312,0	9	mm
Bøyemoment, M_{90}	Nmm/mm	1,7/LC22ULS	TP.8	36,0	9	mm
Trykkapasitet, N_{c0}	N/mm	243,0/LC8ULS	TP.8	270,0	15	mm
Trykkapasitet, N_{c90}	N/mm	6,9/LC8ULS	TP.8	72,0	9	mm
Strekkapasitet, N_{t0}	N/mm	0,0	TP.8	86,0	9	mm
Strekkapasitet, N_{t90}	N/mm	0,0	TP.8	43,0	9	mm
Skiveskjærkapasitet, V_k	N/mm	7,4/LC7ULS	TP.8	31,5	9	mm

Tabell 11: Kontroll av skive TP.8 (Alternativ A) utfra kapasiteter/fastheter i TG 2059.

Nødvendig platetykkelse: **15mm**, som vil si at er det ok med plate på 18mm etter TG 2059.

Lister over resultater for TP.8 i alternativ A ligger i vedlegg I.4.

11.2.5 Forenklet dimensjonering av forbindelsesmidler i skive og søyle etter NS-EN 1995-1-1 9.2.4.2

Styrke på forbindelsesmidler, og krefter på skive/plate er hentet fra SINTEF Byggforskblad 520.238 Skivekonstruksjoner av tre (SINTEF, 2011).

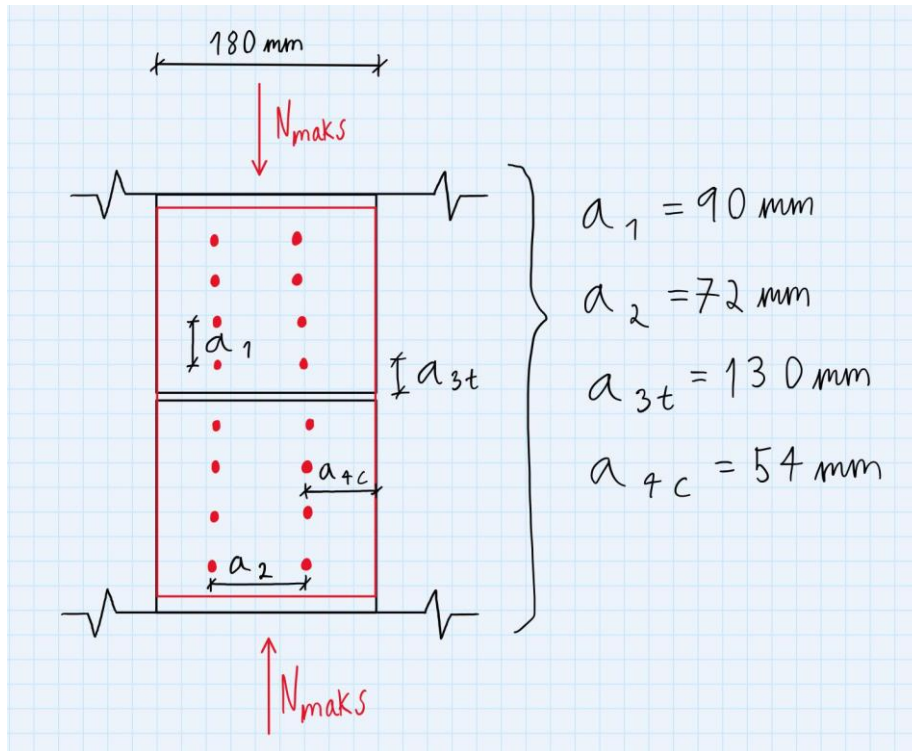
Beregningene for skiveforbindelsene ligger i vedlegg I.5.

Resultatet fra håndberegningene viste at den mest utsatte skiven (TP.8) hadde tilstrekkelig kapasitet ved **18mm platetykkelse, 4,9mm spiker** og **33mm** (LC8ULS) avstand mellom forbindelsesmidlene etter den forenklede beregningen.

Dimensjonering av bolteforbindelse i søyle mellom første og andre etasje gjøres etter NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 (Standard Norge, 2010). Forbindelsen ble sett på som en dobbeltsnittet forbindelse med tynne stålplater som ytterdeler.

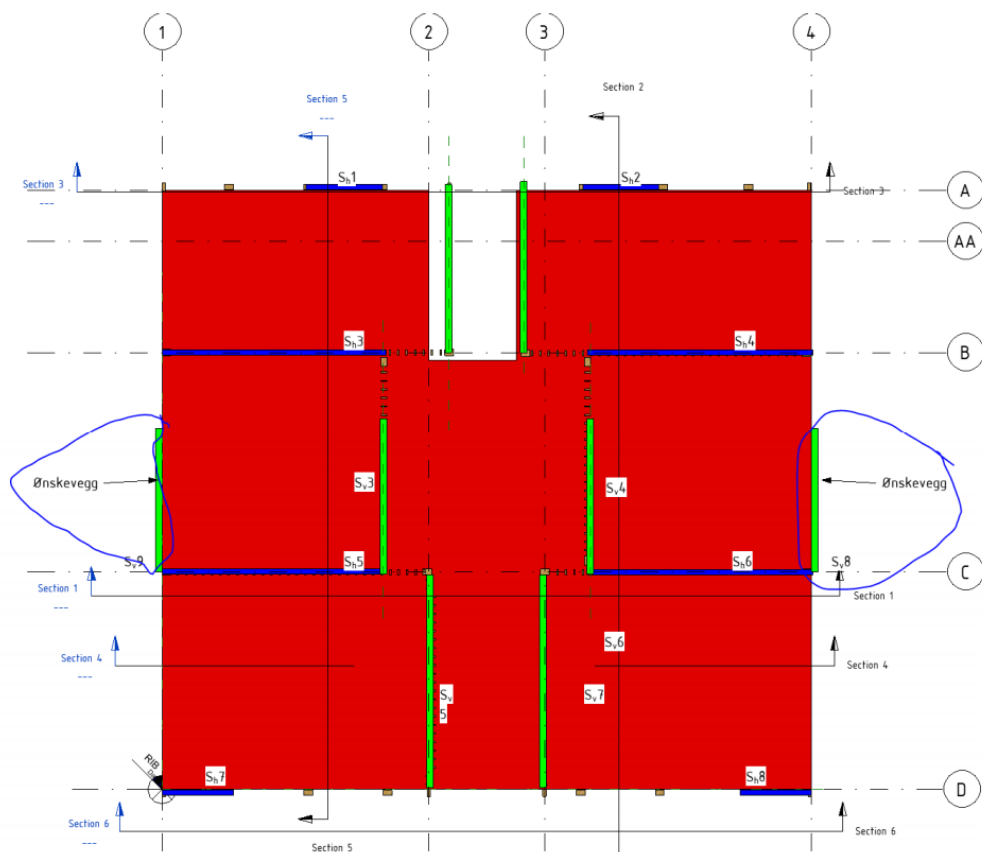
Beregningene for søyleforbindelsen ligger i vedlegg I.6.

Resultatet fra disse håndberegningene viste at den mest utsatte søylen (C.19.1) hadde tilstrekkelig kapasitet i aksialretning ved å bruke **8 bolter i to rader med diameter 18mm, $800 \frac{N}{mm^2}$ bruddfasthet, 4mm stålplatetykkelse og avstander som vist på figur 39.**



Figur 39: Opptredende/valgte kant- og endeavstander.

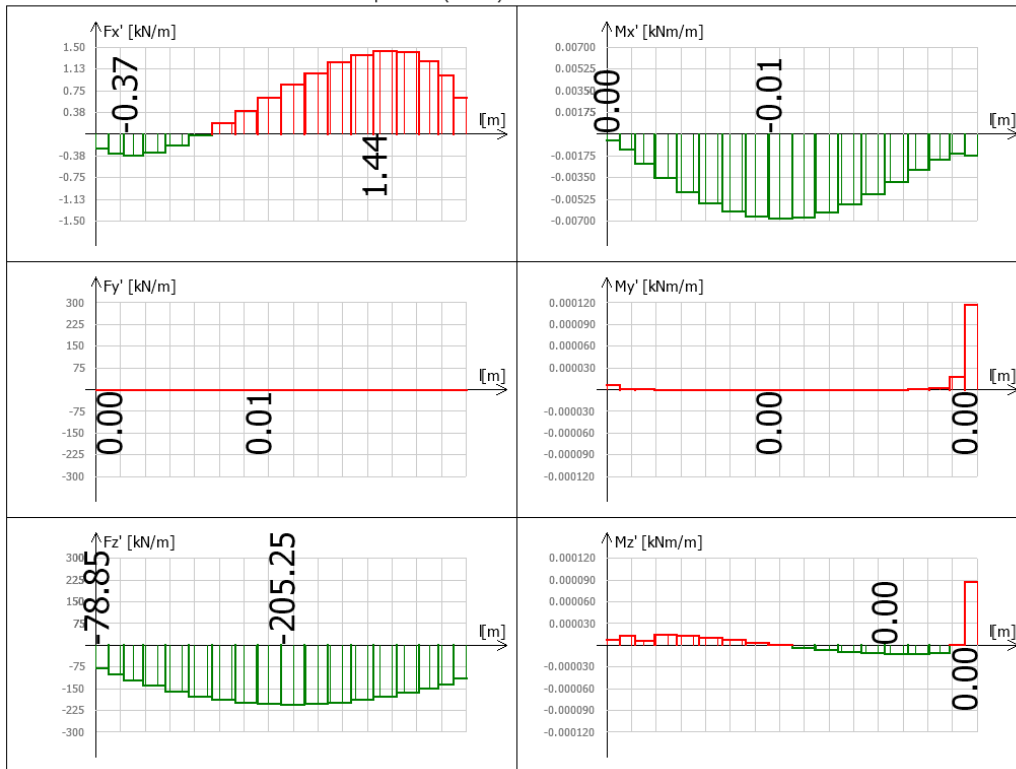
11.3 Alternativ B – FEM-Design 2, med ønskevegg



Figur 40: Plassering av skiver i konstruksjonen, med ønskevegger (Østvold, 2019).

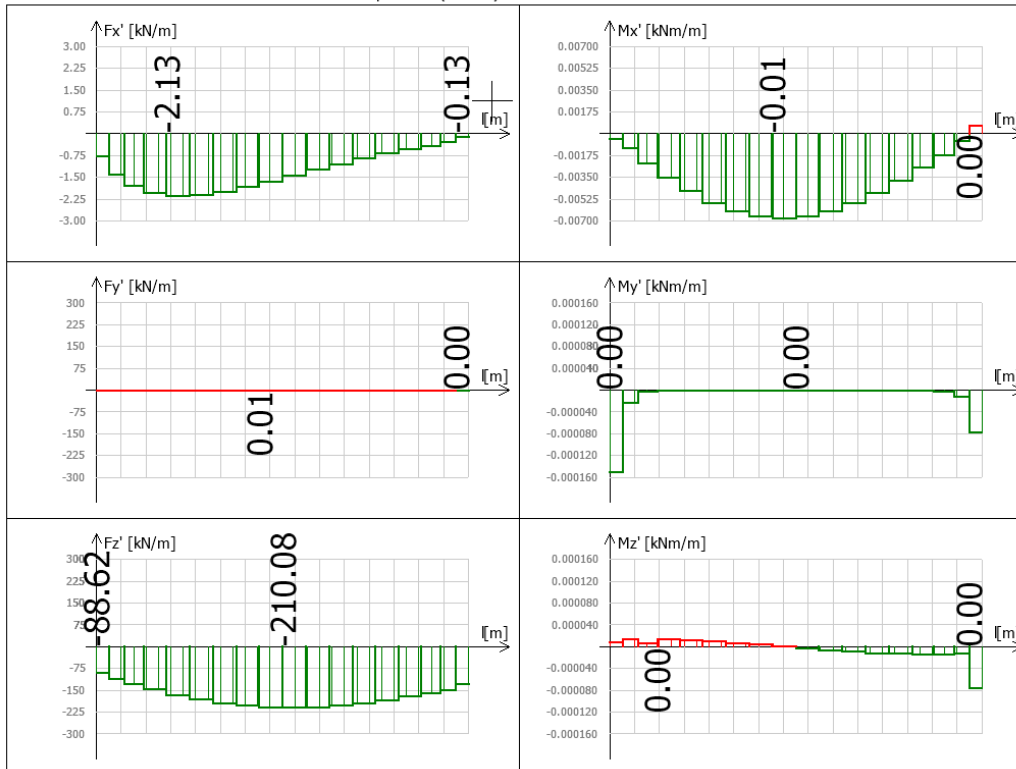
11.3.1 Opplagerkrefter og momenter under skive

S.54 - Reactions - Max. of load combinations: U All components+ (7.91 m)



Figur 41: Reaksjonskrefter under skive TP.8 i positiv retning.

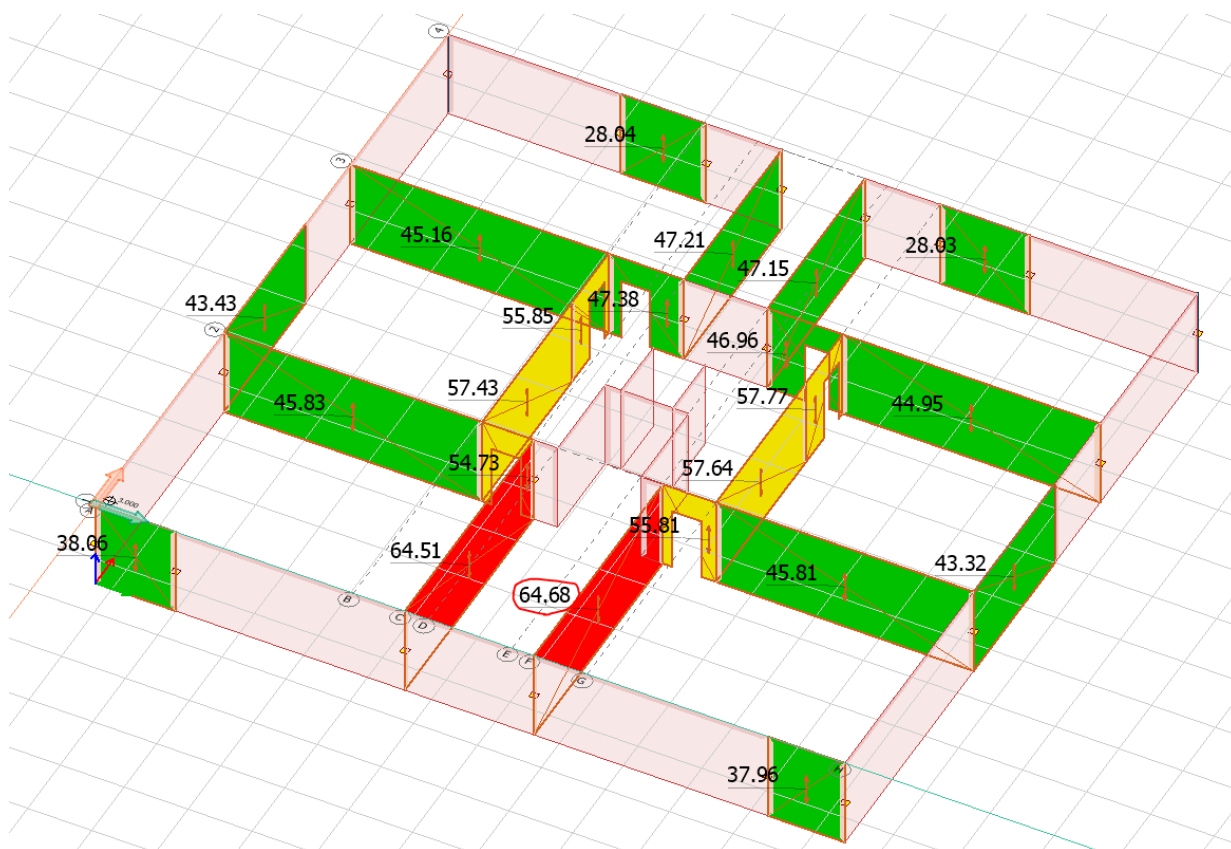
S.54 - Reactions - Max. of load combinations: U All components- (7.91 m)



Figur 42: Reaksjonskrefter under skive TP.8 i negativ retning.

11.3.2 Dimensjonering av mest belastet skive med FEM-Design

Timber design, som nevnt i kapittel 7.1.4, ble brukt til å dimensjonere den mest belastede skiven. Denne skiven ligger også her i første etasje, og har plassering som vist på figur 43 (høyeste tallet). I FEM-Design ble denne skiven kalt TP.8, mens skivens opplager heter S.54.



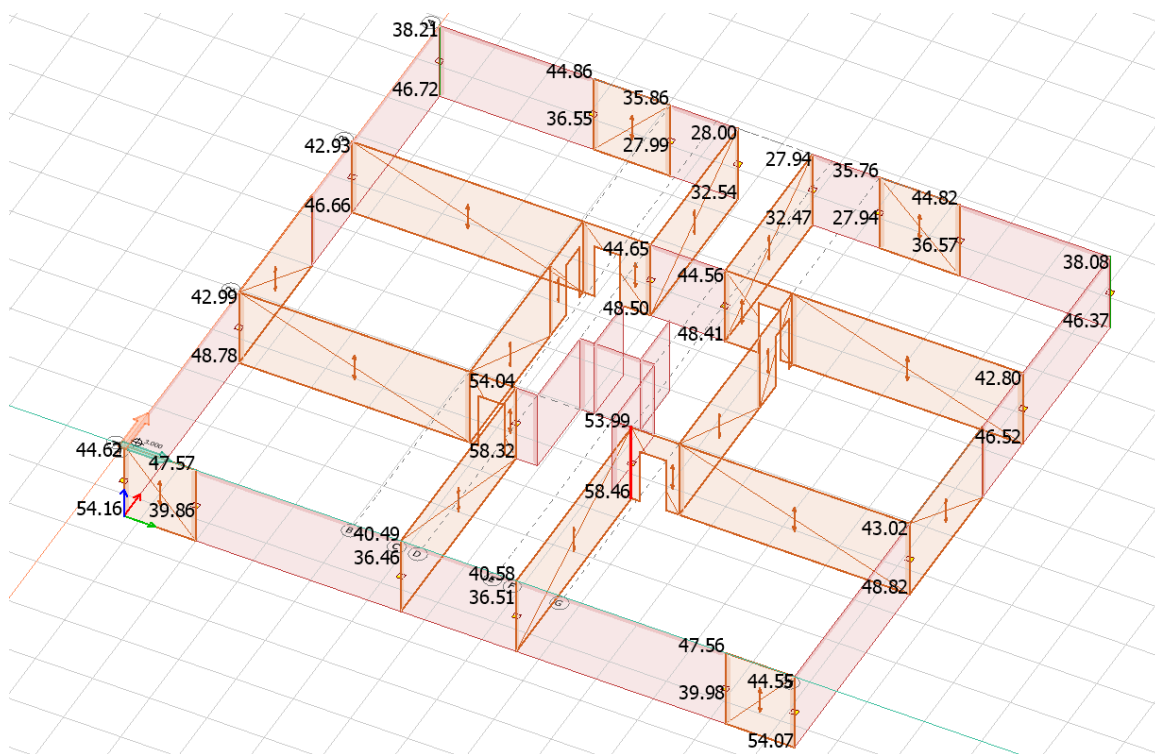
Figur 43: Utnyttelse av skiver i første etasje i alternativ B.

Alle tykkelser på Spruce konstruksjonskryssfiner som Metsä Wood tilbyr, ble i FEM-Design satt opp som mulige alternativer i dimensjoneringen. Resulterende tykkelse for skiven ble **18mm** (LC8ULS).

Beregningene for skiven i alternativ B ligger i vedlegg I.7.

11.3.3 Dimensjonering av mest belastet søyle med FEM-Design

Timber design, som nevnt i kapittel 7.1.4, ble brukt for å dimensjonere den mest belastede søylen. Søylen ligger i første etasje, og har plassering som vist på figur 44 (søylen har rød farge). I FEM-Design ble denne søylen kalt C.20.1.



Figur 44: Utnyttelse av søyler i første etasje i alternativ B.

Alle tverrsnitt for limtre av kvalitet GL32c ble i FEM-Design satt opp som mulige alternativer i dimensjoneringen. Resulterende tverrsnitt for søylen ble **190x180mm** (LC8ULS).

Beregningene for søylen i alternativ B ligger i vedlegg I.8.

Lister over belastninger i søylen i alternativ B ligger i vedlegg I.9.

11.2.4 Kontroll av kapasitet til skive med størst belastning etter SINTEF Teknisk godkjenning TG 2059 - Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner

Antar i denne delen at platene er upusset, og kan leveres i størrelsen 3000mm x 1500mm, selv om dette ikke er en standard størrelse etter produktbladet (Skogstad, 2021).

Nødvendige platetykkelser utfra belastninger i FEM-Design er også hentet fra TG 2059.

Kapaciteter/fastheter med benevning		Belastning/las tkombinasjon i FEM-Design	Elementnavn i FEM-Design	Kapasitet/ Fasthet i TG 2059	Nødvendig platetykkelse i TG 2059	
Bøyemoment, M_0	Nmm/mm	17,2/LC6ULS	TP.8	312,0	9	mm
Bøyemoment, M_{90}	Nmm/mm	1,6/LC22ULS	TP.8	36,0	9	mm
Trykkapasitet, N_{c0}	N/mm	241,8/LC8ULS	TP.8	270,0	15	mm
Trykkapasitet, N_{c90}	N/mm	7,0/LC8ULS	TP.8	72,0	9	mm
Strekkapasitet, N_{t0}	N/mm	0,0	TP.8	86,0	9	mm
Strekkapasitet, N_{t90}	N/mm	0,0	TP.8	43,0	9	mm
Skiveskjærkapasitet, V_k	N/mm	5,4/LC23ULS	TP.8	31,5	9	mm

Tabell 12: Kontroll av skive TP.8 (Alternativ B) utfra kapasiteter/fastheter i TG 2059.

Nødvendig platetykkelse: **18mm**, som vil si at er det ok med plate på 18mm etter TG 2059.

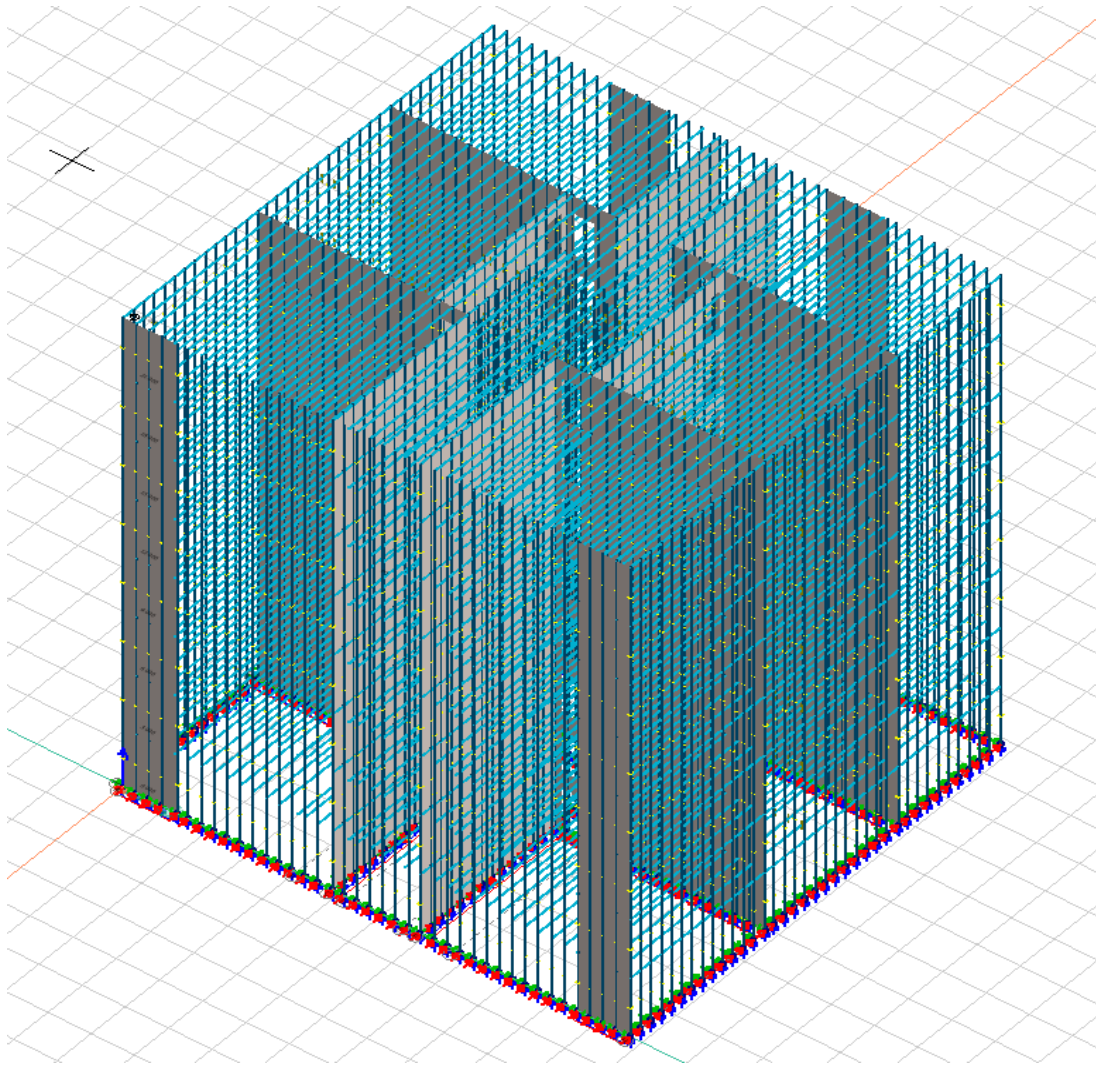
Lister over resultater for TP.8 i alternativ B ligger i vedlegg I.10.

11.3.5 Forenklet dimensjonering av forbindelsesmidler i skive og søyle etter NS-EN 1995-1-1 9.2.4.2

Kontroll blir lik som beskrevet i kapittel 11.2.5, siden det er liten forskjell på kreftene i randbjelkene og søylene, og ingen forskjell i dimensjonen på skivene.

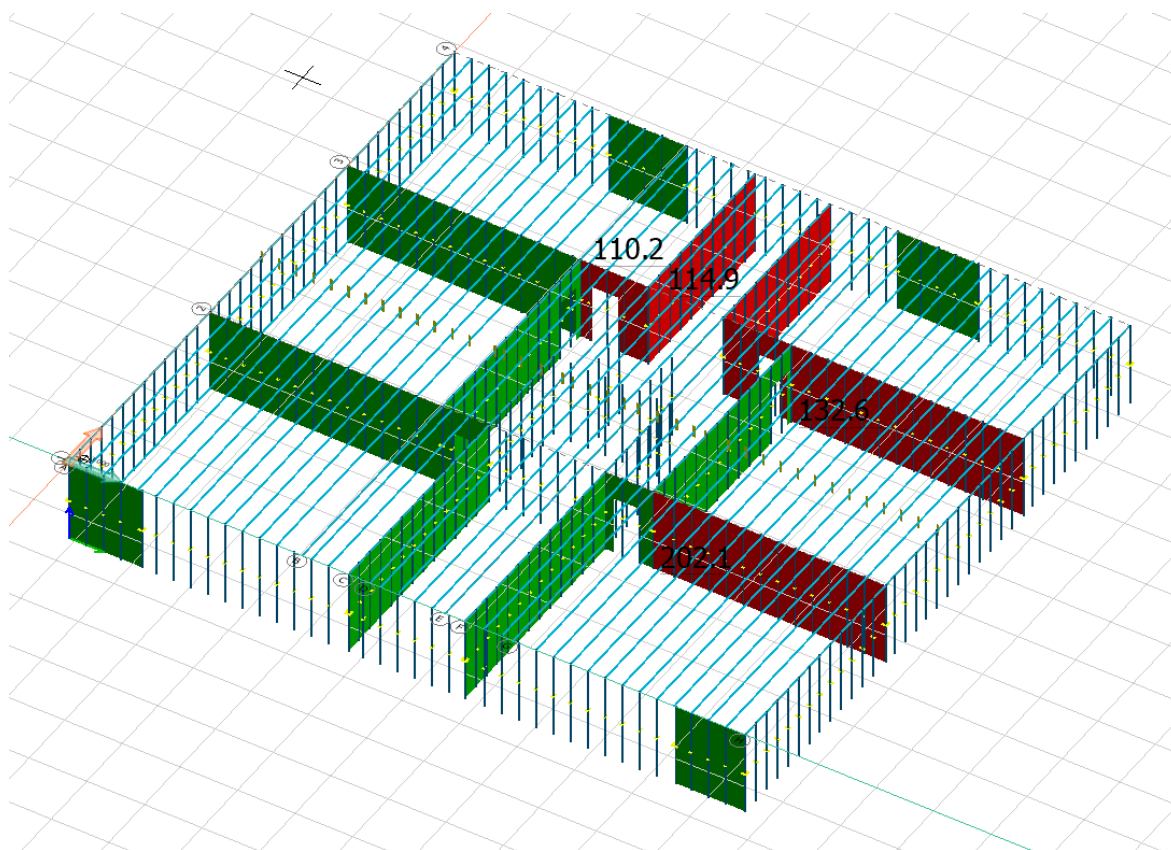
11.4 Alternativ C – Bindingsverk i FEM-Design, uten ønskevegg

Dette siste alternativet som ble modellert i FEM-Design ble i prosjektoppgaven hovedsakelig brukt for å kontrollere dimensjoner i håndberegningene. Denne modellen er også den mest usikre, siden nøyaktigheten i programmet måtte skruses ned for å få en lavere beregningstid.



Figur 45: 3D-visning av bindingsverksmodellen i FEM-Design i alternativ C.

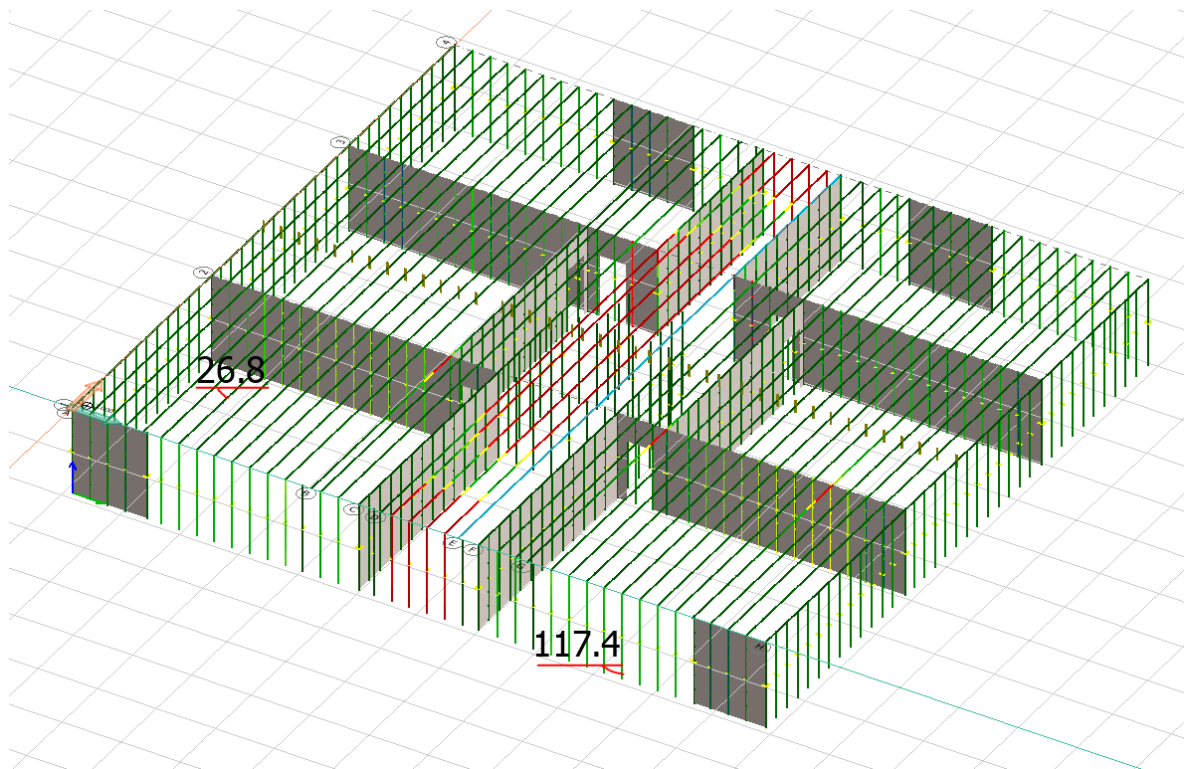
På grunn av at veggene utenom skivene er satt opp som rene søyler, blir belastningen mye høyere i dette alternativet. Det blir ca. dobbel belastning i forhold til kapasiteten på den mest belastede skiven av 30mm kryssfiner. Dette vil gi en nødvendig platetykkelse opp mot 60mm. I figur 46 under kan man se hvordan utnyttelsesgraden for skivene ble.



Figur 46: Utnyttelse av noen utvalgte skiver i første etasje i alternativ C.

11.4.1 Dimensjonering av en valgt golvbjelke, og en valgt stender i første etasje

En golvbjelke og en stender ble i dette alternativet valgt for å ha sammenligningsgrunnlag for noen av håndberegningene. En bjelke midt i ett åpent spenn ble valgt fordi den vil bære lasten på en ganske forutsigbar måte. På samme måte ble en stender midt i ett åpent spenn valgt. Begge konstruksjonsdelene, og deres utnyttelsesgrad er vist på figur 47.



Figur 47: Utnyttelse av en valgt golvslike, og en valgt stender i første etasje i alternativ C.

Disse konstruksjonsdelene ble begge dimensjonert med funksjonen auto design, som beskrevet i kapittel 7.1.4. Valgt materiale for golvbjelke (kalt B.8.1 i FEM-Design) var limtre med kvalitet GL32c, og konstruksjonsvirke med kvalitet C30 for stenderen (kalt C.28.1 i FEM-Design).

Resulterende tverrsnitt for golvbjelken ble **90x270mm** (LC5ULS).

Beregningene for den dimensjonerte golvbjelken i alternativ C ligger i vedlegg I.11.

Resulterende tverrsnitt for stenderen ble **125x175mm** (LC5ULS).

Beregningene for den dimensjonerte stenderen i alternativ C ligger i vedlegg I.12.

11.5 Resultater for håndberegninger

Håndberegninger i denne oppgaven har blitt tatt i bruk som kontroll. Mange av kontrollberegningene er veldig konservative. Det kommer av at det mangler flere parametere og grunnlagsdata for å kunne gjøre eksakte beregninger. Det har blitt brukt norske standarder og annen støttelitteratur tilknyttet studieretningen for å utføre beregningene. Håndberegningene er utført i dataverktøyet MathCAD.

Det er utført håndberegninger på de opptredende lastene, som egen-, nytte-, snø- og vindlast. Det har også blitt vurdert skjevstillingslast og seismisk last. De opptredende lastene er beregnet med utgangspunkt at byggets plassering er i Trondheim kommune.

I vindlastberegningene er det tatt utgangspunkt i NA.4.2(2)P Merknad 2. Med alle tilleggsfaktorer lik 1.0. Ut ifra området's topologi ble terrengkategori IV valgt og beregninger utført deretter. Beregningene viser at på grunn av bygningens relativt kvadratiske form, så vil verdiene for vindtrykk være relativt like uavhengig av vindens angrepsvinkel. Vindkraften kan forårsake løft på bygningen, men denne kraften vil være for liten i forhånd til byggets egenvekt. Det skal også bemerkes at for videre beregninger er det valgt å bruke den største kraftpåkjenningen som vind utgjør, uavhengig av plassering på bygget.

For lasttilfellene ble det satt opp fire forskjellige tilfeller. Dette var for å vise metoden som brukes i dimensjonering. Hvorvidt disse tilfellene er dimensjonerende, er usikkert. Det ble så kontrollert slik at konstruksjonen er bygd opp av søyler som tar opp alle kreftene i vertikal retning. Det skal peongeteres at dette er veldig konservativt både fordi kreftene i realiteten vil fordele seg nedover i bygget og virke på de forskjellige dekkene. Bygget er heller ikke fullstendig kvadratisk, og fasaden til bygget er heller ikke helt rett da det er balkonger og forskjellig dybde i fasaden. Disse beregningene er derfor til for å illustrere metoden som ligger bak analysen i FEM-design og gir et konservativt svar på konstruksjonens motstandsdyktighet. Resultatet ifra søyleberegningen er at ved at 10 søyler som tar opp like mye krefter, er at søyler av typen CE L40c med dimensjon 200x200 mm tåler påkjenningen.

Videre ble det gjort beregninger på hele dekket som en horisontal skive. For å undersøke hvilke krefter som oppstår. Dette er også svært konservativt da det er tatt utgangspunkt i at konstruksjonen får størst moment på midten med et spenn på 22 meter, mens den i realiteten vil være støttet opp på undersiden av vegger, det vil også være en heissjakt som lager ett hull i dekket som skaper flere utfordringer, spesielt med hensyn på innfesting til heissjakt og bindeløsninger. Men for beregningene sin skyld ble det gjort forenklet.

Det ble også kontrollert for nedbøyning i bruksgrensetilstanden. Her er det gjort samme antagelser som tidligere for plater. Med en antagelse om at bjelkelaget var bygd opp av limtrebjelker av dimensjonen 45x450mm så viste det seg at ved å regne med metoden i byggforsk (SINTEF, 2011), så ble resultatet en nedbøyning på 12.9 mm. Og ved å regne mer nøyaktig ble resultatet 9.75mm. Men begge disse oppfyller ikke nedbøyningskravet satt i oppgaven. (Se vedlegg I.13).

Til slutt så ble golvbjelkene kontrollert, her er det valgt en dimensjon på 45x450mm ut ifra SWECO Norge AS sitt forslag. Denne dimensjonen viste seg å ikke være tilstrekkelig, men her gjelder det samme som før at spennet på 22 meter ikke er realistisk. Det ble også gjort kontroll på 2 forskjellige lasttilfeller. Det var for å kontrollere hvilken som var dimensjonerende. Det utgjorde relativt stor forskjell, men dette har med hvilke to tilfeller som ble valgt og hvilke fasthetsfaktorer som ble brukt.

Komplette håndberegninger, med innhold beskrevet over, ligger i vedlegg I.13.

Standarden brukt i beregningene er NS-EN 14080:2013+NA:2016 (Standard Norge, 2016) i tillegg til andre standarder beskrevet tidligere i rapporten.

12. Diskusjon og videre arbeid

12.1 Sammenligning av avstivningssystemer

De to avstivningssystemene i alternativ A og B var oppgavens hovedfokus, men etter prosjektets analysedel ble avsluttet, var det nettopp disse beregningene som var de mest usikre. Grunnet tiden det ville ta å gjøre beregningene på nytt fra start, ble det vurdert å evaluere resultatene det ble kommet frem til, selv om nøyaktigheten på avstivningsberegningene ikke vurderes til å være tilstrekkelig.

Det ble da viktig for prosjektet å utvide problemdefineringsen, og i tillegg inkludere ekstra beregninger. Disse omhandler hvordan noen viktige konstruksjonsdeler i bygget kan dimensjoneres, både for hånd og ved bruk av digitale hjelpemidler.

Å dokumentere fremgangsmåten godt ble altså viktig for å gjøre fremtidig arbeid med problemstillingen lettest mulig. Alle beregninger i rapporten kan etterprøves med andre dimensjoner på modellene, og det vil i tillegg være rom for utvidelse av nøyaktigheten ellers. Dette bør vurderes etter videre utvikling i det pågående forskningsprosjektet, som er bakgrunnen for oppgaven.

Hvordan gruppen er kommet frem til denne vurderingen, er beskrevet under, i kapittel 12.2 og 12.3. I kapittel 12.4 ligger det evalueringer av alle håndberegninger som er relevant for resultatene i prosjektet. Kapittel 13 tar for seg konklusjonen, og inkluderer en vurdering av nytten resultatene i oppgaven kan ha for Støren Treindustri AS.

12.2 Søyledimensjoner og knutepunkt

Beregningen gruppen har vurdert som mest pålitelig, er dimensjoneringen av søylene. Dette er fordi kraftfordelingen i søylene i stor grad vil være den samme, uansett hvilken metode og prinsipp man bruker for modellering.

Dimensjonen på søylene ble lik for alternativ A og B, som gav tidlig indikator på at de bærende veggene i modellene tok opp for mye krefter. Vurderingen ble da likevel å legge ved begge beregningene, og se på dimensjonen 190x180mm av limtre GL32c som et godt resultat gitt forutsetningene. Det ble bekreftet av gruppens eksterne veileder at dette er en realistisk dimensjon, som er mye brukt til å ta opp vertikale krefter i høye trekonstruksjoner.

De forenklede håndberegningene tok også for seg en kontroll av limtresøyler, men dimensjonerende aksialkraft ble ca. 12% høyere. Resulterende dimensjon ble 200x200mm av limtre CE L40c, noe som ikke er langt fra resultatet funnet i FEM-Design.

Til tross for denne likheten bør resulterende søyledimensjon kontrolleres på nytt ved eventuell utvikling i det pågående forskningsprosjektet.

For å vise dimensjonering for hånd etter Norsk Standard, ble også overgangen mellom toppen av den mest belastede søylen i første etasje og overliggende søyle kontrollert. Lasten som ble grunnlaget for dimensjoneringen, finnes i vedlegg I.3 som den høyeste normalkraften i søylens topp. En enkelt dimensjonering av den mest belastede søyletoppen i alternativ A og B ble sett på som tilstrekkelig.

Resultatet ble 8 bolter i to rader med diameter 18mm, $800 \frac{N}{mm^2}$ bruddfasthet og 4mm stålplatetykkelse (dobbeltsnittet). Dette anses å være et godt resultat, med tanke på at det bare er en kraft som gir grunnlag for dimensjoneringen. I realiteten ville flere krefter vært med å påvirke knutepunktet, men aksialbelastningen vil være den desidert største. Likevel vil det trolig bli mindre aksialkraft i søylene i en reell situasjon, med tanke på at søylene ikke vil være skjøtet mellom hver etasje.

12.3 Skivedimensjoner og forbindelsesmidler

Resulterende tykkelse på den mest belastede skiven i de to alternativene ble begge 18mm. Forskjellene ellers på avstivningssystemene i alternativ A og B ble veldig små. Dette skyldes i hovedsak at de bærende veggene som ble valgt å ha ellers i konstruksjonen, ble for massive. De tok altså avstivningsoppgaven som de avstivende skivene egentlig skulle ha.

Resulterende skivetykkelse i alternativ C ble sett bort fra, da skivene måtte være ca. 60mm tjukke. Dette ble gjort (selv om resultatet kan være realistisk) fordi ingen andre avstivende konstruksjonsdeler er brukt under modelleringen av dette alternativet.

Man kan for eksempel se dette i vedlegg I.1 og I.7, hvor kombinasjonen av kompresjon og bøyning ble dimensjonerende, mens skjærkapasiteten i skivene ble utnyttet under 20%. Kontrollen av skivene etter kapasiteter oppgitt i TG 2059 viste også en liten utnyttelse av skivene. Noe som også kan være en indikator på at modellen ble bygget opp feil.

Som sagt må resultatene vurderes på nytt når prosjektet har kommet lengre, men til oppgavens formål gir resultatet en realistisk dimensjon på 18mm, som er mye brukt til avstivning i trekonstruksjoner. Dette ble bekreftet av gruppens eksterne veileder. Gruppens resultater fra de to løsningene gjør at det anbefalt metode blir Alternativ A. Bakgrunnen for dette var altså en kombinasjon av at forskjellene i utnyttelse var små, i tillegg til at ønskeveggene ville skape flere andre problemer under bygging, da disse trenger mange hull for å gi plass til vinduer.

I en modell etter stenderverkprinsippet ville kreftene, og spesielt disse skjærkreftene, blitt fordelt på en mer realistisk måte, og dimensjonen ville blitt mer nøyaktig.

Forbindelsesmidlene rundt skivene ble også dimensjonert i prosjektet. Siden dette ikke ville i stor grad være avhengig av modellen, så gruppen på dette som en fin mulighet å vise kunnskap om dimensjonering etter annen støttelitteratur. Kontrollen tar likevel utgangspunkt i skivedimensjonen fra dimensjonering i FEM-Design. En enkelt dimensjonering av forbindelsesmidlene rundt den mest belastede skiven i alternativ A og B ble sett på som tilstrekkelig.

Kraften i den mest belastede randbjelken skapte grunnlaget for dimensjoneringen. En enkel kontroll ble også gjort for å sjekke verdien på trykkraften fra vedlegg I.3. Disse to ble veldig like, med under 3% feilmargin mellom hverandre.

Resultatet, med 18mm platetykkelse, 4,9mm spiker og 33mm avstand mellom forbindelsesmidlene, er på den konservative siden, og bygger på kjent litteratur fra Byggforskeren og Norsk Standard. Det kan stoles på i større grad enn selve skivedimensjonen, men bør også kontrolleres på nytt ved en eventuell ny vurdering av skivedimensjon.

12.4 Golvbjelke- og stenderdimensjon etter alternativ C

Dimensjonene fra alternativ C anses å være noen av de mest usikre i rapporten. Metodene er de samme som er brukt ellers i rapporten, men modelleringsprinsippet er annerledes. Stenderne og golvbjelkene ble satt med senteravstand 600mm (cc600mm), uten å ta hensyn til alle åpninger i konstruksjonen. Bindingsverk viste seg å ta mye prosessorkraft ved beregning i FEM-Design, så nøyaktigheten på elementinndelingen måtte skrues ned for å få beregningstiden god nok. Beregningstiden ble på ca. to timer, kontra 10 minutter i skive/plate-modellene.

For å trekke ut resultater som kunne være gode nok, ble det valgt ut to konstruksjonsdeler midt i spenn, og midt mellom veggskiver. Det ble da vurdert at kreftene ble fordelt mest mulig naturlig på disse to delene.

Den første konstruksjonsdelen var en av golvbjelkene i første etasje. Denne fikk et resulterende tverrsnitt på 90x270mm av limtre GL32c. Dette resultatet anser gruppen å være realistisk, men det vil mest sannsynlig bli nødvendig med høyere tverrsnitt mot midten av konstruksjonen hvor belastningene er høyere.

Til slutt ble en av stenderne midt mellom to av veggskivene i ytterveggen i første etasje dimensjonert på samme måte. Denne fikk et resulterende tverrsnitt på 125x175mm av

konstruksjonsvirke C30. Stenderdimensjonen er ikke veldig realistisk, siden dimensjonen fra FEM-Design ikke finnes i vanlig konstruksjonsvirke. Det må derfor foretas en ny vurdering av stenderdimensjonene. For å få et lignende tverrsnittsareal vil det være aktuelt å bruke doble stendere av for eksempel 48x198mm i de første etasjene, så gå over til enkle stendere etter hvert.

12.5 Håndberegninger

Alle beregningene som hadde med lastkombinasjoner og dimensjonering av horisontal skive og plate å gjøre, ble veldig konservative, og gir ikke noe særlig godt svar på kapasiteten. I retrospekt skulle også nyttelasten blitt satt som permanent i alle tilfeller, og de øvrige lastene som snø- og vindlast blitt fordelt deretter. Dette ville gjort beregningene noe enklere og mer oversiktlig. Det er også et mye mer realistisk scenario da nyttelasten er så godt som permanent. Men det vil da bety at tilfelle 2 i beregningene er det mest sannsynlige utfallet, men ikke nødvendigvis den dimensjonerende. Det skal også poengteres at nyttelasten ikke nødvendigvis er lik for hver etasje, og at taket, som vil ta opp mest vindlast i realiteten, vil ha lite nyttelast.

Lasten som følge av balkongene, har blitt neglisjert i beregningene på plate. Dette er av den grunn at balkongene i praksis vil bli montert på en slik måte som fører kreftene nedover i konstruksjonen via ytterveggene. Her vil altså måten balkongen er festet i konstruksjonen ha noe å si. Om balkongene er en videreføring av dekke, eller om balkongen er et separat element som er festet til dekket/veggen. Hvis det er en videreføring av dekket vil den bidra til å motvirke momentet som skapes av de øvrige lastene. Men hvis balkongen er festet til dekket/veggen vil det være et stag på undersiden som hjelper til med å føre kreftene ned i konstruksjonen. Samtidig som at det ikke skapes noe moment hvis man ser på forbindelsen mellom balkong og dekket som en leddet forbindelse. Balkonglasten utgjør ikke all verden, men er med på å øke skjærkreftene i dekket.

13. Konklusjon

Etter resultatene gruppen kom frem til, var det mulig å produsere slike elementer med eksisterende produksjonslinjer. Dette ble bekreftet overfor ekstern veileder. Selv om belastningene gjør dimensjonene store, er altså resultatene totalt sett realistiske, og ingen justeringer i produksjonsutstyr må foretas.

I tillegg til at disse elementene kan produseres på fabrikken til Støren Treindustri AS, er også prosjektarbeidet i samsvar med firmaets visjon som har endret seg de siste årene. Høyhus opp til åtte etasjer av bindingsverkselementer, er en miljøvennlig, ressursvennlig, og innovativ løsning. Ved å klare å konstruere på denne måten, vil Støren Treindustri AS kunne bli konkurransedyktige på flere prosjekter i urbane strøk, og bli ledende innen klimavennlige elementbygg av bindingsverk.

FEM-Design, som gruppen har tatt i bruk under prosjektarbeidet, er også et viktig moment i rapporten. Programvaren er ikke enda tatt i bruk av Støren Treindustri AS, men gruppen kan konkludere med at det er klare fordeler ved å ta i bruk programmet i firmaet. Dette gitt at opplæringen prioriteres. Man kan automatisk og/eller manuelt dimensjonere store trekonstruksjoner (og konstruksjoner av andre materialer), og selv bestemme nøyaktigheten i modellen/beregningene. Modellene i FEM-Design kan også knyttes opp mot andre modelleringsprogrammer for bedre samarbeid med andre fagområder. For å gjøre videre arbeid med resultatene lettere, er fremgangsmåten nøye beskrevet i denne rapporten.

Sammenligningsgrunnlaget prosjektoppgaven har, er minimalt i forhold til det som har blitt utført tidligere. Det finnes ingen hus med åtte etasjer av bindingsverkselementer, andre fagområder og de fleste bruksgrensekrav er sett bort fra, og forskningsprosjektet som Støren Treindustri AS startet i 2019 er langt fra ferdig. På grunn av disse klare utfordringene, har gruppen konkludert med at resultatene ikke kan anses som gode nok til å direkte tas ut i produksjon til tross for at elementene kan produseres.

Beregningene er gjort etter gruppens resultater og antagelser beskrevet i rapporten, og konklusjonen blir i stor grad en oppfordring til etterkontroll av disse resultatene. Gruppen ønsker at resultatene i oppgaven skal kunne gi inspirasjon til ledende aktører, for å fremme videre innovasjon og forskning på dette innovative fagområdet.

14. Kilder

International Energy Agency, 2018. *2018 Global Status Report*, Paris: Global Alliance for Buildings and Construction.

Cappelen, P. T. et al., 2017. *Tabeller og formelsamling*. 8. red. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Direktoratet for byggkvalitet, 2018. *Sentralt godkjente foretak STØREN TREINDUSTRI AS*. [Internett]

Available at: <https://sgregister.dibk.no/enterprises/963434472>

[Funnet 29 April 2021].

Edvartsen, K. I. & Ramstad, T. Ø., 2017. *Håndbok 5 Trehus*. 3. red. Oslo: SINTEF Byggforsk.

GRAPHISOFT Norge, u.å.. *Archicad – Brukervennlig og intuitivt*. [Internett]

Available at: <https://graphisoft.no/archicad/oversikt/>

[Funnet 17 Mars 2021].

GRAPHISOFT Norge, u.å.. *SOLIBRI*. [Internett]

Available at: <https://graphisoft.no/andre-produkter/solibri-2/>

[Funnet 17 Mars 2021].

Isaksen, L. T., 2019. *NOTAT RIBR 01*, Oslo: Sweco Norge AS.

Lagerström, F., 2020. *Finite Element Mesh*. [Internett]

Available at: <https://wiki.fem-design.strusoft.com/xwiki/wiki/wiki.fem-design.strusoft.com/view/Manuals/User%20Manual/Finite%20Element%20Mesh/#HDivisionnumber>

[Funnet 10 April 2021].

Larsen, P. K., 2008. *Konstruksjonsteknikk, laster og bæresystemer*. 2. red. Oslo: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.

Nesheim, S., 2021. *Avstivende trebaserte skiver*, Trondheim: SINTEF Byggforsk .

Nordr Norge AS mfl., 2021. *Nye Lilleby - Verkstedgården 2 (VG2), Vedlegg til salgsoppgave*. [Internett]

Available at: <https://dnbeiendom.no/bolig/Tr%C3%B8ndelag/Trondheim/Trondheim-%C3%B8st/Nye-lilleby---verkstedgarden-2-vg2/814205010>

[Funnet 13 April 2021].

Norske limtreprodusenters forening, 2015. *Limtreboka*. 2015 red. Moelv: Norske Limtreprodusenters Forening.

Norske limtreprodusenters forening, u.å.. *Fordeler*. [Internett]

Available at: <https://www.limtreforeningen.no/2013-08-12-22-15-07/fordeler.html>

[Funnet 28. April 2021].

NTNU, u.å.. *Mathcad*. [Internett]

Available at: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Mathcad>

[Funnet 17 Mars 2021].

SINTEF, 2011. *520.238 Skivekonstruksjoner av tre*. [Internett]

Available at: https://www.byggforsk.no/dokument/309/skivekonstruksjoner_av_tre#i42

[Funnet 14 April 2021].

SINTEF, 2013. *471.031 Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler*.

[Internett]

Available at:

https://www.byggforsk.no/dokument/215/egenlaster_for_bygningsmaterialer_byggevarer_og_bygningsdeler

[Funnet 18 Mars 2021].

SINTEF, u.å.. *Hva er Byggforskserien*. [Internett]

Available at: https://www.byggforsk.no/side/198/hva_er_byggforskserien

[Funnet 30 April 2021].

Skogstad, H. B., 2015. *Sintef Certification Nr. 2232*, Trondheim: SINTEF.

Skogstad, H. B., 2020. *Sintef Certification Nr. 2324*, Trondheim: SINTEF.

Skogstad, H. B., 2021. *Sintef Certification Nr. 2059*, Trondheim: SINTEF.

Solli, C., Norby, A. S., Dahlstrøm, O. & Sundby Iversen, M., 2020. *Byggematerialer og klima*, Oslo: Asplan Viak.

Standard Norge, 2004. *NS 3490:2004 Prosjektering av konstruksjoner - Krav til pålitelighet (Gammel utgave)*. [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/no/nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=133851>

[Funnet 10 Februar 2021].

Standard Norge, 2008. *NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008 Laster på konstruksjoner - Del 1-1: Allmenne laster - Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*. [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=133851>

D=324902

[Funnet 20 Februar 2021].

Standard Norge, 2009. *NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009 Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster - Vindlaster.* [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=392208>

[Funnet 20 Februar 2021].

Standard Norge, 2010. *NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 Prosjektering av trekonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.* [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=436137>

[Funnet 20 Februar 2021].

Standard Norge, 2014. *NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.* [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=696101>

[Funnet 20 Februar 2021].

Standard Norge, 2016. *NS-EN 14080:2013+NA:2016 Trekonstruksjoner - Limtre og limt laminert heltre - Krav.* [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=866055>

[Funnet 3 Mai 2021].

Standard Norge, 2016. *NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.* [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/no/nettbutikk/produktkatalogen/produktpresentasjon/?ProductID=324900>

[Funnet 20 Februar 2021].

Standard Norge, 2017. *En bærekraftig framtid med grønnere bygg.* [Internett]

Available at: <https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og->

[eiendom/2017/en-barekraftig-framtid-med-gronnere-bygg/](#)

[Funnet 5 Mai 2021].

Standard Norge, 2018. *NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 Laster på konstruksjoner - Del 1-3: Allmenne laster - Snølaster*. [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1004200>

[Funnet 20 Februar 2021].

Standard Norge, 2019. *NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019 Laster på konstruksjoner - Del 1-1: Allmenne laster - Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*. [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1015211>

[Funnet 20 Februar 2021].

Statens kartverk, u.å.. *Norgeskart, Ladebekken 13, 7066 Trondheim*. [Internett]

Available at:

<https://norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1002,1021&zoom=18&lat=7043004.46&lon=272740.78&panel=Seeiendom&sok=Leksvikgata&markerLat=7042996.924727164&markerLon=272742.99063917703&showSelection=true>

[Funnet 13 April 2021].

StruSoft, u.å.. *EM-Design | Structural Analysis and Design Software*. [Internett]

Available at: <https://strusoft.com/products/fem-design>

[Funnet 25 Mars 2021].

StruSoft, u.å.. *USER MANUAL FEM-Design*. [Internett]

Available at: <http://download.strusoft.com/FEM-Design/inst110x/manual.pdf>

[Funnet 8 April 2021].

Støren Treindustri AS, u.å.. *Kvalitet i alle ledd*. [Internett]

Available at: <https://storen-treindustri.no/om-oss/kvalitet/>

[Funnet 6 Mai 2021].

Støren Treindustri AS, u.å.. *Masseprodusert skreddersøm*. [Internett]

Available at: <https://storen-treindustri.no/om-oss/>

[Funnet 05 Mars 2021].

Støren Treindustri AS, u.å.. *Miljø/Energi*. [Internett]

Available at: <https://storen-treindustri.no/klima-og-miljo/miljo-energi/>

[Funnet 5 Mai 2021].

Treindustrien, u.å.. *Miljø*. [Internett]

Available at: <http://www.treindustrien.no/miljo>

[Funnet 5 Mai 2021].

Østvold, A., 2019. *Verkstedgårdenkonstruksjonsprinsipper*, Gjøvik: Sweco Norge AS.

15. Vedleggsliste

Vedlegg A Artikkel

Vedlegg B Plakat

Vedlegg C – fra kapittel 4

Vedlegg C.1 SINTEF Teknisk godkjenning TG 2232

Vedlegg D – fra kapittel 5

Vedlegg D.1 Plantegninger

Vedlegg D.2 Fasadetegninger

Vedlegg D.3 Snittegning

Vedlegg D.4 Mengdebeskrivelse – Dekker og tak

Vedlegg D.5 Mengdebeskrivelse – Gulvarealer

Vedlegg D.6 Mengdebeskrivelse – Bærende innervegger

Vedlegg D.7 Mengdebeskrivelse – Ikke-bærende innervegger

Vedlegg D.8 Mengdebeskrivelse – Bærende yttervegger

Vedlegg E – fra kapittel 7

Vedlegg E.1 SINTEF Teknisk godkjenning TG 2059

Vedlegg F – fra kapittel 8

Vedlegg F.1 SINTEF Teknisk godkjenning TG 2324

Vedlegg G – fra kapittel 9

Vedlegg G.1 Egenlastberegning

Vedlegg G.2 Nyttelastberegning

Vedlegg G.3 Snølastberegning

Vedlegg G.4 Vindlastberegning

Vedlegg G.5 Beregning av skjevstillingslast

Vedlegg H – fra kapittel 10

Vedlegg H.1 Laster og lastkombinasjoner i FEM-Design

Vedlegg I – Fra kapittel 11

- Vedlegg I.1 Kontroll av dimensjonert skive (TP.8) Alternativ A
- Vedlegg I.2 Kontroll av dimensjonert søyle (C.19.1) Alternativ A
- Vedlegg I.3 Liste Resultater C.19.1 Alternativ A
- Vedlegg I.4 Liste Resultater TP.8 Alternativ A
- Vedlegg I.5 KONTROLL Dimensjonering av forbindelsesmidler etter NS-EN 1995-1-1 Alternativ A og B
- Vedlegg I.6 KONTROLL Dimensjonering av knutepunkt, søyle mellom 1. og 2. etasje Alternativ A og B
- Vedlegg I.7 Kontroll av dimensjonert skive (TP.8) Alternativ B
- Vedlegg I.8 Kontroll av dimensjonert søyle (C.20.1) Alternativ B
- Vedlegg I.9 Liste Resultater C.20.1 Alternativ B
- Vedlegg I.10 Liste Resultater TP.8 Alternativ B
- Vedlegg I.11 Kontroll av dimensjonert golvbjelke (B.8.1) Alternativ C
- Vedlegg I.12 Kontroll av dimensjonert stender (C.28.1) Alternativ C
- Vedlegg I.13 Resultater for håndberegninger

Vedlegg A – Artikkel

Bindingsverkselementer - En bransjeinspirerende løsning på manglende innovasjon i byggsektoren?

Av: Kasper Berg Skreien og Karsten Braastad

På sikt vil vi ha strengere krav til klimagassutslipp og ressursbruk, og mange næringer prioriterer i disse dager målrettet innovasjon mot bærekraftighet. Samtidig er innovasjonsgraden i byggebransjen blant de laveste, selv om byggenæringen er blant toppsjiktet på både utslipp og energibruk.

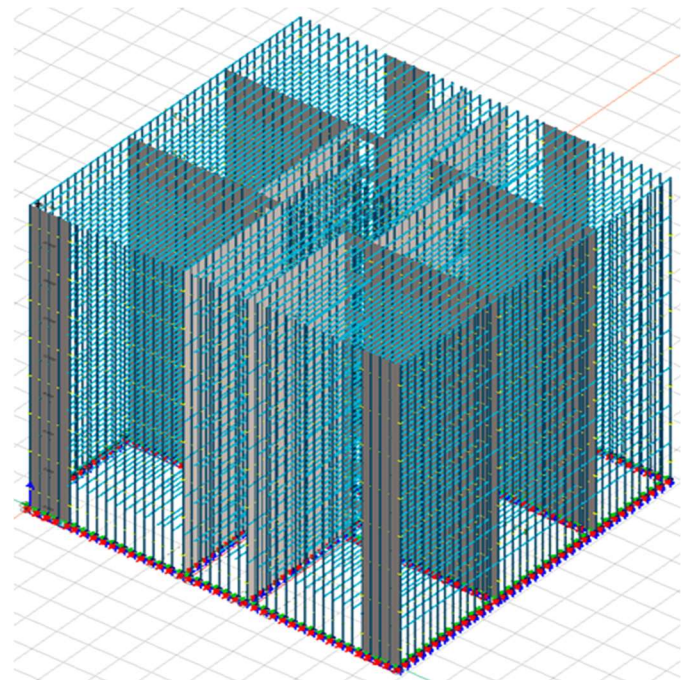
Denne våren har studenter ved NTNU undersøkt mulighetene med å bygge høye trehus av bindingsverkselementer. Resultatene viser at elementer med nødvendige dimensjoner og materialer kan produseres med eksisterende produksjonsløsninger. Til tross for disse klare mulighetene, er det få aktører som prioriterer forskning på dette området. En av disse få er Støren Treindustri AS som studentene har samarbeidet med.

Støren Treindustri AS er fast bestemt på at lette trebaserte elementer vil i visse prosjekter kunne utkonkurrere mer miljøfiendtlige løsninger.

I dagens samfunn er miljøpåvirkningene fra byggenæringen store, og det er behov endring. Ikke bare i materialene som brukes, men også i produksjonsløsningene som i dag er preaksepterte. Hele 40 prosent av energibruken og klimagassutslippene i verden er knyttet til nettopp byggenæringen, og bærekraftige vurderinger av andre løsninger og materialer vil være sentrale i arbeidet for å senke dette tallet (Standard Norge, 2017).

Statistisk Sentralbyrå viser at innovasjonsgraden for næringene i Norge er veldig delt. Bygge- og anleggsvirksomhet er på bunn i flere kategorier. Bare 14 prosent av foretakene driver med produktinnovasjon, og bare 7 prosent av dem driver med utvikling av produktene sine.

Innovasjonsprosesser vil altså bli nøkkelfordet for videreutvikling av produkter og tjenester hos eksisterende aktører.



Figur 1: Studentene har jobbet med modellering og design av et innovativt elementbygg av bindingsverk. (Skreien, Braastad 2021)

Vil bindingsverkselementer være konkurransedyktige?

Studentene fra bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim hadde før oppgaven et klart ønske om å jobbe med prosjekter som var nyskapende innenfor trekonstruksjoner. Støren Treindustri AS ble valgt som samarbeidspartner, da firmaet spesialiserer seg i produksjon av elementbygg og andre ferdige konstruksjonsdeler av trevirke.

I tillegg har fokuset i firmaet endret seg; fra å kun omhandle veien fra produksjon til kunde, til å også ha et stort fokus på klima og miljø.

Et forskningsprosjekt for å se mulighetene av å bygge høye elementhus i bindingsverk i 8 etasjer ble derfor i satt i gang i 2019.

Studentene syntes prosjektet virket spennende, siden hus av massivtreelementer er vanskelig å utkonkurrere når det blir mange etasjer. Med dette oppstod det en utfordring for studentene.

Ville bindingsverk være konkurransedyktig også på høye trehus? Og ville disse elementene kunne bli produsert av eksisterende produksjonslinjer?

En maraton mot 2050:

Regjeringens klimamål for 2050, er fastsatt i Lov om klimamål (Klimaloven). «Målet skal være at klimagassutslippene i 2050 reduseres i størrelsesorden 80 til 95 prosent fra utslippsnivået i referanseåret 1990» (Lovdata, 2018).

For å få et utside-perspektiv på oppgaven kontaktet studentene Pasi Aalto som er senterleder ved NTNU Wood.

Han hadde mye å si om betydningen slike innovative byggelementer vil ha for byggenæringen:

- Byggeindustrien har generelt lav innovasjonsgrad, selv om dette er noe høyere for treindustrien. Det er dermed veldig positivt med alle målrettede innovasjonsprosjekter som prøver å etablere nye miljøvennlige løsninger. Dette vil i første omgang kunne omsettes til et større mulighetsrom ved utbygginger, for eksempel når man ønsker særlig lette konstruksjoner på grunn av grunnforhold, eller at man ønsker større variasjon innen et område for å øke bokvaliteten. I slike tilfeller vil lette trebaserte løsninger kunne utkonkurrere løsninger i betong, og i noen tilfeller også massivtre. Det sagt så finnes det fremoverlente aktører i byggenæringen selv om den overordnede innovasjonstakten er lav. Disse har stort fokus på miljøvennlig bygging og materialer. Dette betyr også at landskapet av miljøvennlige løsninger endrer seg kontinuerlig. Det er nok ikke lurt å lage seg en hvilepute fordi man lager en miljøvennlig løsning, for det er en maraton mot 2050.



NTNU Wood

Figur 2: NTNU Wood arbeider for å initiere, koordinere og utvikle bruk av skogbaserte ressurser i undervisning, innovasjon og forskning (NTNU Wood, u.å.).



Figur 2: Snitt av boligbygget studentene har arbeidet med. Spesielt vekten skaper problemer når høyden blir stor. (Skreien, Braastad 2021)

Studentene vil inspirere ledende aktører:

Resultatene til studentene viste at det var mulig å produsere slike elementer med eksisterende produksjonslinjer, selv om vekten gjør dimensjonene blir store.

Det sagt er arbeidet langt fra ferdiggjort. Metoden i studentenes oppgave er enda ikke er testet i så høye trehus, og forskningsprosjektet til Støren Treindustri AS er langt fra ferdig. Studentene er likevel optimistiske for at resultatene i oppgaven kan gi inspirasjon til ledende aktører.

Ved å kunne konstruere på denne måten, vil Støren Treindustri AS kunne bli konkurransedyktige på flere prosjekter i urbane strøk, og bli ledende innen elementbygg av bindingsverk.

Lovdata, 2018. *Lov om klimamål (klimaloven)*.

[Internett]

Available at: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>

[Funnet 7 Mai 2021].

NTNU Wood, u.å.. *NTNU Wood*. [Internett]

Available at: <https://www.ntnu.no/wood>

[Funnet 7 Mai 2021].

Skreien, K.B; Braastad, K. Dimensjonering og modellering av høye trehustrehus [Bacheloroppgave] Trondheim: NTNU; 2021

Standard Norge, 2017. *En bærekraftig framtid med grønnere bygg*. [Internett]

Available at:

<https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2017/en-barekraftig-framtid-med-gronnere-bygg/>

[Funnet 5 Mai 2021].

Vedlegg B – Plakat

Dimensjonering og modellering av høye trehus

Design and Modeling of Tall Wooden Buildings



Prosjektnr. 21-2021

Studenter: Karsten Braastad og
Kasper Berg Skreien

Intern veileder: Per Otto Yttervoll

Ekstern veileder: Per Gunnar
Nordløyken hos Støren Treindustri AS

Problemdefinering:

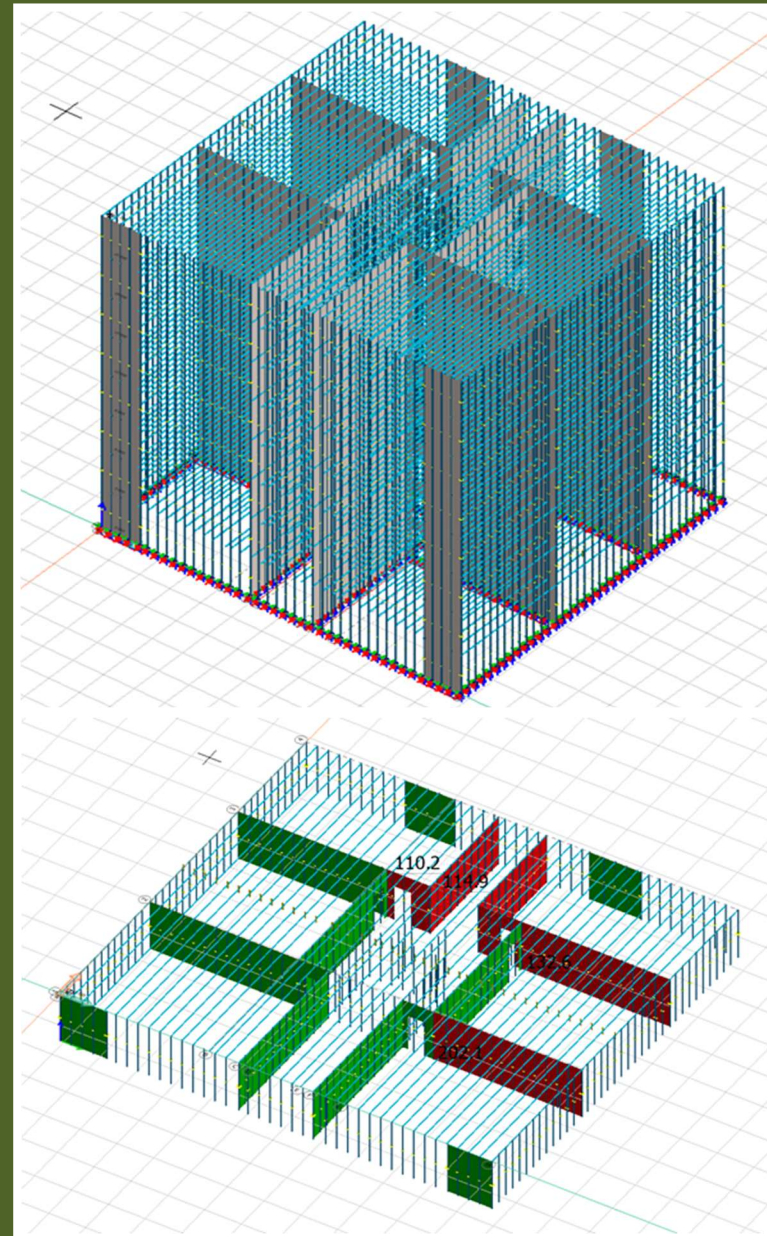
Utgangspunktet for oppgaven er at Støren Treindustri AS har gjennom et forskningsprosjekt, et ønske om å bygge trehus opp til 8 etasjer med prefabrikkerte bindingsverkmoduler. Oppgaven tar for seg forskjellige avstivningssystemer og undersøker kapasiteten til forskjellige konstruksjonsdeler

Fordelene:

- Miljøvennlig
- Hurtig montering
- Fleksibelt
- Lav vekt

Utfordringene:

- Kapasiteten til avstivende elementer og dekker
- Brann
- Lydisolering
- Pris



Konklusjonen viser dimensjoner på bærende veggskiver og andre belastede konstruksjonsdeler, og at det er mulig å produsere slike elementer med eksisterende produksjonslinjer.

Resultatene skal kunne gi inspirasjon til ledende aktører for å fremme videre innovasjon og forskning på området.



Vedlegg C.1 – SINTEF Teknisk godkjenning
TG 2232

SINTEF Byggforsk bekrefter at

Støren Treindustri trehuselementer

er vurdert å være egnet i bruk og tilfredsstillende krav til produktdokumentasjon i henhold til Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK) og Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10), for de egenskaper, bruksområder og betingelser for bruk som er angitt i dette dokumentet

1. Innehaver av godkjenningen

Støren Treindustri AS
7090 Støren
www.storen-treindustri.no

2. Produsent

Støren Treindustri AS, Støren

3. Produktbeskrivelse

3.1 Generelt

Godkjenningen omfatter konstruksjoner til yttervegger, etasjeskillere, tak og leilighetsskillevegger av tre, produsert som prefabrikkerte elementer.

Prinsipiell oppbygning av de enkelte elementkonstruksjonene er beskrevet i det følgende, og i fig. 1 – 7. Materialspesifikasjoner for delkomponentene er angitt i tabell 1. Egenskapene til disse skal være dokumenterte fra de respektive produsenter eller leverandører.

Godkjenningen omfatter bare utførelse av hovedbygningsdelene som beskrevet i det følgende, inkludert de tilhørende, standard sammenføyningsdetaljene. Fundamenter, vinduer, dører, tekniske installasjoner, overflatematerialer og supplerende konstruksjoner dekkes ikke av denne godkjenningen.

Konstruksjonsdetaljer for elementene er beskrevet i ”Standard konstruksjonsdetaljer for Støren Treindustri trehuselementer tilhørende SINTEF Teknisk Godkjenning 2232”. Den versjonen av detaljsamlingen som til en hver tid er arkivert hos SINTEF Byggforsk utgjør en formell del av godkjenningen.

3.2 Yttervegger

Fig. 1 og fig. 2 viser prinsipiell oppbygning av standard ytterveggselementer, basert på bindingsverk med innvendig påføring. Elementene er etasjehøye, og har lengde tilpasset hustypen. Maks. elementlengde er 13 m.

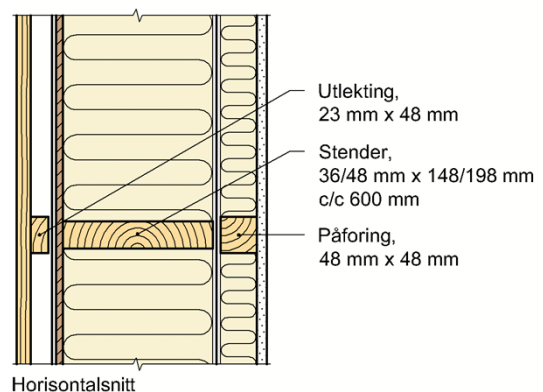
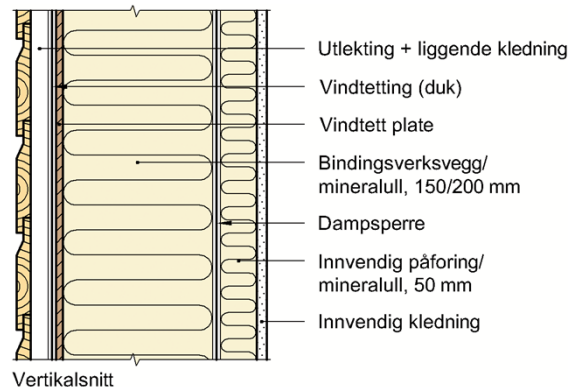


Fig. 1
Prinsipiell oppbygning av yttervegger med liggende kledning

Elementene leveres til byggeplass med utvendig kledning, vindspærre, mineralullisolasjon, og vinduer og dører montert i fabrikk.

Dampspærre, påføring og innvendig kledning monteres normalt på byggeplass, alternativt i fabrikk. Elementene leveres både med liggende og stående trekledning utvendig.

Tabell 1 Materialspesifikasjoner for Støren Treindustri trehuselementer

Komponent	Spesifikasjon (Ikke spesifiserte materialdimensjoner skal være angitt i produktbeskrivelse eller i samlingen av konstruksjonsdetaljer.)
Trevirke i vegger	Konstruksjonsvirke iht. NS-EN 14081. Fasthetsklasse min. C18 iht. NS-EN 338. Fuktinnhold maks 18 % K-stenderen iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2535
Bjelkelag	Konstruksjonsvirke iht. NS-EN 14081. Fasthetsklasse min. C18 iht. NS-EN 338. Fuktinnhold maks 18 % 19 mm x 123 mm bord mot kryperom, kobberimpregnert, NS-merket klasse AB I-bjelker iht. SINTEF Teknisk Godkjenning K-bjelker iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2365 Splittet limtre iht. NS-EN 14080
Taksperrer	Konstruksjonsvirke iht. NS-EN 14081. Fasthetsklasse min. C18 iht. NS-EN 338. Fuktinnhold maks 18 % I-bjelker iht. SINTEF Teknisk Godkjenning K-bjelker iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2365 Splittet limtre iht. NS-EN 14080
Utvendig kledning	19/22 mm x 148 mm eller 19/22 mm x 173 mm liggende eller stående trekledning iht. klasse A i NS-EN 14519/NS-EN 15146 og kvalitetsklasse 1 i SN/TS 3186
Undergolv	22 mm fuktbestandige sponplater som tilfredsstiller kravene til golvplater i NS-EN 13986 22 mm slissegolv iht. SINTEF Teknisk Godkjenning
Gipsplater i golv	13 mm gipsplater type A iht. NS-EN 520
Trinnlydplater	20 mm Glava trinnlydplater
Vindsperre i yttervegger	9,5 mm gipsplate type E H2 iht. NS-EN 520 12 mm Hunton Vindtett trefiberplater iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2002 25 mm Hunton Vindtett trefiberplater 9,5 mm Norgips GU-X iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2418 Icopal Windbreak Vindsperre iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2392
Vindsperre i etasjeskillere	12 mm Hunton Vindtett trefiberplater iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2002 mot kryperom
Kombinert undertak og vindsperre i takelementer	Icopal Brettex iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 2058, eller tilsvarende med egenskaper dokumentert gjennom separat SINTEF Teknisk Godkjenning for produktet
Varmeisolasjon	Mineralull iht. NS-EN 13162, med deklartert varmekonduktivitet $\lambda_D = 0,037 \text{ W/(mK)}$ eller $0,040 \text{ W/(mK)}$
Innvendig kledning	13 mm gipsplater type A iht. NS-EN 520 12 mm sponplater type P1 iht. NS-EN 13986 med formaldehydklasse E1
Dampsperre	0,15 mm aldriingsbestandig polyetylenfolie iht. NS-EN 13984
Lim	Trelim Bostik 700
Fugebånd	Ekspanderende fugebånd type CC-Fönsterdrev iht. SINTEF Teknisk Godkjenning 20023
Festemidler	Spiker og skruer iht. NS-EN 14592. Forbindelsesmidlene skal ha tilfredsstillende korrosjonsbeskyttelse. Forbindelsesmidler til utvendig bruk skal minimum være varmforsinket iht. NS-EN ISO 1461, eller ha tilsvarende korrosjonsmotstand
Lydbøyle	Rockwool Lydbøyle eller Glava Lydreduksjonsbøyle
Vinduer/Dører	Vinduer og dører som monteres i elementene er ikke dekket av denne godkjenningen, men skal tilfredsstillende krav til varmeisolasjon og tetthet som angitt i TEK

3.3 Etasjeskillere

Fig. 3-5 viser prinsipiell oppbygning av standard etasjeskillere basert på bjelkelagselementer. Standard elementbredder er 2,4 m. Lengden tilpasses husbredden. Bjelkelagselementer over kryperom leveres komplett fra fabrikk. Øvrige bjelkelag leveres normalt med bjelker og undergolv ferdig montert. Øvrig komplettering gjøres på byggeplass.

Bjelkelagene dimensjoneres i henhold til Byggforskserien 522.351 *Trebjelkelag. Dimensjonering og utførelse* for konstruksjonsvirke, og i henhold til relevant teknisk godkjenning for I-bjelker og K-bjelken.

3.4 Leilighetsskillevegger

Fig. 6 viser prinsipiell oppbygning av standard veggkonstruksjon mellom boenheter. Veggkonstruksjonen er basert på bindingsverk montert som dobbeltveggkonstruksjon. Elementene er etasjehøye og har lengde tilpasset husbredden. Elementene leveres til byggeplass med mineralullisolasjon og ett lag plateledning. Det andre platelaget monteres på byggeplass. Plastfolie er innlagt på de deler av veggen som vender mot det fri eller mot kaldt loft pga. forskyvninger i husrekken.

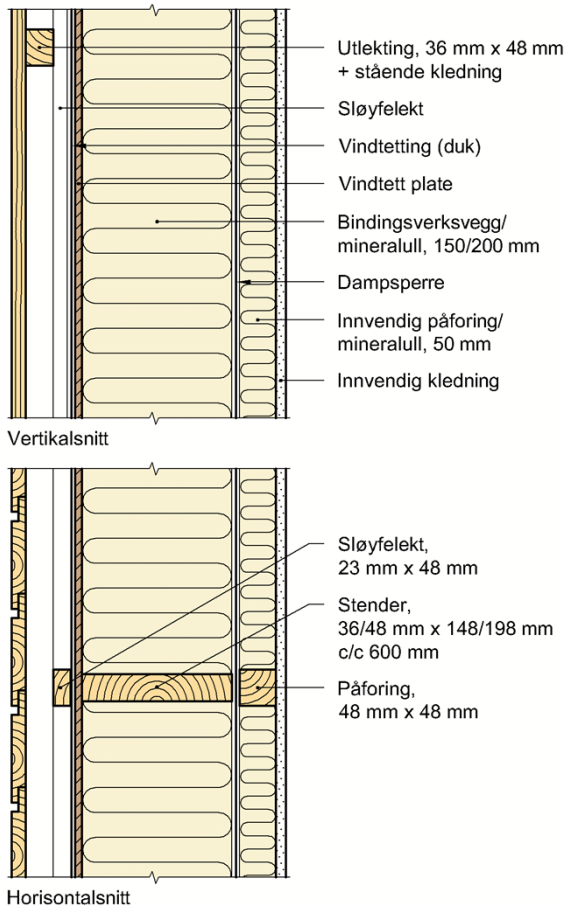


Fig. 2
Prinsipiell oppbygning av yttervegger med stående kledning

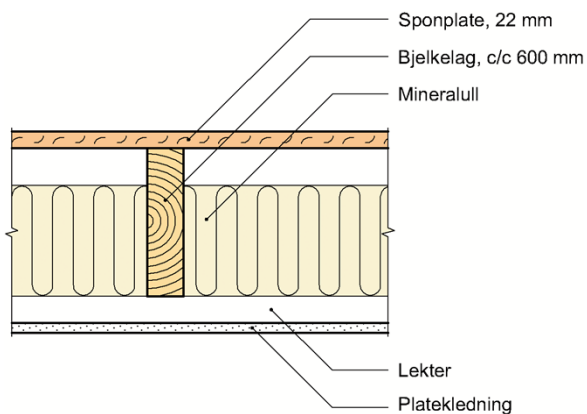


Fig. 3
Prinsipiell oppbygning av mellombjelkelag og bjelkelag over kjeller

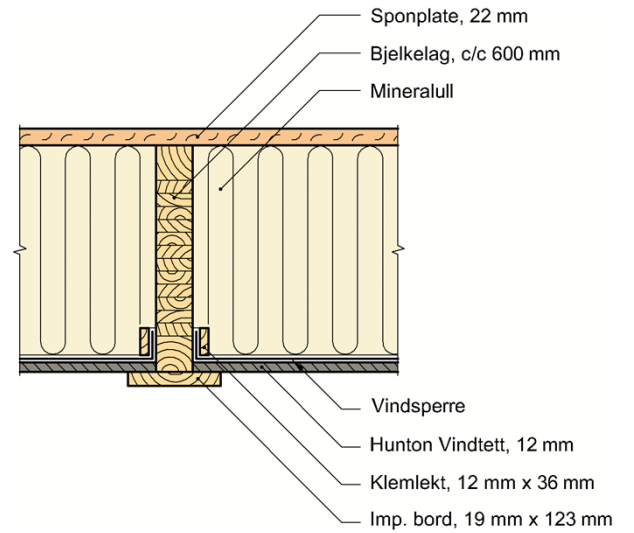


Fig. 4
Prinsipiell oppbygning av bjelkelag over kryperom

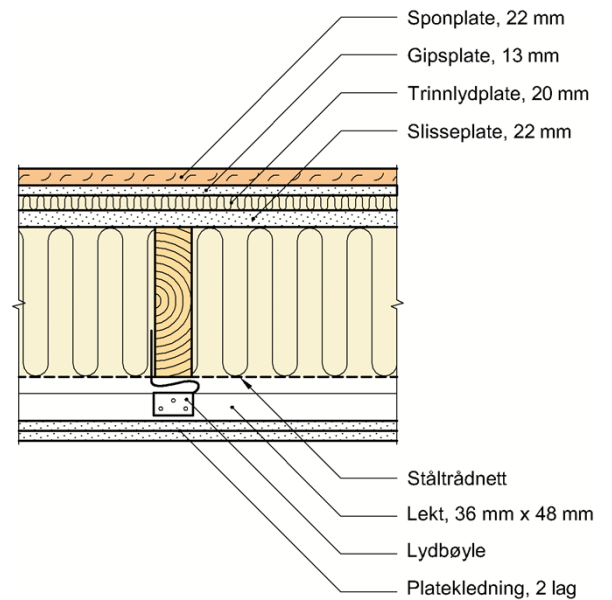


Fig. 5
Prinsipiell oppbygning av lydisolerende etasjeskiller mellom boenheter

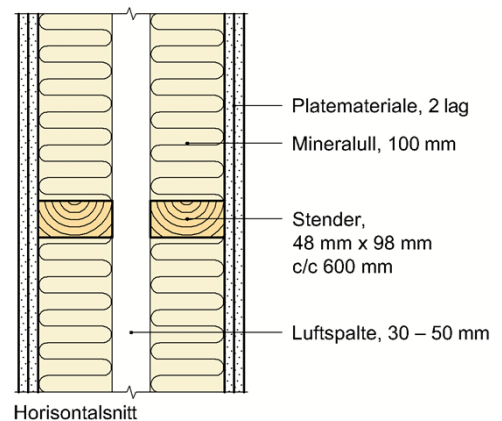


Fig. 6
Prinsipiell oppbygning av leilighetsskillevegger

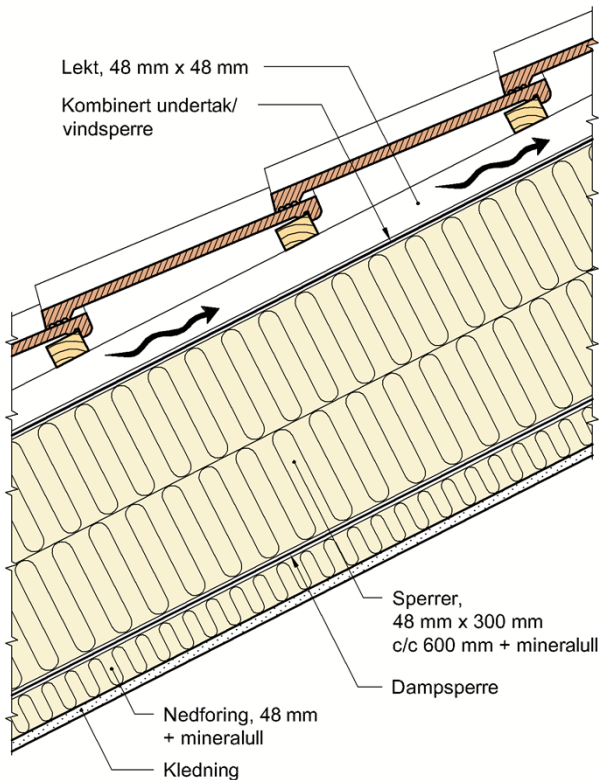


Fig. 7
Prinsipiell oppbygning av takelementer

3.5 Takelementer

Fig. 7 viser prinsipiell oppbygning av takelementer basert på sperrer av splittet limtre, K-bjelker eller I-bjelker. Elementene kan alternativt ha 48 mm innvendig nedføring. Standard elementbredde er 1,2 m, 1,8 m og 2,4 m. Takelementene leveres fra fabrikk med sløyfer og lekter og kombinert undertak og vindsperre. Mineralull, dampsperre, nedføring og innvendig kledning monteres normalt på byggeplass.

4. Bruksområder

Støren Treindustri trehuselementer kan brukes til oppføring av bygninger generelt der egenskapene i hvert enkelt tilfelle er tilpasset kravene i Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK) med hensyn til bæreevne, brannmotstand, lydisolasjon og varmeisolasjon.

Støren Treindustri treelementer kan benyttes i småhuskonstruksjoner som bolighus og andre bygninger i brannklasse 1 med inntil to etasjer. Boligbygning i risikoklasse 4 med tre etasjer kan oppføres i brannklasse 1 når hver boenhet har utgang direkte til terreng, uten å rømme via trapp eller trapperom til terreng.

Støren Treindustri treelementer kan brukes i andre typer bygninger. For slike bruksområder forutsettes det at det utføres prosjektering av den komplette bygningskonstruksjonen i hvert enkelt byggeprosjekt.

5. Egenskaper

5.1 Bæreevne

Bærende konstruksjoner prosjekteres i sin helhet for hvert enkelt byggeprosjekt i henhold til NS-EN 1995-1-1 med nasjonalt tillegg NA. Laster bestemmes i henhold til NS-EN 1991-1 med nasjonale tillegg NA. Se pkt. 7.1.

Ytterveggselementene kan anses å fungere som tilfredsstillende vindavstivning i veggplanet for småhus i maks. to etasjer.

5.2 Brannmotstand

Brannmotstanden for bygningsdelene er gitt i tabell 2. Ytelsene er basert på Byggforskserien 520.321 *Brannmotstand for etasjeskillere* og 520.322 *Brannmotstand for vegger*.

I småhuskonstruksjoner som beskrevet under pkt. 4, kan dimensjonerende lastkapasitet ved brann beregnes i hvert enkelt tilfelle, eventuelt bestemmes fra Byggforskserien.

Tabell 2 Brannmotstand for bygningsdelene

Bygningsdel	Brannmotstand tilsvarende
Yttervegg som vist i fig. 2, stenderdimensjon minimum 36x148 mm	REI 15 ¹⁾
Yttervegg som vist i fig. 2, stenderdimensjon minimum 48x148 mm	REI 30 ¹⁾
Leilighetsskillevegg som vist i fig. 6	REI 30 ²⁾
Etasjeskillere som vist i fig. 3 og fig. 4	REI 15 ³⁾
Etasjeskillere som vist i fig. 5 Minimum 48 x 198 mm massive trebjelker eller minimum 200 mm høye I-bjelker og minimum 150 mm isolasjonstykkelse. Isolasjonen fastholdes med ståltrådnnett	REI 30 ³⁾
Tak som vist i fig. 7	REI 15 ³⁾

¹⁾ Gjelder ved ensidig brannekspenning fra innsiden

²⁾ Gjelder ved ensidig brannekspenning

³⁾ Gjelder ved ensidig brannekspenning fra undersiden

For større bygninger enn småhus og bygninger med krav til høyere brannmotstand, må elementsystemet detaljeres og dokumenteres spesielt for hvert enkelt byggeprosjekt. Bærevnen ved deklart brannmotstand kontrolleres i henhold til NS-EN 1995-1-2, se pkt. 7.1.

5.3 Varmeisolasering

Beregnet varmeisolasjonskoeffisient, U-verdi, i henhold til NS-EN ISO 6946 for yttervegger og etasjeskillere, er gitt i tabell 3, 4 og 5. Angitte U-verdier i tabell 3 for yttervegger omfatter ikke varmetap på grunn av ekstra trevirke rundt dør- og vindusåpninger etc.

Tabell 3 U-verdier for standard ytterveggselementer (fig. 1 og 2). Stenderavstand c/c 600 mm.

Stenderdimensjon + påføring (mm)	Varmekonduktivitet til mineralull, λ_D (W/mK)	U-verdi, W/(m ² K)	
		Vindsperrmateriale 12 mm Hunton Vindtett	9,5 mm gipsplate
36 x 148 + 36 x 48	0,037	0,20	0,21
	0,040	0,21	0,22
36 x 198 + 36 x 48	0,037	0,16	0,17
	0,040	0,17	0,18
48 x 148 + 48 x 48	0,037	0,21	0,22
	0,040	0,22	-
48 x 198 + 48 x 48	0,037	0,17	0,18
	0,040	0,18	0,19

Tabell 4

U-verdier for standard bjelkelag over kryperom (fig. 4).
Bjelkeavstand c/c 600 mm.

Bjelkedimensjon og Isolasjonstykkelse (mm)	Varmekonduktivitet til mineralull, λ_D (W/mK)	U-verdi W/(m ² K)
48 x 300 massive trebjelker	0,037	0,15
Isolasjonstykkelse 300	0,040	0,16
47 x 300 I-bjelker	0,037	0,13
Isolasjonstykkelse 300	0,040	0,14

Tabell 5 U-verdier for standard takelementer (fig. 7).
Sperreavstand c/c 600 mm.

Sperredimensjon og Isolasjonstykkelse (mm)	Varmekonduktivitet til mineralull, λ_D (W/mK)	U-verdi W/(m ² K)
48 x 300 massive trebjelker	0,037	0,15
Isolasjonstykkelse 300	0,040	0,16
48 x 300 massive trebjelker + 48 mm påføring	0,037	0,13
Isolasjonstykkelse 350	0,040	0,14
47 mm x 350 mm I-bjelker	0,037	0,12
Isolasjonstykkelse 350	0,040	0,13

5.4 Lydisolering

Leilighetsskillevegger montert som dobbeltvegg har forventet luftlydisolasjon $R'_w \geq 55$ dB i ferdig bygg. Dette tilsvarer lydklasse C i henhold til NS 8175.

Lydisolerende etasjeskiller mellom boenheter har forventet luftlydisolasjon $R'_w \geq 55$ dB og trinnlydnivå $L'_{n,w} \leq 53$ dB i ferdig bygg, forutsatt minste bjelkehøyde 198 mm. Dette tilsvarer lydklasse C i henhold til NS 8175.

Lydisolasjonen avhenger bl.a. også av montasjen av tekniske installasjoner, som må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

6. Miljømessige forhold

6.1 Helse- og miljøfarlige kjemikalier

Produktet inneholder ingen prioriterte miljøgifter, eller andre relevante stoffer i en mengde som vurderes som helse- og miljøfarlige. Prioriterte miljøgifter omfatter CMR, PBT og vPvB stoffer.

6.2 Inneklimapåvirkning

Produktet er bedømt å ikke avgir partikler, gasser eller stråling som gir negativ påvirkning på inn klimaet, eller som har helsemessig betydning.

6.3 Påvirkning på jord og vann

Utlekkingen fra produktet er bedømt til å ikke påvirke jord og grunnvann negativt.

6.4 Avfallshåndtering/gjenbruksmuligheter

Sluttproduktet skal sorteres som trevirke, metall, gips, restavfall og andre aktuelle avfallsfraksjoner på byggeplass og ved avhending. Produktet leveres godkjent avfallsmottak der det kan materialgjenvinnes, energigjenvinnes eller deponeres.

6.5 Miljødeklarasjon

Det er ikke utarbeidet miljødeklarasjon (EPD) for produktet.

7. Betingelser for bruk

7.1 Prosjektering av bæreevne

Produksjonen av trehuselementene skal være basert på full statisk beregning og dimensjonering av etasjeskiller, bærende vegger og tak i henhold til NS-EN 1995-1-1 med relevante laster i henhold til NS-EN 1991-1. Bæreevne for tilfellet brann beregnes i henhold til NS-EN 1995-1-2. Beregningene skal inkludere vertikal og horisontal lastkapasitet, forankring til fundament, vindforankring av takkonstruksjon, kapasitet til bjelker over dør- og vindusåpninger samt forbindelser mellom elementene.

Dimensjonering av vegg- og takelementer kan alternativt gjøres ved referanse til Byggforskserien 523.251 *Bindingsverk av tre i småhus. Dimensjonering og utførelse* og 525.814 *Taksperrer av tre*.

Bjelkelag skal dimensjoneres i henhold til stivhetskravene som er angitt i Byggforskserien 522.351 *Trebjelkelag. Dimensjonering og utførelse*. For bjelker med SINTEF Teknisk Godkjenning kan bjelkelagstabellene i godkjenningen benyttes.

7.2 Prosjektering av brannmotstand

For hver enkelt leveranse av trehuselementer skal nødvendig brannmotstand i henhold til TEK være bestemt for hver bygningsdel, og bæreevne pluss eventuelle tiltak utover hva som fremgår av pkt. 5.2 skal spesifiseres.

7.3 Varmeisolasjon

Nødvendig varmeisolasjonsevne skal bestemmes for hver enkelt leveranse og prosjekteres i henhold til dette. Der elementenes U-verdi er høyere enn kravet som er angitt i TEK, må det utføres varmetaps- eller rammeberegning for hvert enkelt bygg.

7.4 Transport og lagring

Ferdigproduserte elementer skal lagres under tak, og være beskyttet mot nedbør under transport og etter montasje. Veggelementer transporteres stående i stålrammer. Etasjeskillere transporteres horisontalt. Elementmontasjen gjøres direkte fra bil.

7.5 Fundament/underlag

Fundamenter dekkes ikke av godkjenningen, men elementene skal plasseres på et fundament som tilfredsstiller leverandørens krav til toleranser vedrørende dimensjoner og planhet.

Fuktopptak i trematerialene fra fundamentet skal hindres med en kapillærbrytende fuktspærre. Fundamentering med kryperom skal være utført i henhold til prinsippene som er vist i Byggforskserien 521.203 *Fundamentering med ringmur og ventilert kryperom*.

7.6 Montasje generelt

Elementene skal monteres i henhold til byggdetaljene som er vist i "Standard konstruksjonsdetaljer for Støren Treindustri trehuselementer tilhørende SINTEF Teknisk Godkjenning 2232". Elementene skal forankres i henhold til beskrivelse som utarbeides for hvert enkelt byggeprosjekt.

7.7 Montasje av veggelementer

Elementskjøter i yttervegger skal tettes med kontinuerlig klemte omlegg av dampsperrer innvendig, og remser av vindsperrmateriale utvendig.

Ved tilslutning mellom veggelementer og fundament eller etasjeskiller tettes fugene med fugemasse eller limstrenger som angitt i konstruksjonsdetaljene.

7.8 Montasje av bjelkelagselementer

Ved fundament monteres bjelkelagselementene på en vindsperre som brettes opp på kantbjelken og overlappes med ytterveggenes vindsperre.

Elementskjøter i bjelkelagselementer skal limes i undergolvplatenes not og fjær. Før legging av tynne golvbelegg må skjøtene kontrolleres for eventuell topping, og pusses ved behov. På undersiden av elementer over kryperom skal dekkbordet under skjøtene spikres til naboelementet for å binde elementene sammen.

8. Produksjonskontroll

Fabrikkfremstillingen av Støren Treindustri trehus-elementer er underlagt overvåkende produksjonskontroll i henhold til kontrakt mellom Støren Treindustri AS og SINTEF Byggforsk om Teknisk Godkjenning.

9. Grunnlag for godkjenningen

Godkjenningen er basert på en vurdering av systemets konstruksjonsdetaljer. Ytelsene er for øvrig fastlagt med referanse i følgende anvisninger fra SINTEF Byggforsk:

- Byggforskserien 520.321 *Brannmotstand for etasjeskillere*
- Byggforskserien 520.322 *Brannmotstand for vegger*
- Byggforskserien 522.511 *Lydisolerende etasjeskillere med trebjelkelag*
- Byggforskserien 522.512 *Lydisolerende etasjeskillere med trebjelkelag. Målte verdier*

- Byggforskserien 524.325 *Lydisolasjonsegenskaper til lette innervegger*
- SINTEF Byggforsk, U-verdier, internt notat

10. Merking

Ved hver leveranse skal det medfølge leveransedokumenter som minimum inneholder produsentens navn og adresse, prosjektidentifikasjon, montasjespesifikasjoner for den enkelte leveranse, og konstruksjonsdetaljer som inneholder de relevante tegningene i ”Standard konstruksjonsdetaljer for Støren Treindustri trehus-elementer tilhørende SINTEF Teknisk Godkjenning 2232”. Det kan også merkes med godkjenningsmerket for SINTEF Teknisk Godkjenning; TG 2232.



Godkjenningsmerke

11. Ansvar

Innehaver/produsent har det selvstendige produktansvar i henhold til gjeldende rett. Bruksbetinget krav kan ikke fremmes overfor SINTEF Byggforsk utover det som er nevnt i NS 8402.

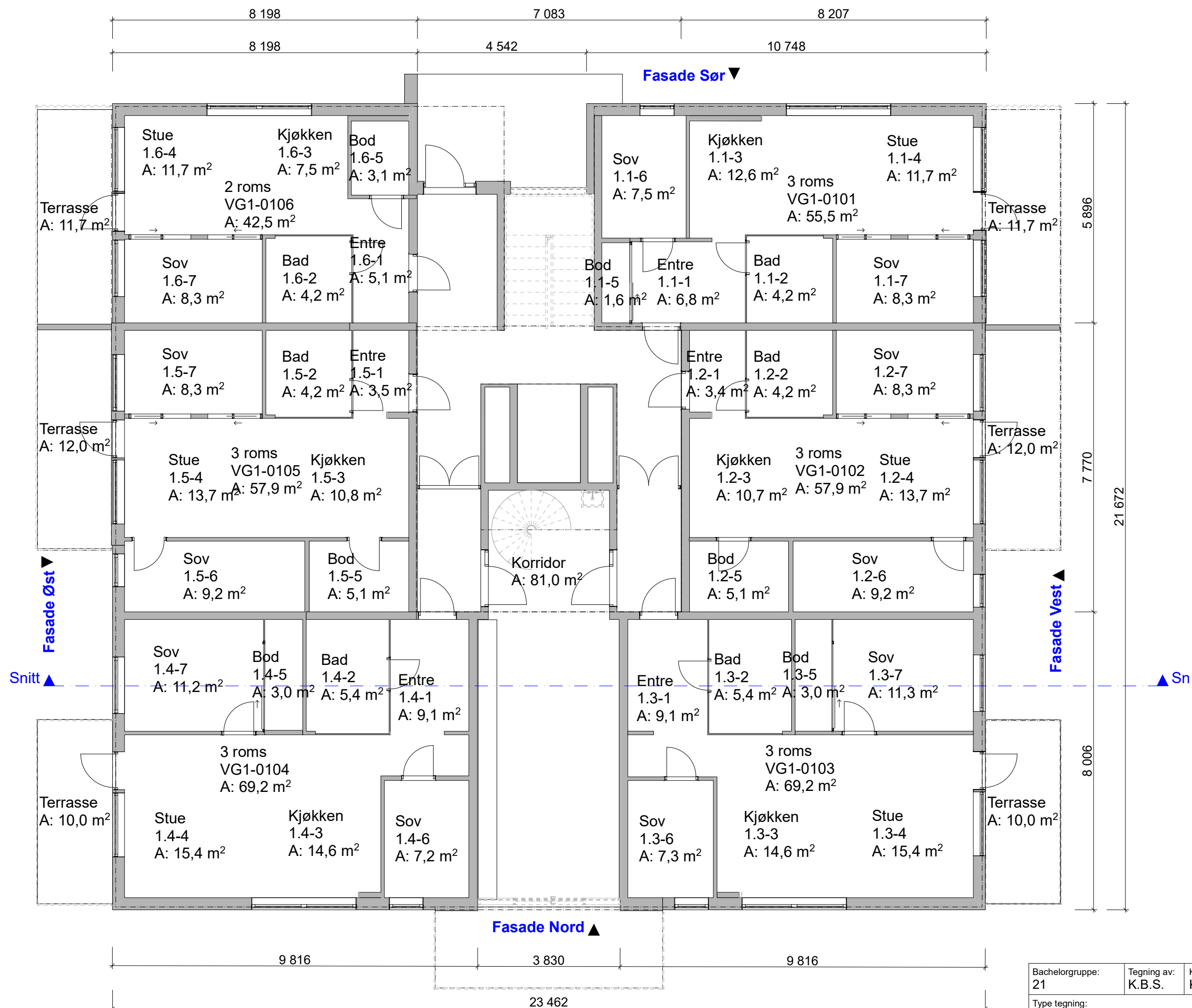
12. Saksbehandling

Prosjektleder for godkjenningen er Odd E. Ellingsrud, SINTEF Byggforsk, avd. Bygninger og installasjoner, Oslo.

for SINTEF Byggforsk

Hans Boye Skogstad
Godkjenningsleder

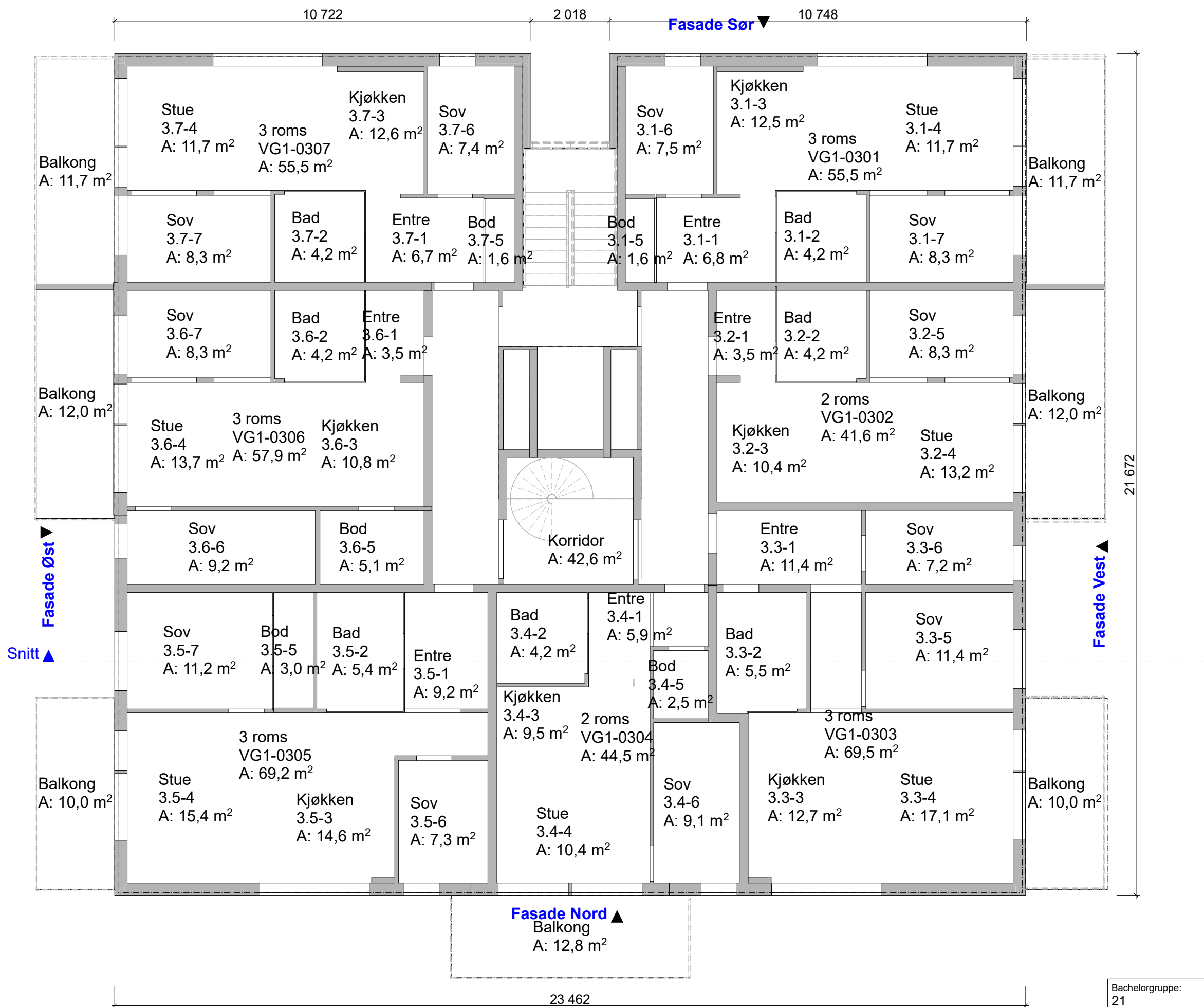
Vedlegg D.1 – Plantegninger



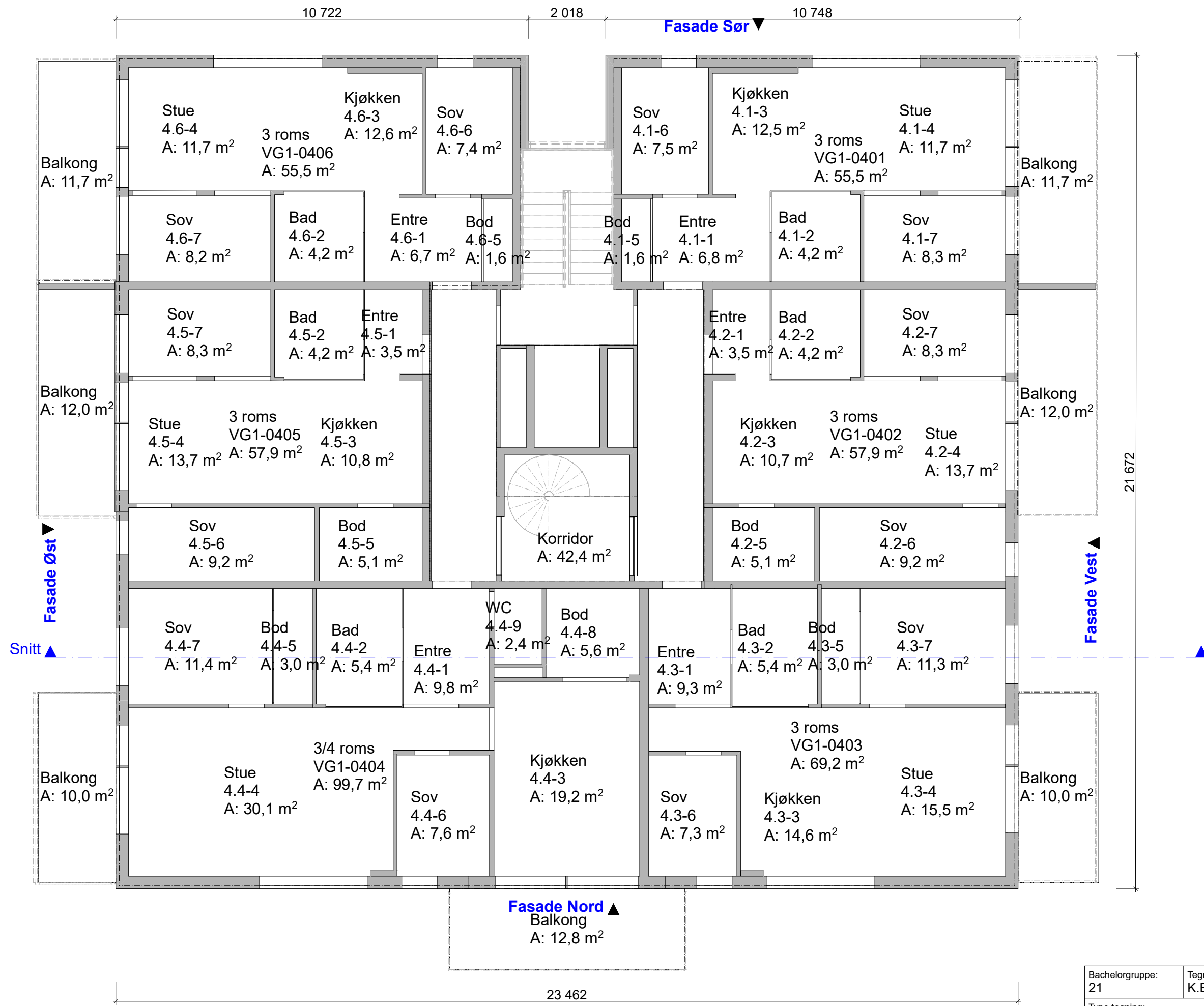
Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 18.03.2021
Type tegning: Plantegning 1.etg			Målestokk 1:100



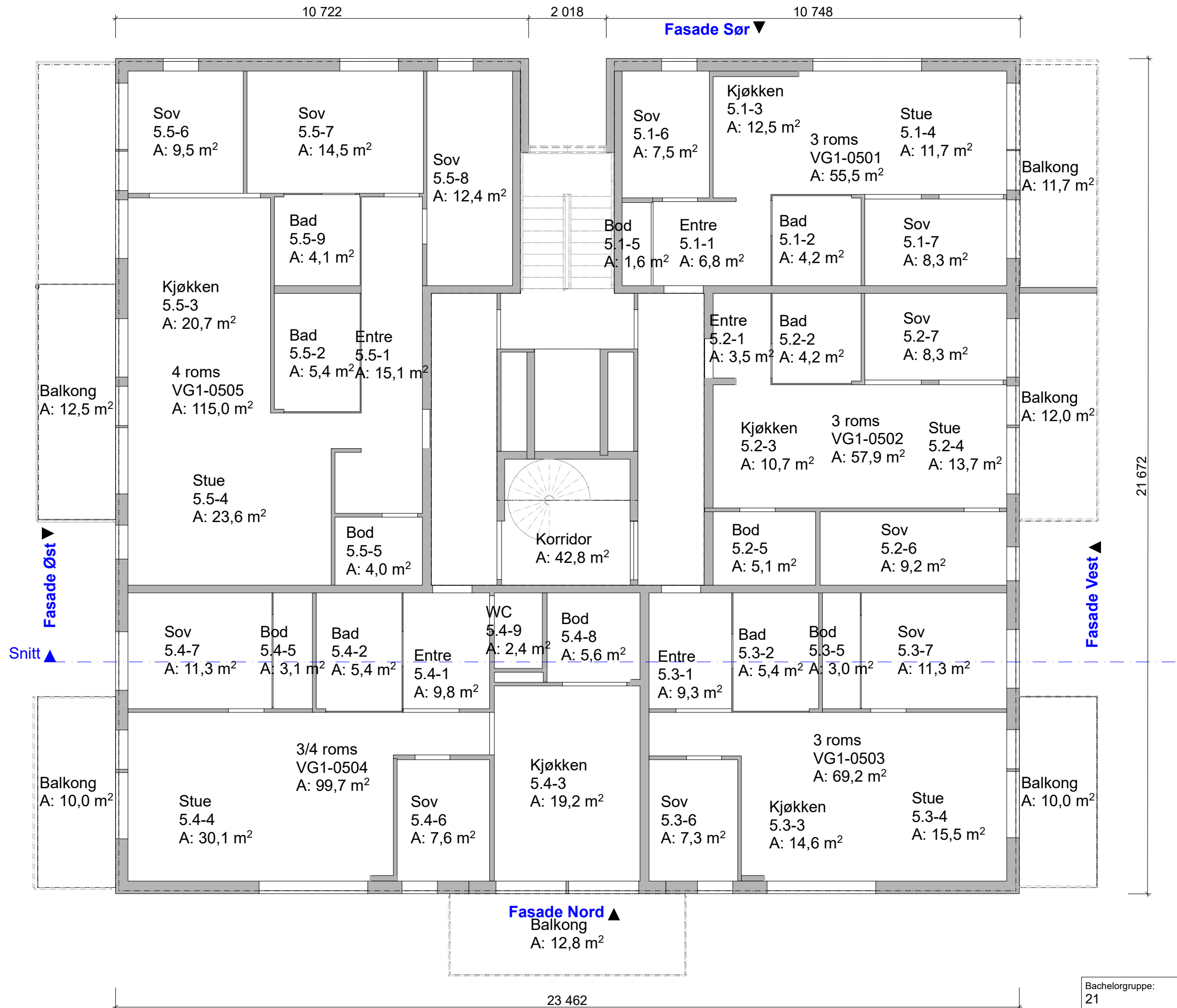
Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 18.03.2021
Type tegning: Plantegning 2. etg			Målestokk 1:100



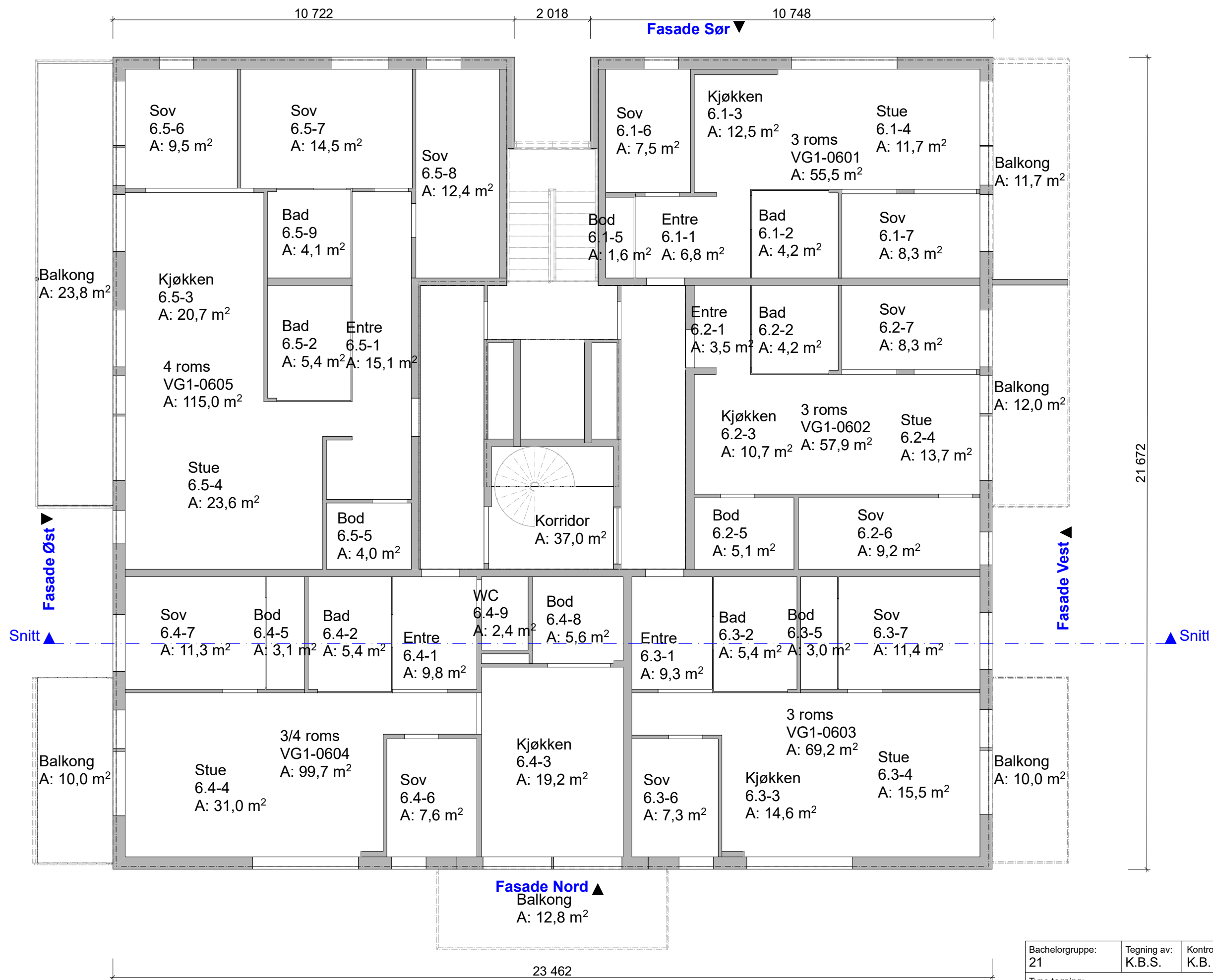
Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 18.03.2021
Type tegning: Plantegning 3. etg			Målestokk 1:100



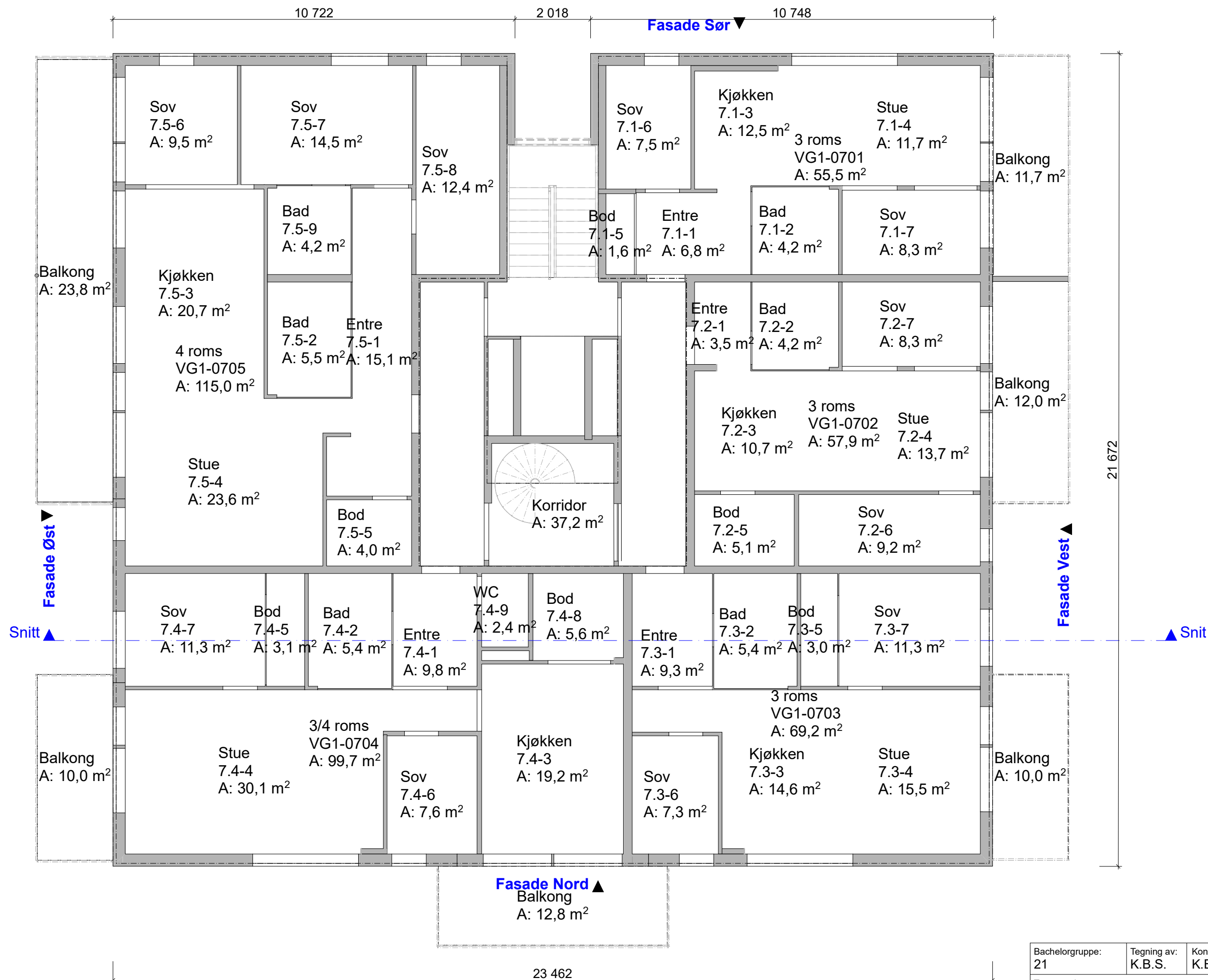
Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 18.03.2021
Type tegning: Plantegning 4. etg			Målestokk 1:100



Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 18.03.2021
Type tegning: Plantegning 5. etg			Målestokk 1:100



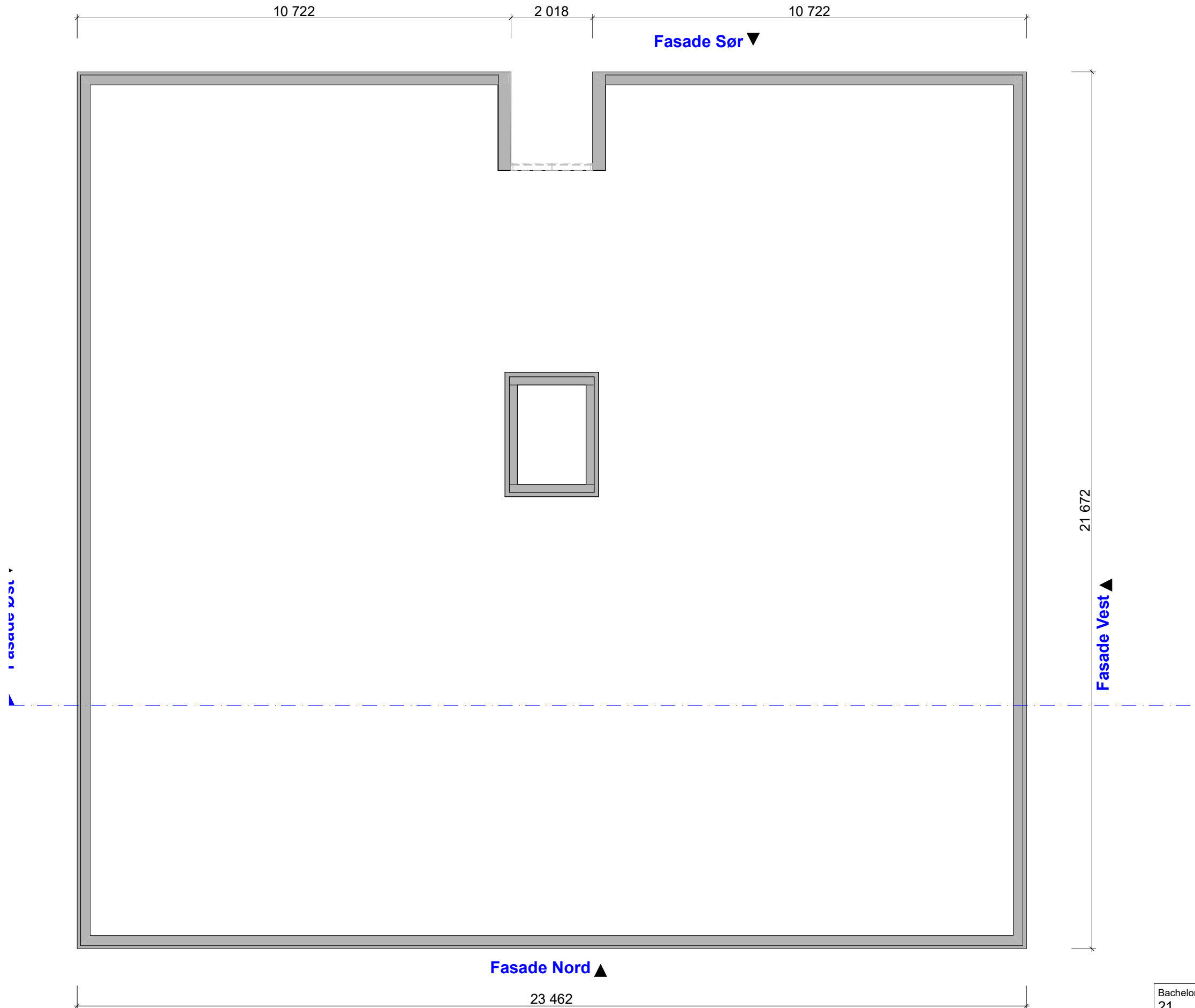
Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 18.03.2021
Type tegning: Plantegning 6. etg			Målestokk 1:100



Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 18.03.2021
Type tegning: Plantegning 7. etg			Målestokk 1:100



Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 18.03.2021
Type tegning: Plantegning 8. etg			Målestokk 1:100



Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 18.03.2021
Type tegning: Plantegning Takplan			Målestokk 1:100

Vedlegg D.2 – Fasadetegninger

470
24 520
320
24 200



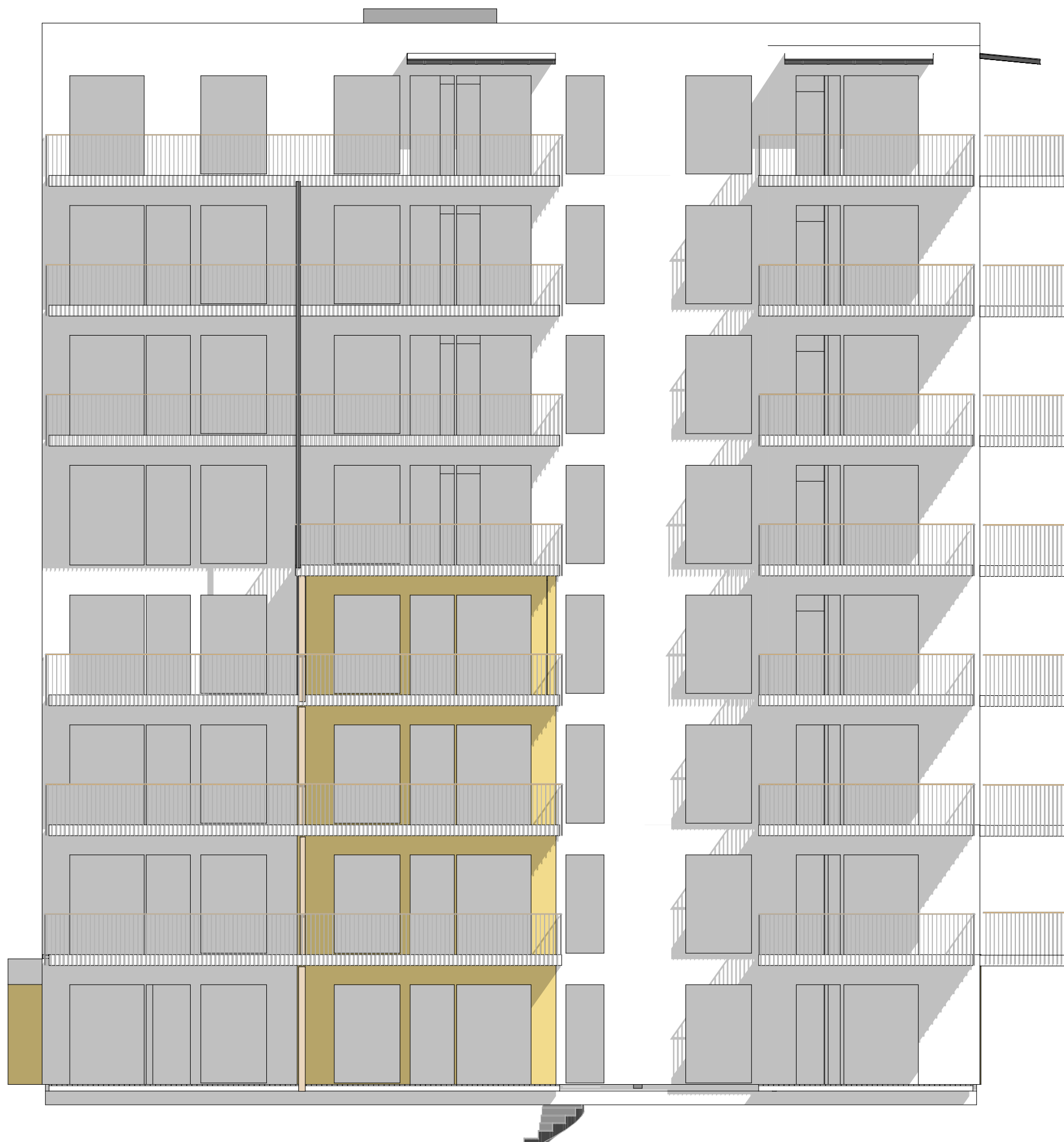
Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 16.03.2021
Type tegning: Fasade Nord			Målestokk 1:100

24 520



Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 16.03.2021
Type tegning: Fasade Sør			Målestokk 1:100

24 520



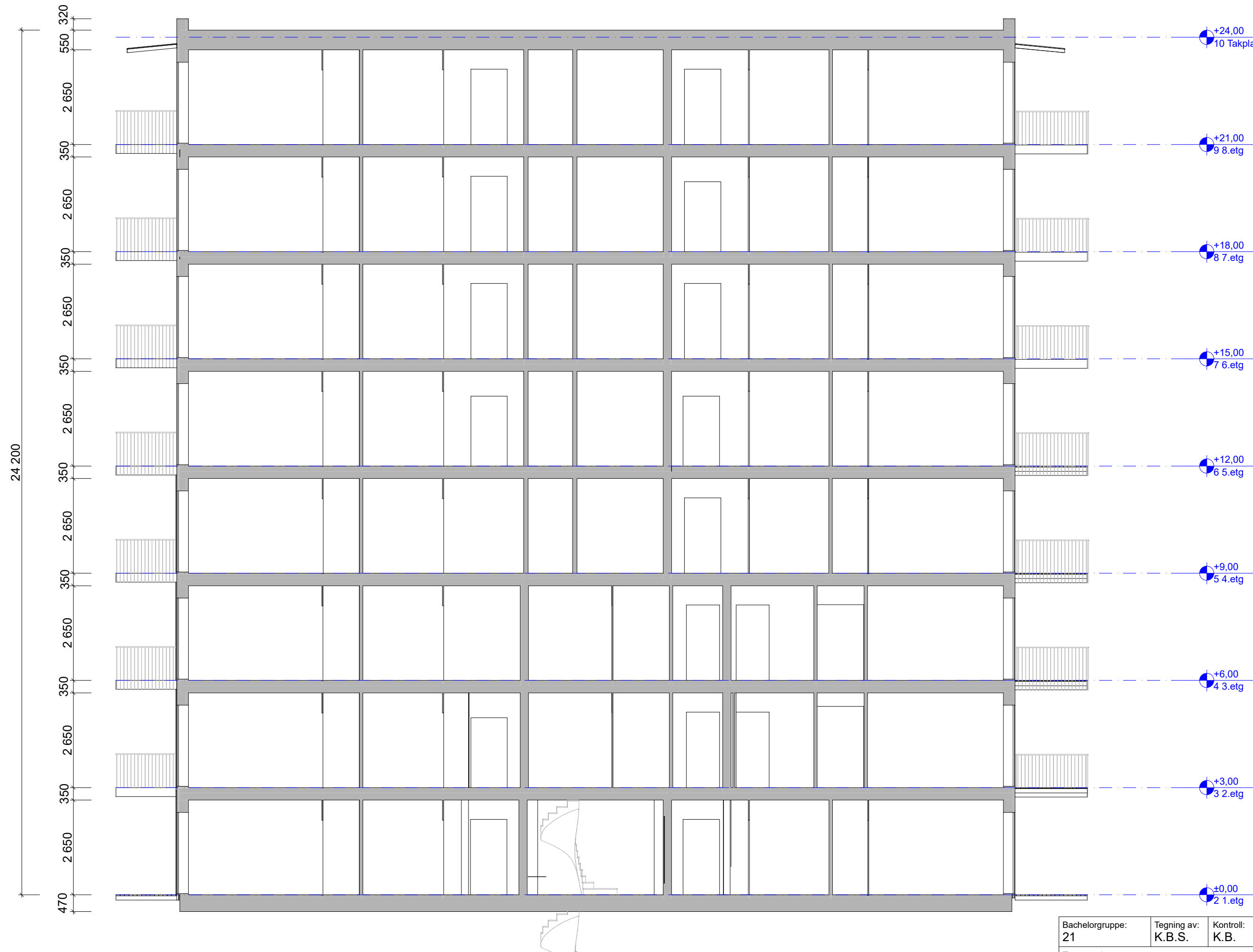
Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 16.03.2021
Type tegning: Fasade Øst			Målestokk 1:100



24 520

Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 16.03.2021
Type tegning: Fasade Vest			Målestokk 1:100

Vedlegg D.3 – Snittegning



Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 16.03.2021
Type tegning: Snitt			Målestokk 1:100

**Vedlegg D.4 – Mengdebeskrivelse
– Dekker og tak**

General element list									16.03.2021	
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes		
SLAB										
	1.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		5 mm	0 mm	3,76 m²	0,02 m³		
	1.etg	252- Gulv på gr...	Dekke-		470 mm	0 mm	450,33 m²	224,50 m³		
	1.etg	284- Balkonger ...	Balkong		590 mm	0 mm	15,00 m²	8,85 m³		
	1.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	10,00 m²	1,50 m³		
	1.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	10,00 m²	1,50 m³		
	1.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	23,38 m²	3,56 m³		
	1.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	23,63 m²	3,58 m³		
	1.etg total							536,12 m²	243,51 m³	
	2.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	38,40 m²	13,62 m³		
	2.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	404,12 m²	145,99 m³		
	2.etg	252- Gulv på gr...	Dekke-		250 mm	0 mm	12,85 m²	3,21 m³		
	2.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	2.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,62 m²	5,91 m³		
	2.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,96 m²	5,99 m³		
	2.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	9,91 m²	1,49 m³		
	2.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	23,57 m²	3,58 m³		
	2.etg total							546,45 m²	182,29 m³	
	3.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	438,20 m²	158,67 m³		
	3.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		

page 1

General element list									16.03.2021	
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes		
	3.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	3.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	12,85 m²	3,21 m³		
	3.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,84 m²	5,96 m³		
	3.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,93 m²	5,98 m³		
	3.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	10,00 m²	1,50 m³		
	3.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	23,48 m²	3,58 m³		
	3.etg total							552,29 m²	183,90 m³	
	4.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	451,15 m²	162,24 m³		
	4.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	4.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,33 m²	2,58 m³		
	4.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	12,85 m²	3,21 m³		
	4.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,84 m²	5,96 m³		
	4.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,87 m²	5,97 m³		
	4.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	10,30 m²	1,55 m³		
	4.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	23,42 m²	3,57 m³		
	4.etg total							565,76 m²	187,57 m³	
	5.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	38,52 m²	13,78 m³		
	5.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	405,73 m²	146,00 m³		
	5.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	5.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	5.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	12,33 m²	3,08 m³		
	5.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	12,85 m²	3,21 m³		
	5.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,87 m²	5,97 m³		
	5.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	10,00 m²	1,50 m³		

page 2

General element list									16.03.2021	
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes		
	5.etg	284- Balkonger ...	Terrasse		150 mm	0 mm	23,42 m²	3,58 m³		
	5.etg total							546,71 m²	182,12 m³	
	6.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	38,52 m²	13,64 m³		
	6.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	405,71 m²	145,98 m³		
	6.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	6.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	6.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	12,85 m²	3,21 m³		
	6.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,60 m²	5,90 m³		
	6.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,93 m²	5,98 m³		
	6.etg total							524,61 m²	179,72 m³	
	7.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	38,65 m²	13,80 m³		
	7.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	405,65 m²	145,92 m³		
	7.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	7.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	7.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	12,84 m²	3,21 m³		
	7.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,83 m²	5,96 m³		
	7.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,96 m²	5,99 m³		
	7.etg total							524,95 m²	179,88 m³	
	8.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	38,65 m²	13,90 m³		
	8.etg	25-- Dekker.IF...	Dekke-		350 mm	0 mm	405,75 m²	145,90 m³		
	8.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	8.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	10,00 m²	2,50 m³		
	8.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	12,84 m²	3,21 m³		
	8.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	23,84 m²	5,96 m³		

page 3

General element list									16.03.2021	
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes		
	8.etg	284- Balkonger ...	Balkong		250 mm	0 mm	24,11 m²	6,03 m³		
	8.etg total							525,19 m²	180,00 m³	
	Takplan	252- Gulv på gr...	Dekke-		250 mm	0 mm	6,00 m²	1,50 m³		
	Takplan	252- Gulv på gr...	Dekke-		311 mm	0 mm	6,00 m²	1,87 m³		
	Takplan	284- Balkonger ...	Balkong		200 mm	0 mm	12,04 m²	2,41 m³		
	Takplan total							24,04 m²	5,77 m³	
	SLAB total for all stories							4 346,11 m²	1 524,77 m³	
ROOF										
	8.etg	26-- Yttertak.IF...	Tak-		20 mm	0 mm	4,78 m²	0,10 m³		
	8.etg	26-- Yttertak.IF...	Tak-		20 mm	0 mm	4,78 m²	0,10 m³		
	8.etg	26-- Yttertak.IF...	Tak-		20 mm	0 mm	4,78 m²	0,10 m³		
	8.etg	26-- Yttertak.IF...	Tak-		20 mm	0 mm	4,78 m²	0,10 m³		
	8.etg	26-- Yttertak.IF...	Tak-		20 mm	0 mm	5,34 m²	0,11 m³		
	8.etg total							24,46 m²	0,49 m³	
	Takplan	26-- Yttertak.IF...	Tak-		550 mm	0 mm	490,78 m²	269,93 m³		
	Takplan total							490,78 m²	269,93 m³	
	ROOF total for all stories							515,24 m²	270,42 m³	

Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 16.03.2021
Type tegning: Liste - Dekker og tak			Målestokk 1:200

**Vedlegg D.5 – Mengdebeskrivelse
– Gulvarealer**

Rooms by stories					
18.03.2021					
Story	Room	R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area
1.0g	Korridor	2 700.00 mm	87 078 mm	46.67 m ²	81.04 m ²
1.1	Entre	2 700.00 mm	10 876 mm	7.84 m ²	7.39 m ²
1.1.1	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
1.1.3	Kjølken	2 700.00 mm	14 546 mm	3.50 m ²	12.60 m ²
1.1.4	Stue	2 700.00 mm	13 088 mm	9.81 m ²	11.68 m ²
1.1.5	Bad	2 700.00 mm	5 824.43 mm	11.00 m ²	1.83 m ²
1.1.6	Stue	2 700.00 mm	13 162 mm	8.80 m ²	7.91 m ²
1.1.7	Stue	2 700.00 mm	11 866 mm	12.46 m ²	8.28 m ²
1.2.1	Entre	2 700.00 mm	7 735.25 mm	1.56 m ²	3.45 m ²
1.2.2	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
1.2.3	Kjølken	2 700.00 mm	13 088 mm	3.50 m ²	12.60 m ²
1.2.4	Stue	2 700.00 mm	14 960 mm	11.84 m ²	13.68 m ²
1.2.5	Bad	2 700.00 mm	9 164.91 mm	15.84 m ²	5.10 m ²
1.2.6	Stue	2 700.00 mm	13 498 mm	32.26 m ²	9.23 m ²

Rooms by stories					
18.03.2021					
Story	Room	R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area
1.2.7	Stue	2 700.00 mm	11 088 mm	14.80 m ²	8.28 m ²
1.2.1	Entre	2 700.00 mm	14 425 mm	8.80 m ²	9.10 m ²
1.3.2	Bad	2 700.00 mm	9 029.08 mm	0.00 m ²	5.40 m ²
1.3.3	Kjølken	2 700.00 mm	15 485 mm	5.12 m ²	14.64 m ²
1.3.4	Stue	2 700.00 mm	15 814 mm	14.40 m ²	15.45 m ²
1.3.5	Stue	2 700.00 mm	7 923.45 mm	2.88 m ²	2.37 m ²
1.3.6	Stue	2 700.00 mm	19 914 mm	25.84 m ²	7.26 m ²
1.3.7	Stue	2 700.00 mm	13 546 mm	14.69 m ²	11.32 m ²
1.4.1	Entre	2 700.00 mm	14 404 mm	25.79 m ²	9.08 m ²
1.4.2	Bad	2 700.00 mm	9 029.08 mm	0.00 m ²	5.40 m ²
1.4.3	Kjølken	2 700.00 mm	15 482 mm	21.08 m ²	14.64 m ²
1.4.4	Stue	2 700.00 mm	15 811 mm	21.87 m ²	15.44 m ²
1.4.5	Bad	2 700.00 mm	8 096.73 mm	2.70 m ²	3.05 m ²
1.4.6	Stue	2 700.00 mm	19 842 mm	17.03 m ²	7.15 m ²
1.4.7	Stue	2 700.00 mm	13 488 mm	22.57 m ²	10.72 m ²
1.5.1	Entre	2 700.00 mm	7 736.00 mm	10.38 m ²	4.45 m ²
1.5.2	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
1.5.3	Kjølken	2 700.00 mm	13 134 mm	13.36 m ²	10.77 m ²
1.5.4	Stue	2 700.00 mm	15 902 mm	9.47 m ²	13.68 m ²
1.5.5	Bad	2 700.00 mm	9 164.26 mm	12.00 m ²	5.10 m ²
1.5.6	Stue	2 700.00 mm	13 497 mm	31.85 m ²	9.23 m ²

Rooms by stories					
18.03.2021					
Story	Room	R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area
1.5.7	Stue	2 700.00 mm	11 900 mm	15.95 m ²	8.32 m ²
1.6.1	Entre	2 700.00 mm	9 920.71 mm	6.79 m ²	5.14 m ²
1.6.2	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
1.6.3	Kjølken	2 700.00 mm	11 113 mm	10.81 m ²	7.34 m ²
1.6.4	Stue	2 700.00 mm	13 065 mm	9.81 m ²	11.67 m ²
1.6.5	Bad	2 700.00 mm	7 075.62 mm	7.46 m ²	3.08 m ²
1.6.7	Stue	2 700.00 mm	12 200 mm	12.00 m ²	10.72 m ²
1.6g	total		837 493 mm	484.81 m²	416.52 m²
1.6g	Balkong	2 700.00 mm	16 425 mm	0.00 m ²	12.85 m ²
1.6g	Korridor	2 700.00 mm	50 466 mm	49.29 m ²	42.80 m ²
2.1.1	Entre	2 700.00 mm	10 876 mm	7.84 m ²	7.39 m ²
2.1.2	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
2.1.3	Kjølken	2 700.00 mm	14 025 mm	10.30 m ²	12.66 m ²
2.1.4	Stue	2 700.00 mm	13 088 mm	15.73 m ²	11.68 m ²
2.1.5	Bad	2 700.00 mm	5 824.43 mm	11.00 m ²	1.83 m ²
2.1.6	Stue	2 700.00 mm	13 162 mm	12.21 m ²	10.82 m ²
2.1.7	Stue	2 700.00 mm	11 866 mm	24.55 m ²	8.28 m ²
2.1.1	Entre	2 700.00 mm	7 736.01 mm	8.47 m ²	3.45 m ²
2.2.2	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
2.2.3	Kjølken	2 700.00 mm	12 869 mm	9.88 m ²	10.36 m ²

Rooms by stories					
18.03.2021					
Story	Room	R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area
2.2.4	Stue	2 700.00 mm	14 704 mm	13.17 m ²	13.15 m ²
2.2.5	Stue	2 700.00 mm	11 866 mm	12.46 m ²	8.28 m ²
2.3.1	Entre	2 700.00 mm	17 872 mm	10.74 m ²	11.42 m ²
2.3.3	Kjølken	2 700.00 mm	14 802 mm	8.47 m ²	12.71 m ²
2.3.4	Stue	2 700.00 mm	15 900 mm	25.19 m ²	17.08 m ²
2.3.5	Stue	2 700.00 mm	13 620 mm	30.91 m ²	11.43 m ²
2.3.6	Stue	2 700.00 mm	11 362 mm	28.48 m ²	7.26 m ²
2.4.1	Entre	2 700.00 mm	19 894 mm	6.10 m ²	6.90 m ²
2.4.2	Bad	2 700.00 mm	8 116.76 mm	9.26 m ²	7.26 m ²
2.4.4	Stue	2 700.00 mm	13 149 mm	9.03 m ²	10.38 m ²
2.4.5	Bad	2 700.00 mm	6 344.18 mm	6.41 m ²	2.49 m ²
2.4.6	Stue	2 700.00 mm	12 688 mm	28.26 m ²	9.10 m ²
2.5.1	Entre	2 700.00 mm	7 736.01 mm	12.00 m ²	3.45 m ²
2.5.1	Entre	2 700.00 mm	14 088 mm	26.28 m ²	9.23 m ²
2.5.2	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
2.5.2	Bad	2 700.00 mm	9 029.08 mm	0.00 m ²	5.40 m ²
2.5.3	Kjølken	2 700.00 mm	13 134 mm	20.40 m ²	10.77 m ²
2.5.3	Kjølken	2 700.00 mm	15 485 mm	10.22 m ²	14.64 m ²
2.5.4	Stue	2 700.00 mm	14 960 mm	9.39 m ²	13.68 m ²
2.5.4	Stue	2 700.00 mm	15 814 mm	16.58 m ²	15.45 m ²
2.5.5	Bad	2 700.00 mm	8 003.95 mm	2.76 m ²	3.04 m ²

Rooms by stories					
18.03.2021					
Story	Room	R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area
2.5.5	Bad	2 700.00 mm	9 164.39 mm	10.19 m ²	5.10 m ²
2.5.6	Stue	2 700.00 mm	15 914 mm	17.22 m ²	17.08 m ²
2.5.6	Stue	2 700.00 mm	13 003 mm	24.06 m ²	9.23 m ²
2.5.7	Stue	2 700.00 mm	11 867 mm	9.89 m ²	8.32 m ²
2.5.7	Stue	2 700.00 mm	13 488 mm	22.56 m ²	11.23 m ²
2.6.1	Entre	2 700.00 mm	10 876 mm	16.48 m ²	6.72 m ²
2.6.2	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
2.6.3	Kjølken	2 700.00 mm	14 076 mm	15.17 m ²	12.66 m ²
2.6.4	Stue	2 700.00 mm	13 087 mm	9.81 m ²	11.68 m ²
2.6.5	Bad	2 700.00 mm	5 824.13 mm	11.00 m ²	1.83 m ²
2.6.6	Stue	2 700.00 mm	13 166 mm	26.20 m ²	7.41 m ²
2.6.7	Stue	2 700.00 mm	11 906 mm	15.96 m ²	8.33 m ²
3.2.2	Bad	2 700.00 mm	8 096.00 mm	7.79 m ²	5.32 m ²
3.4.3	Kjølken	2 700.00 mm	12 713 mm	13.31 m ²	9.32 m ²
3.4g	total		589 382 mm	614.90 m²	424.17 m²
3.4g	Balkong	2 700.00 mm	16 425 mm	0.00 m ²	12.85 m ²
3.4g	Korridor	2 700.00 mm	50 536 mm	48.97 m ²	42.80 m ²
3.1.1	Entre	2 700.00 mm	10 876 mm	7.84 m ²	6.76 m ²
3.1.2	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
3.1.3	Kjølken	2 700.00 mm	14 025 mm	9.55 m ²	12.62 m ²

Rooms by stories					
18.03.2021					
Story	Room	R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area
3.1.4	Stue	2 700.00 mm	13 899 mm	15.73 m ²	11.68 m ²
3.1.5	Bad	2 700.00 mm	5 826.20 mm	2.04 m ²	1.63 m ²
3.1.6	Stue	2 700.00 mm	11 121 mm	13.31 m ²	7.46 m ²
3.1.7	Stue	2 700.00 mm	11 866 mm	24.55 m ²	8.28 m ²
3.2.1	Entre	2 700.00 mm	7 736.01 mm	8.47 m ²	3.45 m ²
3.2.2	Bad	2 700.00 mm	8 230.00 mm	0.00 m ²	4.32 m ²
3.2.3	Kjølken	2 700.00 mm	12 869 mm	8.88 m ²	10.36 m ²
3.2.4	Stue	2 700.00 mm	14 704 mm	13.17 m ²	13.15 m ²
3.2.5	Stue	2 700.00 mm	11 866 mm	12.46 m ²	8.28 m ²
3.3.1	Entre	2 700.00 mm	17 872 mm	10.49 m ²	11.42 m ²
3.3.2	Bad	2 700.00 mm	9 029.08 mm	0.00 m ²	5.40 m ²
3.3.3	Kjølken	2 700.00 mm	14 402 mm	10.75 m ²	12.71 m ²
3.3.4	Stue	2 700.00 mm	16 960 mm	25.19 m ²	17.08 m ²
3.3.5	Stue	2 700.00 mm	13 620 mm	30.91 m ²	11.43 m ²
3.3.6	Stue	2 700.00 mm	11 362 mm	28.48 m ²	7.26 m ²
3.4.1	Entre	2 700.00 mm	19 894 mm	6.10 m ²	6.90 m ²
3.4.2	Bad	2 700.00 mm	8 116.76 mm	9.26 m ²	7.26 m ²
3.4.3	Kjølken	2 700.00 mm	12 713 mm	13.05 m ²	9.32 m ²
3.4.4	Stue	2 700.00 mm	13 149 mm	9.03 m ²	10.38 m ²
3.4.5	Bad	2 700.00 mm	6 344.18 mm	6.41 m ²	2.49 m ²
3.4.6	Stue	2 700.00 mm	12 688 mm	28.26 m ²	9.10 m ²

Rooms by stories					
18.03.2021					
Story	Room	R. Height	Perimeter	Wall surf.	Measured Area
3.5.1	Entre	2 700.00 mm	14 088 mm	22.03 m ²	9.23 m ²
3.5.2	Bad	2 700.00 mm	9 029.08 mm	0.00 m ²	5.40 m ²
3.5.3	Kjølken	2 700.00 mm	15 485 mm	18.07 m ²	14.64 m ²
3.5.4	Stue	2 700.00 mm	15 814 mm	21.87 m ²	15.44 m ²
3.5.5	Bad	2 700.00 mm	8 005.95 mm	2.76 m ²	3.04 m ²
3.5.6	Stue	2 700.00 mm	10 914 mm	17.22 m ²	7.26 m ²
3.5.7	Stue	2 700			

Vedlegg D.6 – Mengdebeskrivelse
– Bærende innervegger

General element list									16.03.2021
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes	
WALL									
1.etg	241- Bærende L...	VT-			168 mm	2 930 mm	0,00 m²	0,00 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			168 mm	2 930 mm	0,00 m²	0,00 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			168 mm	2 930 mm	0,00 m²	0,00 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 840 mm	9,58 m²	1,92 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 860 mm	5,88 m²	1,14 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	1,76 m²	0,35 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	2,14 m²	0,43 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	2,14 m²	0,43 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	3,50 m²	0,70 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	3,52 m²	0,70 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	4,13 m²	0,83 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	5,24 m²	1,05 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	5,25 m²	1,05 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	5,79 m²	1,16 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	6,07 m²	1,21 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	6,53 m²	1,31 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	10,72 m²	2,14 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	15,01 m²	3,00 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	15,75 m²	3,15 m³	

page 1

General element list									16.03.2021
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	16,91 m²	3,38 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	18,43 m²	3,69 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 990 mm	16,81 m²	3,76 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 995 mm	7,96 m²	1,59 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 995 mm	7,96 m²	1,59 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 840 mm	5,56 m²	1,30 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 930 mm	21,18 m²	4,91 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 930 mm	21,24 m²	4,93 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 990 mm	20,15 m²	4,66 m³	
1.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 990 mm	28,52 m²	6,59 m³	
1.etg total							289,51 m²	66,98 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	1,80 m²	0,17 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	2,04 m²	0,18 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	1,74 m²	0,35 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	2,19 m²	0,44 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	2,34 m²	0,47 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	2,75 m²	0,55 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	4,31 m²	0,86 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	4,84 m²	0,97 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	5,10 m²	1,02 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	5,37 m²	1,07 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	5,51 m²	1,10 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	5,94 m²	1,19 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	6,18 m²	1,24 m³	

page 2

General element list									16.03.2021
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	6,88 m²	1,34 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	6,90 m²	1,38 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	6,90 m²	1,38 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	7,02 m²	1,40 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	7,27 m²	1,45 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	7,97 m²	1,59 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	8,57 m²	1,71 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	12,89 m²	2,54 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	12,90 m²	2,58 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	15,37 m²	3,07 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	16,75 m²	3,35 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	17,28 m²	3,46 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	18,87 m²	3,77 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 930 mm	2,24 m²	0,54 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 930 mm	8,55 m²	2,04 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 930 mm	12,60 m²	2,84 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 930 mm	21,16 m²	4,91 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	16,31 m²	3,90 m³	
2.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	19,04 m²	4,42 m³	
2.etg total							275,18 m²	67,29 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	1,80 m²	0,17 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	2,04 m²	0,18 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			122 mm	2 930 mm	1,05 m²	0,13 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			122 mm	2 930 mm	1,05 m²	0,13 m³	

page 3

General element list									16.03.2021
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	40,82 m²	8,16 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 930 mm	9,00 m²	2,15 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	2 930 mm	12,64 m²	2,86 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	2,29 m²	0,56 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	16,31 m²	3,90 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	19,04 m²	4,42 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	21,64 m²	5,02 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	22,02 m²	5,13 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	4,70 m²	0,94 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	4,70 m²	0,94 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	10,72 m²	2,14 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 995 mm	8,55 m²	1,71 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 995 mm	8,55 m²	1,71 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	4,85 m²	0,97 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	16,75 m²	3,35 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	17,31 m²	3,46 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	24,24 m²	4,85 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	28,55 m²	5,71 m³	
3.etg total							278,64 m²	68,88 m³	

3.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	1,80 m²	0,17 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	2,04 m²	0,18 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			122 mm	2 930 mm	1,05 m²	0,13 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			122 mm	2 930 mm	1,05 m²	0,13 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	0,82 m²	0,16 m³	

page 4

General element list									16.03.2021
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	22,93 m²	4,59 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	40,84 m²	8,17 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	19,04 m²	4,42 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	19,04 m²	4,42 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	21,92 m²	5,09 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	4,70 m²	0,94 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	4,70 m²	0,94 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	10,72 m²	2,14 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	4,81 m²	0,96 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	7,96 m²	1,60 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	7,96 m²	1,60 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	16,72 m²	3,34 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	17,29 m²	3,46 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	24,24 m²	4,85 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	28,52 m²	5,70 m³	
3.etg total							258,22 m²	62,98 m³	

3.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	1,80 m²	0,17 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	2,04 m²	0,18 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			122 mm	2 930 mm	1,05 m²	0,13 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	1,37 m²	0,27 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	64,78 m²	12,96 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	19,01 m²	4,42 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	19,01 m²	4,42 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			232 mm	3 000 mm	21,64 m²	5,02 m³	

page 5

General element list									16.03.2021
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	4,70 m²	0,94 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	5,29 m²	1,06 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	2 930 mm	10,13 m²	2,03 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	6,78 m²	1,36 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	7,07 m²	1,41 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	8,27 m²	1,65 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	8,56 m²	1,71 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	16,91 m²	3,38 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	17,49 m²	3,50 m³	
3.etg	2411 Bærende L...	VT-			200 mm	3 000 mm	29,12 m²	5,82 m³	
3.etg total							245,02 m²	60,43 m³	

3.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	1,80 m²	0,17 m³	
3.etg	241- Bærende L...	VT-			96 mm	2 930 mm	2,03 m²	0,18 m³	
3.etg	241- Bærende L...</								

Vedlegg D.7 – Mengdebeskrivelse
– Ikke-bærende innervegger

Vedlegg D.8 – Mengdebeskrivelse
– Bærende yttervegger

General element list								
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes
16.03.2021								
WALL	1.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	2 910 mm	2,21 m²	0,85 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,80 m²	2,12 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	12,62 m²	4,68 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	12,84 m²	4,69 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	15,88 m²	5,42 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	16,12 m²	5,59 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	16,12 m²	5,59 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	19,02 m²	6,80 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 060 mm	5,56 m²	2,21 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	2 650 mm	2,85 m²	0,87 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	2,41 m²	0,94 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	2,48 m²	0,94 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	4,71 m²	2,04 m³
	1.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 060 mm	6,16 m²	2,44 m³
WALL	1.etg total						124,78 m²	44,98 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	4,32 m²	1,65 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	4,94 m²	1,87 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,03 m²	2,05 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	12,84 m²	4,69 m³
page 1								

General element list								
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes
16.03.2021								
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	13,32 m²	4,58 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	13,34 m²	4,69 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,08 m²	6,01 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,66 m²	6,04 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	18,77 m²	6,41 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 090 mm	2,31 m²	0,89 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 350 mm	8,06 m²	2,91 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	5,03 m²	2,16 m³
	2.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	5,55 m²	2,20 m³
WALL	2.etg total						128,25 m²	46,15 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	4,32 m²	1,64 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	4,65 m²	1,87 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,03 m²	2,05 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	13,34 m²	4,69 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	13,37 m²	4,81 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,05 m²	5,88 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,48 m²	6,15 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	20,98 m²	7,34 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 090 mm	21,92 m²	7,76 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	5,00 m²	2,05 m³
	3.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	5,55 m²	2,20 m³
WALL	3.etg total						128,68 m²	46,43 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	4,54 m²	1,65 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	4,99 m²	1,87 m³
page 2								

General element list								
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes
16.03.2021								
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,55 m²	2,02 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,83 m²	2,22 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	7,54 m²	2,59 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	13,34 m²	4,69 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,66 m²	6,04 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,70 m²	6,16 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,01 m²	7,46 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,20 m²	7,35 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	2 845 mm	5,34 m²	2,05 m³
	4.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	5,03 m²	2,15 m³
WALL	4.etg total						129,73 m²	46,26 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	4,54 m²	1,65 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,80 m²	2,10 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,80 m²	2,10 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	13,09 m²	4,61 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,70 m²	6,16 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,70 m²	6,16 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	18,65 m²	6,73 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,23 m²	7,46 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,76 m²	7,53 m³
	5.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	5,00 m²	2,05 m³
WALL	5.etg total						131,26 m²	46,58 m³
	6.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	4,54 m²	1,64 m³
	6.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,80 m²	2,10 m³
page 3								

General element list								
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes
16.03.2021								
	6.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,80 m²	2,10 m³
	6.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	13,62 m²	4,73 m³
	6.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,70 m²	6,16 m³
	6.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,70 m²	6,16 m³
	6.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	18,65 m²	6,73 m³
	6.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,23 m²	7,46 m³
	6.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,76 m²	7,53 m³
	6.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	5,00 m²	2,05 m³
WALL	6.etg total						131,79 m²	46,68 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	4,54 m²	1,65 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,55 m²	2,02 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,80 m²	2,10 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,83 m²	2,22 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	7,01 m²	2,46 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	7,01 m²	2,46 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	11,08 m²	4,02 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,66 m²	6,04 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,70 m²	6,16 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,20 m²	7,35 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,79 m²	7,65 m³
	7.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	3 000 mm	5,03 m²	2,16 m³
WALL	7.etg total						130,20 m²	46,32 m³
	8.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	2 860 mm	5,80 m²	2,04 m³
	8.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	2 860 mm	13,09 m²	4,48 m³
page 4								

General element list								
Element	Story	Layer Name	User ID	Library part	Width /Thickn...	Height	Surface Area	Volumes
16.03.2021								
	8.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	5,84 m²	2,22 m³
	8.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	6,48 m²	2,25 m³
	8.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	16,34 m²	5,60 m³
	8.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	17,70 m²	6,16 m³
	8.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	20,97 m²	7,38 m³
	8.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,24 m²	7,36 m³
	8.etg	231-Bærende ...	YV		324 mm	3 000 mm	21,82 m²	7,66 m³
	8.etg	231-Bærende ...	YV		350 mm	2 860 mm	5,03 m²	2,08 m³
WALL	8.etg total						134,29 m²	47,23 m³
	fakplan	231-Bærende ...	YV		324 mm	520 mm	0,68 m²	0,36 m³
	fakplan	231-Bærende ...	YV		324 mm	520 mm	1,26 m²	0,37 m³
	fakplan	231-Bærende ...	YV		324 mm	520 mm	3,23 m²	1,25 m³
	fakplan	231-Bærende ...	YV		324 mm	520 mm	3,23 m²	1,25 m³
	fakplan	231-Bærende ...	YV		324 mm	520 mm	6,74 m²	2,60 m³
	fakplan	231-Bærende ...	YV		324 mm	520 mm	7,30 m²	2,74 m³
	fakplan	231-Bærende ...	YV		324 mm	660 mm	6,74 m²	2,86 m³
WALL	fakplan total						29,17 m²	11,43 m³
WALL	total for all stories						1 068,14 m²	382,07 m³

Bachelorgruppe: 21	Tegning av: K.B.S.	Kontroll: K.B.	Dato 16.03.2021
Type tegning: Liste - Bærende yttervegger			Målestokk 1:250

Vedlegg E.1 – SINTEF Teknisk godkjenning
TG 2059

SINTEF Teknisk Godkjenning

TG 2059



Utstedt første gang: 15.02.1996
Revidert: 09.02.2021
Korrigert:
Gyldig til: 01.02.2027
Fortsatt publisert på
www.sintefcertification.no

SINTEF bekrefter at

Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner

er vurdert å være egnet i bruk og tilfredsstillende krav til produktdokumentasjon i henhold til forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK) og forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK), for de egenskaper, bruksområder og betingelser for bruk som er angitt i dette dokumentet.



1. Innehaver av godkjenningen

Metsäliitto Cooperative
Metsä Wood
P.O.Box 24
FI-08101 Lohja, Finland
www.metsawood.com

2. Produktbeskrivelse

Metsä Wood Spruce er kryssfinerplater til konstruksjonsformål, produsert av ca. 3,0 mm tykke finerlag av bartre, hovedsakelig gran. Platene er limt med fenollim. Metsä Wood Spruce produseres med nominelle platetykkelser fra 9 mm til 30 mm. Antall finerlag og tykkelsestoleranser er vist i tabell 1.

Standardformat er 2400 / 2440 / 2500 mm x 1200 / 1220 / 1250 mm, og 2400 / 2440 mm x 600 / 610 mm. Første siffer angir dimensjonen parallelt ytterfinerets fiberretning.

Platene skal ha følgende lengde- og breddetoleranser målt i henhold til EN 324-1 og EN 324-2:

- Lengde < 1000 mm: ± 1 mm
- Lengde 1000 – 2000 mm: ± 2 mm
- Lengde > 2000 mm: ± 3 mm
- Kantretthet: ± 0,1 % eller ± 1,0 mm/m
- Vinkelretthet: ± 0,1 % eller ± 1,0 mm/m

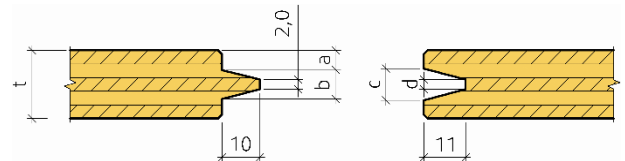
Toleransene gjelder ved fuktinnhold 10 ± 2 %.

Metsä Wood Spruce kan leveres med not og fjær som vist i fig. 1. Profilering med not og fjær reduserer netto platedimensjon med 10 mm.

Midlere densitet er 460 kg/m³ ved et fuktinnhold på 10 %.

Metsä Wood Spruce leveres med upusset eller pusset overflate som standard. Platene har ytterfiner kvalitet i klasse II og III i henhold til EN 635. Klassifikasjonen gjelder primært utseendet.

Platene kan også leveres som Metsä Wood Spruce MouldGuard med overflatebehandling for å hindre blåved og soppdannelse, og som Metsä Wood Spruce FireResist med brannhemmende overflatebehandling. Platene har samme konstruksjonsegenskaper som Metsä Wood Spruce, men Metsä Wood Spruce FireResist har brannteknisk klassifisering som angitt i pkt. 4.2.



t	Mål i mm				
	12	15	18	21	24
a	3,5	3,7	5,1	6,5	7,9
b	5,0	7,5	7,5	7,5	7,5
c	5,5	8,5	8,5	8,5	8,5
d	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0

Fig. 1
Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner. Profiler til not og fjær

Tabell 1

Plateoppbygning og tykkelser for standard Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner. Finertykkelsen er 3,0 mm i alle lag

Nominell tykkelse mm	Antall finerlag ¹⁾	Fineropplegg ²⁾	Midlere tykkelse før pussing ³⁾ mm	Toleranser fra nominell tykkelse iht. EN 315	
				Upusset mm	Pusset mm
9	3	- I -	9,0	+1,1 / -0,7	+0,5 / -0,7
12	4	- I I -	12,0	+1,2 / -0,8	+0,6 / -0,8
15	5	- I - I -	15,0	+1,3 / -0,9	+0,7 / -0,9
18	6	- I - - I -	18,0	+1,3 / -0,9	+0,7 / -0,9
21	7	- I - I - I -	21,0	+1,4 / -1,0	+0,8 / -1,0
24	8	- I - - - - I -	24,0	+1,5 / -1,1	+0,9 / -1,1
27	9	- I - I - I - I -	27,0	+1,6 / -1,2	+1,0 / -1,2
30	10	- I - I - - I - I -	30,0	+1,7 / -1,3	+1,1 / -1,3

- ¹⁾ For plater med tykkelse 12, 18 og 30 mm ligger de to midterste lagene samme vei. For 24 mm plater ligger de fire midterste lagene samme vei.
- ²⁾ - = finerlag med fiberretningen parallelt platenes lengderetning
I = finerlag med fiberretningen på tvers av platenes lengderetning
- ³⁾ Midlere tykkelsen av pussete plater er 0,5 mm mindre enn tykkelse før pussing.

SINTEF er norsk medlem i European Organisation for Technical Assessment, EOTA, og European Union of Agrément, UEAtc

SINTEF Certification
www.sintefcertification.no
e-post: certification@sintef.no

Kontaktperson, SINTEF: Meliha Hrnjicevic
Utarbeidet av: Trond Ramstad

SINTEF AS
www.sintef.no
Foretaksregister: NO 919 303 808 MVA

3. Bruksområder

Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner kan brukes i trekonstruksjoner som dimensjoneres i henhold til NS-EN 1995-1-1, og som undergulv, taktro og underkledding på vegger i trehuskonstruksjoner.

I permanente konstruksjoner bør kryssfinerplater generelt bare anvendes slik at de er beskyttet mot direkte nedbør, dvs. i klimaklasse 1 og 2 i henholdt til NS-EN 1995-1-1.

4. Egenskaper

4.1 Styrke og stivhet

Tabell 2 og 3 viser karakteristiske fastheter og stivhetsmoduler for hver enkelt standard plateoppbygning. Tabell 4 og 5 viser de tilsvarende karakteristiske kapasitetene og stivhetene for hver enkelt plate. Stivhetene gjelder for beregning av deformasjoner i bruksgrense-tilstanden, og ved beregning av sammensatte tverrsnitt.

Karakteristisk densitet regnes som 400 kg/m³ ved et fuktinnhold på 10 %.

Tabell 2

Karakteristiske fastheter og stivhetsmoduler for **opusset** standard Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner¹⁾

Nominell platetykkelse, mm		9	12	15	18	21	24	27	30
Antall finerlag		3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Fastheter i N/mm²</i>									
Bøyefasthet	f _{mko}	23,1	21,0	23,8	22,2	21,3	21,1	20,0	19,4
Bøyefasthet	f _{mko90}	2,7	6,0	10,4	11,7	12,1	11,9	12,9	13,2
Trykkfasthet	f _{ck0}	16,0	12,0	18,0	20,0	17,1	22,5	16,7	18,0
Trykkfasthet	f _{ck90}	8,0	12,0	12,0	10,0	12,9	7,5	13,3	12,0
Strekfasthet	f _{tk0}	9,6	7,2	10,8	12,0	10,3	13,5	10,0	10,8
Strekfasthet	f _{tk90}	4,8	7,2	7,2	6,0	7,7	4,5	8,0	7,2
Skiveskjær	f _{vk}	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,6	3,5	3,5
Plateskjær	f _{rk0}	1,41	0,93	1,61	1,73	1,42	2,09	1,46	1,50
Plateskjær	f _{rk90}	-	-	0,85	0,62	1,15	-	1,10	0,70
<i>Stivhetsmoduler for deformasjonsberegninger</i>									
E-modul bøyning	E _{m0}	9244	8400	9504	8889	8536	8438	7984	7776
E-modul bøyning	E _{m90}	356	1200	2496	3111	3464	3563	4016	4224
E-modul aksiallast	E _{c0} /E _{t0}	6400	4800	7200	8000	6857	9000	6667	7200
E-modul aksiallast	E _{c90} /E _{t90}	3200	4800	4800	4000	5143	3000	5333	4800
Skiveskjær	G _v	350	350	350	350	350	350	350	350
Plateskjær	G _{r0}	46,9	36,3	51,0	71,1	52,1	137,8	52,4	63,2
Plateskjær	G _{r90}	-	-	28,2	24,2	36,5	24,1	40,5	34,6

¹⁾ Indeks 0 angir retning parallelt ytterfinerets fiberretning (platens langside)
Indeks 90 angir retning på tvers av ytterfinerets fiberretning (platens kortside)

Tabell 3

Karakteristiske fastheter og stivhetsmoduler for **pusset** standard Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner¹⁾

Nominell platetykkelse, mm		9	12	15	18	21	24	27	30
Antall finerlag		3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Fastheter i N/mm²</i>									
Bøyefasthet	f _{mko}	22,9	20,6	23,1	21,5	20,7	20,5	19,4	18,9
Bøyefasthet	f _{mko90}	3,0	6,5	11,1	12,3	12,7	12,4	13,4	13,7
Trykkfasthet	f _{ck0}	15,5	11,5	17,6	19,7	16,8	22,3	16,4	17,8
Trykkfasthet	f _{ck90}	8,5	12,5	12,4	10,3	13,2	7,7	13,6	12,2
Strekfasthet	f _{tk0}	9,3	6,9	10,6	11,8	10,1	13,4	9,8	10,7
Strekfasthet	f _{tk90}	5,1	7,5	7,4	6,2	7,9	4,6	8,2	7,3
Skiveskjær	f _{vk}	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,6	3,5	3,5
Plateskjær	f _{rk0}	1,42	0,94	1,63	1,76	1,41	2,15	1,46	1,50
Plateskjær	f _{rk90}	-	-	0,87	0,64	1,18	-	1,12	0,72
<i>Stivhetsmoduler for deformasjonsberegninger i N/mm²</i>									
E-modul bøyning	E _{m0}	9178	8237	9237	8615	8277	8205	7752	7558
E-modul bøyning	E _{m90}	422	1363	2763	3385	3723	3795	4248	4442
Aksialstivhet	E _{c0} /E _{t0}	6212	4591	7034	7886	6732	8936	6566	7119
Aksialstivhet	E _{c90} /E _{t90}	3388	5009	4966	4114	5268	3064	5434	4881
Skiveskjær	G _v	350	350	350	350	350	350	350	350
Plateskjær	G _{r0}	45,1	35,5	50,5	71,4	51,8	142,9	52,1	63,2
Plateskjær	G _{r90}	-	-	29,1	24,9	37,4	24,6	41,3	35,2

¹⁾ Indeks 0 angir retning parallelt ytterfinerets fiberretning (platens langside)
Indeks 90 angir retning på tvers av ytterfinerets fiberretning (platens kortside)

Tabell 4

Karakteristiske kapasiteter og stivheter for **upusset** standard Metså Wood Spruce konstruksjonskryssfiner¹⁾

Nominell platetykkelse, mm			9	12	15	18	21	24	27	30
Antall finerlag			3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Kapasiteter/fastheter</i>										
Bøyemoment	M_0	Nmm/mm	312	504	891	1200	1569	2025	2425	2916
Bøyemoment	M_{90}	Nmm/mm	36	144	390	630	891	1140	1569	1980
Trykkapasitet	N_{c0}	N/mm	144	144	270	360	360	540	450	540
Trykkapasitet	N_{c90}	N/mm	72	144	180	180	270	180	360	360
Strekkapasitet	N_{t0}	N/mm	86	86	162	216	216	324	270	324
Strekkapasitet	N_{t90}	N/mm	43	86	108	108	162	108	216	216
Skiveskjærkapasitet	V_k	N/mm	31,5	42,0	52,5	63,0	73,5	62,4	94,5	105
Plateskjærkapasitet	V_{r0}	N/mm	8,5	7,5	16,1	20,8	19,8	33,4	26,3	30,1
Plateskjærkapasitet	V_{r90}	N/mm	-	-	8,5	7,5	16,1	-	19,8	14,1
<i>Stivheter for deformasjonsberegninger</i>										
Bøyestivhet	EI_0	kNmm ² /mm	560	1210	2670	4320	6590	9720	13100	17500
Bøyestivhet	EI_{90}	kNmm ² /mm	20	170	700	1510	2670	4100	6590	9500
Aksialstivhet	EA_{c0} / EA_{t0}	kN/mm	58	58	108	144	144	216	180	216
Aksialstivhet	EA_{c90} / EA_{t0}	kN/mm	29	58	72	72	108	72	144	144
Skiveskjærstivhet	GA_v	kN/mm	3,15	4,20	5,25	6,30	7,35	8,40	9,45	10,50
Plateskjærstivhet	GA_{r0}	kN/mm	0,42	0,44	0,77	1,28	1,09	3,31	1,41	1,89
Plateskjærstivhet	GA_{r90}	kN/mm	-	-	0,42	0,44	0,77	0,58	1,09	1,04

¹⁾ Indeks 0 angir retning parallelt ytterfinerets fiberretning (platens langside)

Indeks 90 angir retning på tvers av ytterfinerets fiberretning (platens kortside)

Tabell 5

Karakteristiske kapasiteter og stivheter for **pusset** standard Metså Wood Spruce konstruksjonskryssfiner¹⁾

Nominell platetykkelse, mm			9	12	15	18	21	24	27	30
Antall finerlag			3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Kapasiteter/fastheter</i>										
Bøyemoment	M_0	Nmm/mm	276	454	809	1099	1449	1888	2268	2740
Bøyemoment	M_{90}	Nmm/mm	36	144	390	630	891	1140	1569	1980
Trykkapasitet	N_{c0}	N/mm	132	132	255	345	345	525	435	525
Trykkapasitet	N_{c90}	N/mm	72	144	180	180	270	180	360	360
Strekkapasitet	N_{t0}	N/mm	79	79	153	207	207	315	261	315
Strekkapasitet	N_{t90}	N/mm	43	86	108	108	162	108	216	216
Skiveskjærkapasitet	V_k	N/mm	29,8	40,3	50,8	61,3	71,8	61,1	92,8	103,3
Plateskjærkapasitet	V_{r0}	N/mm	8,0	7,2	15,7	20,6	19,3	33,7	25,7	29,5
Plateskjærkapasitet	V_{r90}	N/mm	-	-	8,5	7,5	16,1	-	19,8	14,1
<i>Stivheter for deformasjonsberegninger</i>										
Bøyestivhet	EI_0	kNmm ² /mm	470	1040	2350	3850	5940	8870	12020	16170
Bøyestivhet	EI_{90}	kNmm ² /mm	20	170	700	1510	2670	4100	6590	9500
Aksialstivhet	EA_{c0} / EA_{t0}	kN/mm	53	53	102	138	138	210	174	210
Aksialstivhet	EA_{c90} / EA_{t0}	kN/mm	29	58	72	72	108	72	144	144
Skiveskjærstivhet	GA_v	kN/mm	2,98	4,03	5,08	6,13	7,18	8,23	9,28	10,33
Plateskjærstivhet	GA_{r0}	kN/mm	0,38	0,41	0,73	1,25	1,06	3,36	1,38	1,86
Plateskjærstivhet	GA_{r90}	kN/mm	-	-	0,42	0,44	0,77	0,58	1,09	1,04

¹⁾ Indeks 0 angir retning parallelt ytterfinerets fiberretning (platens langside)

Indeks 90 angir retning på tvers av ytterfinerets fiberretning (platens kortside)

4.2 Egenskaper ved brannpåvirkning

Tabell 6 viser klassifisering av Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner i henhold til EN 13501-1.

Tabell 6

Klassifisering av egenskaper ved brannpåvirkning

Montasjebetingelser	Minimum plate-tykkelse mm	Klasse ekskl. golv	Klasse gulv
Metsä Wood Spruce			
- uten hulrom bak platene - montert direkte mot produkter med klasse A1 og A2-s1,d0 og densitet minst 10 kg/m ³ eller mot produkter med klasse D-s2,d2- og densitet minst 400 kg/m ³ - et underlag av celluloseisolasjon i klasse minst E kan inkluderes hvis montert direkte mot platene, gjelder ikke gulv	9	D-s2,d0	D _{fl} -s1
- med et åpent eller lukket hulrom på inntil 22 mm bak platene - produkter på motsatt side av hulrom skal minst være i klasse A2-s1,d0 med densitet minst 10 kg/m ³	9	D-s2,d2	-
- med et lukket hulrom bak platene - produkter på motsatt side av hulrom skal minst være i klasse D-s2,d2 med densitet minst 400 kg/m ³	15	D-s2,d1	D _{fl} -s1
- med et åpent hulrom bak platene - produkter på motsatt side av hulrom skal minst være i klasse D-s2,d2 med densitet minst 400 kg/m ³	18	D-s2,d0	D _{fl} -s1
Øvrig	3	E	E _{fl}
Metsä Wood Spruce FireResist			
- med underlag som minst har klasse A2-s1,d0 og densitet minst 30 kg/m ³ (f.eks. isolasjon) - med eller uten et hulrom mellom produktet og et underlag med minst klasse A2-s1,d0 og densitet minst 525 kg/m ³ (f.eks. gipsplater) - uten en skjøt eller med maks. 2 mm åpne vertikale eller horisontale skjøter - mekanisk festet til tre- eller metallrammer	15	B-s1,d0	-
- med eller uten et hulrom mellom produktet og et trebasert underlag eller alle underlag med klasse A1 eller A2-s1,d0 og densitet minst 470 kg/m ³ . Hulrom kan være fylt med varmeisolasjon med klasse A1 eller A2-s1,d0 og med densitet minst 23 kg/m ³ - uten hulrom mellom platene og et underlag av kryssfiner med densitet minst 400 kg/m ³	12	-	B _{fl} -s1

Ved beregning av brannmotstand i henhold til NS-EN 1995-1-2 kan endimensjonal forkullingshastighet $\beta_{0,\rho,t}$ gitt i tabell 7 benyttes.

Tabell 7

Forkullingshastighet

Platetykkelse (mm)	Forkullingshastighet $\beta_{0,\rho,t}$ (mm/min)	
	Luftlag på baksiden av platene	Platene ligger an mot mineralull
9	0,74	1,26
12	0,72	1,23
15	0,71	1,16
18	0,70	1,12
21	0,69	1,07
24	0,68	1,02
27	0,67	0,97
30	0,66	0,94

4.3 Fuktegenskaper

Limet i platene er fuktbestandig, og platene har en vannavvisende overflatebehandling som reduserer hastigheten av fuktopptak. Platene kan anvendes som plattformkonstruksjon i en byggeperiode.

Fuktbevegelser i plateplanet når platens fuktinnhold endres fra fuktlikevekt ved 35 % RF til likevekt ved 85 % RF kan regnes å være maks. 2 mm/m. Tilsvarende kan endring av tykkelse regnes å være ca. 5 %.

Vanndampmotstandsfaktor μ testet i henhold til EN ISO 12572 er 45 ved høy fuktighet (wet cup) og 500 ved lav fuktighet (dry cup). Dette tilsvarer en vanndampmotstand på henholdsvis $s_d = 0,5$ m og $s_d = 6,0$ m for en 12 mm tykk plate.

4.4 Varmekonduktivitet

Dimensjonerende varmekonduktivitet kan regnes å være $\lambda_d = 0,13$ W/(mK).

5. Miljømessige forhold

5.1 Helse – og miljøfarlige kjemikalier

Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner inneholder ingen prioriterte miljøgifter, eller andre relevante stoffer i en mengde som vurderes som helse- og miljøfarlige. Prioriterte miljøgifter omfatter CMR, PBT og vPvB stoffer.

5.2 Inneklimapåvirkning

Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner tilfredsstiller formaldehyd-klasse E1 i henhold til EN 13986. Platene er bedømt å ikke avgi partikler, gasser eller stråling som gir negativ påvirkning på inneklimaet, eller som har helsemessig betydning.

5.3 Miljødeklarasjon

Det er ikke utarbeidet egen miljødeklarasjon (EPD) for Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner.

5.4 Avfallshåndtering/gjenbruksmuligheter

Platene sorteres som restavfall ved avhending, og leveres til godkjent avfallsmottak for material- og/eller energigjenvinning.

6. Betingelser for bruk

6.1 Prosjektering av bærende konstruksjoner

Dimensjonering av plater som brukes i bærende konstruksjoner skal utføres i henhold til NS-EN 1995-1-1. Dimensjonerende kapasiteter og stivheter skal beregnes på basis av de karakteristiske verdiene i pkt. 4.1, og med materialfaktorer og modifikasjonsfaktorer for klimaklasse og levetid som angitt i NS-EN 1995-1-1.

6.2 Taktroplater

Brukt som bærende taktro på takstoler, sperrer eller åser kan platene legges med minste platetykkelse som angitt i tabell 8, dersom det ikke gjøres spesiell dimensjonering i hvert enkelt tilfelle.

Tabell 8

Minste anbefalte platetykkelser for bærende taktro av upusset Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner.

Sperre- eller takstolavstand mm	Snølast ¹⁾ kN/m ²	Minste platetykkelse mm
Tak tekket med takbelegg, asfaltshingel, båndteknning o.l.		
600	$s_k \leq 5,5$	12
	$5,5 < s_k \leq 9,0$	15
900	$s_k \leq 3,0$	15
	$3,0 < s_k \leq 6,0$	18
	$6,0 < s_k \leq 9,0$	21
1200	$s_k \leq 2,5$	18
	$2,5 < s_k \leq 4,0$	21
Tak tekket med torv		
600	$s_k \leq 6,0$	15
	$6,0 < s_k \leq 9,0$	18

¹⁾ Karakteristisk snølast på mark, s_k , som angitt i NS-EN 1991-1-3 (basert på grunnverdien for kommunen med evt. tillegg for høyde over kommunesenter)

Plater med not og fjær kan legges uten understøttelse av plateskjøtene. Forøvrig skal platene legges og festes i henhold til anvisningene i Byggeforskerien 525.861 *Taktro i tre*.

Plater som brukes til taktro skal alltid ha effektiv lufting på undersiden, og dekkes av et vanntett belegg på oversiden.

6.3 Undergulv

Plater som brukes til undergulv på trebjelker og tilfarere skal legges i henhold til anvisningene i Byggeforskerien 522.861 *Undergulv av trebjelkelag*. Plateskjøtene limes i not og fjær.

Ved bjelkeavstand c/c 600 mm skal platetykkelsen være minimum 18 mm for undergulv i boliger, kontor og lignende med nyttelast tilsvarende kategori A eller B i NS-EN 1991-1-1, forutsatt at det brukes et stivt gulvmateriale som parkett, laminat eller lignende.

Når platene skal være underlag for tynne golvbelegg, for eksempel vinyl eller linoleum som legges direkte på platene, bør platetykkelsen være minst 21 mm ved bjelkeavstand c/c 600 mm.

6.4 Vegg og himling

Brukt innvendig skal platene monteres i henhold til prinsippene er som angitt i Byggeforskerien 543.204 *Montering av gips-, spon- og trefiberplater på vegger og i himlinger*.

Ett lag plater på alle vegger, festet langs alle fire platekanter, kan forutsettes å gi vanlige småhusboliger i maks. to etasjer tilstrekkelig vindavstivning.

7. Produkt- og produksjonskontroll

Metsä Wood Spruce konstruksjonskryssfiner produseres av Metsäliitto Cooperative, Metsä Wood, Suolahti, Finland.

Innehaver av godkjenningen er ansvarlig for produksjonskontrollen som skal sikre at platene blir produsert i henhold til de forutsetninger som er lagt til grunn for godkjenningen.

Fabrikkfremstillingen av produktet er underlagt overvåkende produkt- og produksjonskontroll i henhold til kontrakt om SINTEF Teknisk Godkjenning.

8. Grunnlag for godkjenningen

Metsä Wood Spruce er vurdert på grunnlag av rapporter som er innehavers eiendom samt følgende ytelseserklæringer:

- No. MW/PW/421-001/CPR/DOP for Metsä Wood Spruce
- No. MW/PW/421-002/CPR/DOP for Metsä Wood Spruce MouldGuard
- No. MW/PW/421-003/CPR/DOP Metsä Wood Spruce FireResist.

9. Merking

Alle plater skal CE-merkes i henhold til EN 13986. Det kan også merkes med godkjenningsmerket for SINTEF Teknisk Godkjenning; TG 2059.

10. Ansvar

Innehaver/produsent har det selvstendige produktansvar i henhold til gjeldende rett. Krav kan ikke fremmes overfor SINTEF utover det som er nevnt i NS 8402.

for SINTEF

Hans Boye Skogstad
Godkjenningsleder

Vedlegg F.1 – SINTEF Teknisk godkjenning
TG 2324

SINTEF bekrefter at

Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér

er vurdert å være egnet i bruk og tilfredsstillende krav til produkt dokumentasjon i henhold til Forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK) og Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK), for de egenskaper, bruksområder og betingelser for bruk som er angitt i dette dokumentet

1. Innehaver av godkjenningen

UPM Plywood Oy
 P.O.Box 203
 FIN-15141 Lahti
 Finland
www.wisaplywood.com

2. Produktbeskrivelse

Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér er plater av granfinér med tykkelser fra 2,3 mm til 3,6 mm, limt med fenolhartslim som tilfredsstillende limfugeklasse 3 for utendørs bruk i henhold til EN 314-2.

Platene leveres i nominelle tykkelser fra 9 mm til 27 mm. Finéropplegg og tverrsnittsdata er angitt i Tabell 1. Standard plateformat er 2440 mm x 1220 mm og 2500 mm x 1250 mm.

Standard Wisa-Spruce leveres med ytterfinér i visuelle sorteringsklasser II og III i henhold til finsk standard SFS 2413. To platetykkelser har upussede overflater, de øvrige har pussede overflater, se tabell 1.

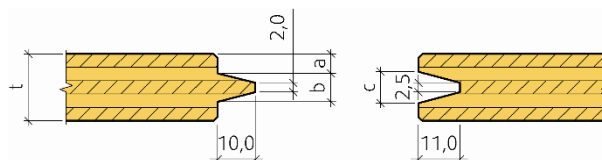
Platene har rette kanter som standard. Plater til undergolv og taktro kan leveres med not og fjær på langsiden eller på alle fire sider, se fig. 1.

Lengde- og bredde toleranse målt i henhold til EN 324-1:
 ± 1 mm for lengder < 1000 mm
 ± 2 mm for lengder < 2000 mm
 ± 3 mm for lengder > 2000 mm

Kantretthet og vinkelretthet målt i henhold til EN 324-2 er ± 1 mm/m. Toleransene gjelder ved fuktinnhold 10 ± 2%.

Midlere densitet er ca. 460 kg/m³ målt ved 10 % fuktinnhold, som også er midlere fuktinnhold ved leveranse fra fabrikk.

Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér leveres også i kvalitetene Wisa-Spruce^{FR}, Wisa-Spruce^{BT} og Wisa-Spruce^{WR}. Wisa-Spruce^{FR} er plater med en brannhemmende overflatebehandling, se pkt. 4.3. Wisa-Spruce^{BT} er overflatebehandlet for å hindre misfarging og soppdannelse. Wisa-Spruce^{WR} er overflatebehandlet for å kunne gjøre platen mer værbestandig og redusere fuktoptak. Platene har forøvrig de samme egenskapene som standard Wisa-Spruce.



Mål i mm							
t	9	12	15	18	21	24	27
a	2,2	3,5	3,7	5,1	6,5	7,9	8,2
b	5	5	7,5	7,5	7,5	7,5	9,5
c	5,5	5,5	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0

Fig. 1
 Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér. Profiler til not og fjær

Tabell 1
 Plateoppbygning og tykkelser for Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér

Nominell	Tykkelse, mm		Antall lag	Finéroppbygning
	Min.	Maks.		Nominelle finértykkelser * mm
9	8,8	9,5	3	- - 2,9+3,2+2,9
12	11,5	12,5	5	- - - 2,3+2,6+2,6+2,6+2,3
15	14,3	15,3	5	- - - 2,9+3,2+3,2+3,2+2,9
15	14,3	15,3	7	- - - - 1,7+2,6+2,0+2,6+2,0+2,6+1,7
16	15,5	16,5	6	- - - - 2,6+2,6+2,6+2,6+2,6+2,6 **
18	17,1	18,1	7	- - - - 2,3+2,6+2,6+2,6+2,6+2,6+2,3
18	17,5	18,5	7	- - - - - 2,6+2,6+2,6+2,6+2,6+2,6+2,6 **
19	18,8	19,3	6	- - - - 3,3+2,6+3,6+3,6+2,6+3,3
21	20,0	20,9	7	- - - - 2,3+3,2+3,2+3,2+3,2+3,2+2,3
24	22,9	23,7	9	- - - - - 2,3+2,6+2,6+2,6+2,6+2,6+2,6+2,6+2,3
27	25,2	26,8	9	- - - - - 2,9+3,2+2,6+3,2+2,6+3,2+2,6+3,2+2,9

* Pusset ytterfinér har 0,3 mm redusert tykkelse, henholdsvis 1,7 mm, 2,3 mm og 2,9 mm

** Upusset ytterfinér

Wisa-Roof er 16 mm og 18 mm plater spesielt beregnet for bruk i tak. Platene har oppbygning som vist i tabell 1, og er i tillegg overflatebehandlet på begge sider for å redusere fuktopptak i byggeperioden.

3. Bruksområder

Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér kan brukes til bærende trekonstruksjoner som dimensjoneres i henhold til NS-EN 1995-1-1 (Eurocode 5), og som undergolv, taktro og underkledding på vegger i trehuskonstruksjoner som angitt i pkt. 6.

SINTEF anbefaler generelt at kryssfinérplater bare anvendes der de er beskyttet mot direkte nedbør i permanente konstruksjoner, dvs. i klimaklasse 1 og 2 i henhold til NS-EN 1995-1-1.

4. Egenskaper

4.1 Generelt

Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér tilfredsstiller kravene til kryssfinér type Exterior i henhold til EN 13986.

4.2 Styrke og stivhet

Tabell 2 angir karakteristiske fastheter og stivhetsmoduler til enkeltfinér for dimensjonering av bærende konstruksjoner. Tabell 3 angir karakteristiske kapasiteter og stivheter til standardplater.

Tabell 2
Karakteristiske fastheter og stivhetsmoduler i N/mm² for enkeltfinér til Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér

Fastheter		
Bøyning	f _{m0k}	30
Strekk i fiberretningen	f _{t0k}	18
Trykk i fiberretningen	f _{c0k}	30
Skjær, skivevirkning *	f _{vsk}	3,5
Rulleskjær (platevirkning) *	f _{vpk}	0,9
Stivhetsmodul ved beregning i bruddgrensetilstanden		
E - modul	E _{m0k}	8.500
Stivhetsmoduler for deformasjonsberegninger		
E - modul	E _{m0k}	12.000
G - modul, skivevirkning *	G _{vsk}	350
G - modul, platevirkning *	G _{vpk}	30

Hele platetverrsnittet medregnes

Tabell 3

Karakteristiske kapasiteter og stivheter for standard Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér *

Nominell platetykkelse, mm		9	12	15	15	16	18	18	19	21	24	27	
Antall finérslag		3	5	5	7	6 **	7	7 **	6	7	9	9	
Kapasiteter/fastheter													
Bøyemoment	m _{0k}	Nmm/mm	387	584	909	704	1172	1051	1531	1423	1456	1654	2237
Bøyemoment	m _{90k}	"	51	292	442	582	135	670	293	618	905	1178	1600
Strekk	n _{t0k}	N/mm	104	130	162	133	187	176	234	417	208	223	245
Strekk	n _{t90k}	"	58	93	116	140	94	141	94	156	163	187	230
Trykk	n _{c0k}	"	174	216	270	222	312	294	390	250	346	372	408
Trykk	n _{c90k}	"	96	156	193	234	156	238	156	94	272	312	384
Skiveskjær	f _{pk}	N/mm ²	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Rulleskjær	f _{vk}	"	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
Stivheter, deformasjonsberegninger													
Bøvestivhet	EI _{0m}	kNmm ² /mm	696	1450	2797	2139	3656	3709	5572	5434	5496	7568	11810
Bøvestivhet	EI _{90m}	"	33	457	852	1373	141	1740	457	1533	3244	4289	6590
Aksialstivhet	EA _{0m}	kN/mm	70	86	108	89	125	118	156	167	132	149	163
Aksialstivhet	EA _{90m}	"	38	62	77	94	62	94	62	62	115	125	154
Skjærmodul	G _m	N/mm ²	350 for alle platetykkelser										

Indeks 0 angir retning parallelt ytterfinérens fiberretning og indeks 90 på tvers av ytterfinérens fiberretning

** Upusset ytterfinér

Det er forutsatt at bare finérslag med fiberretningen parallelt lastretningen regnes som bærende ved bøyning og aksialkraft. Verdiene halveres når bare ett finérslag i trelagsplater er virksomt.

Dersom det ikke gjøres mer nøyaktige kapasitetsberegninger kan stivhetene for deformasjonsberegninger gitt i tabell 3 anvendes for stabilitetsberegninger i bruddgrensetilstanden ved å multiplisere verdiene med faktoren 0,7.

Karakteristisk densitet regnes som 400 kg/m³.

4.3 Egenskaper ved brannpåvirkning

Tabell 4 viser klassifisering av standard Wisa-Spruce og Wisa-Spruce^{FR} i henhold til EN 13501-1. Klassifiseringene gjelder for bruk av platene på vegg, i himling og på gulv. Klassifiseringen gjelder ikke for annen overflatebehandling enn det som er spesifisert her.

Tabell 4
Klassifisering av egenskaper ved brannpåvirkning

Montasjebetingelser	Plate-tykkelse mm	Klasse
Standard Wisa-Spruce		
Uten luftspalte bak platene, montert direkte på: - underlag med minst klasse A1 eller A2-s1,d0 og densitet minst 10 kg/m ³ , eller - underlag med minst klasse D-s2,d2 og densitet minst 400 kg/m ³ , eller - cellulosebasert isolasjon med minst klasse E (gjelder ikke for golv)	≥ 9	D-s2,d0 D _{fl} -s1
Med en åpen eller lukket luftspalte på inntil 22 mm bak platene, på et underlag med minst klasse A1 eller A2-s1,d0 og densitet minst 10 kg/m ³	≥ 9	D-s2,d2
Med en lukket luftspalte bak platene, på et underlag med minst klasse D-s2,d2 og densitet minst 400 kg/m ³	≥ 15	D-s2,d1 D _{fl} -s1
Med en åpen luftspalte bak platene, på et underlag med minst klasse D-s2,d2 og densitet minst 400 kg/m ³	≥ 18	D-s2,d0 D _{fl} -s1
Wisa-Spruce ^{FR}		
Med eller uten luftspalte bak platene, på et underlag med minst klasse A1 eller A2-s1,d0	15-18	B-s1,d0
Med eller uten luftspalte bak platen, på alle underlag	15-18	B _{fl} -s1

4.4 Fuktegenskaper

Fuktbevegelser i plateplanet når platens fuktinnhold endres fra fuktlikevekt ved 35 % RF til likevekt ved 85 % RF kan regnes å være maks. 2,5 mm/m. Tilsvarende kan tykkelsesøkningen regnes å være ca. 5 %.

Limet i platene er fuktbestandig, og platene kan anvendes som plattformkonstruksjon i trehusbygging.

Vandampmotstandsfaktoren μ kan regnes å være fra ca. 70 ved høy fuktighet til ca. 200 ved lav fuktighet iht. EN 12524. Dette tilsvarer en vandampmotstand på henholdsvis

$s_d = 0,8$ m og $s_d = 2,4$ m for en 12 mm tykk plate.

4.5 Varmekonduktivitet

Dimensjonerende varmekonduktivitet kan regnes å være $\lambda_d = 0,13$ W/(mK) i henhold til EN 13986.

5. Miljømessige forhold

5.1 Helse- og miljøfarlige kjemikalier

Produktet inneholder ingen prioriterte miljøgifter, eller andre relevante stoffer i en mengde som vurderes som helse- og miljøfarlige. Prioriterte miljøgifter omfatter CMR, PBT og vPvB stoffer.

5.2 Inneklimapåvirkning

Produktet er bedømt å ikke avgi partikler, gasser eller stråling som gir negativ påvirkning på inneklimaet, eller som har helsemessig betydning.

5.3 Avfallshåndtering/Gjenbruksmuligheter

Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér skal kildesorteres som trevirke på byggeplass/ved avhending. Produktet skal leveres til godkjent avfallsmottak der det kan energigjenvinnes.

5.4 Miljødeklarasjon

Det er ikke utarbeidet miljødeklarasjon (EPD) for Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér.

6. Betingelser for bruk

6.1 Prosjektering av bærende konstruksjoner

Dimensjonering av plater som brukes i bærende konstruksjoner skal utføres i henhold til NS-EN 1995-1-1. Dimensjonerende kapasiteter og stivheter skal beregnes på basis av de karakteristiske verdiene i denne godkjenningen, og med materialfaktor og modifikasjons-faktorer for klimaklasse og lastvarighet som angitt i NS-EN 1995-1-1.

6.2 Takplater

Plater som brukes til bærende taktro på takstoler, sperrer el. skal ha tykkelse i henhold til tabell 5 dersom det ikke gjøres spesiell dimensjonering i hvert enkelt tilfelle.

Tabell 5

Minste platetykkelser for bærende taktro av upusset Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér.

Sperre- eller takstolavstand mm	Snølast * kN/m ²	Minste platetykkelse mm
Tak teknet med takbelegg, asfaltshingel, båndtekning o.l.		
600	$s_k \leq 6,0$	12
	$6,0 < s_k \leq 8,0$	15
	$8,0 < s_k \leq 9,0$	18
900	$s_k \leq 4,0$	12
	$4,0 < s_k \leq 4,5$	15
	$4,5 < s_k \leq 6,0$	18
	$6,0 < s_k \leq 8,0$	21
1200	$s_k \leq 2,5$	15
	$2,5 < s_k \leq 4,0$	18
	$4,0 < s_k \leq 5,0$	21
Tak teknet med torv		
600	$s_k \leq 3,5$	12
	$3,5 < s_k \leq 5,0$	15
	$5,0 < s_k \leq 8,0$	21

Karakteristisk snølast på mark, s_k , som angitt i NS-EN 1991-1-3 (basert på grunnverdien for kommunen med evt. tillegg for høyde over kommunesenter)

Plater med not og fjær og tykkelse minimum 12 mm kan legges uten understøttelse av langsgående plateskjøter. Forøvrig skal platene legges og festes i henhold til anvisningene i Byggeforskserien 525.861 *Taktro av tre*.

Plater som brukes til undertak eller taktro skal alltid ha effektiv lufting på undersiden, og dekkes av et vanntett belegg på oversiden.

6.3 Undergolv

Plater som brukes til undergolv på trebjelker og tilfarere skal legges i henhold til anvisningene i Byggeforskserien 522.861 *Undergolv på trebjelkelag*. Plateskjøtene limes i not og fjær.

Ved bjelkeavstand c/c 600 mm skal platetykkelsen være min. 18 mm for golv i boliger, kontor ol. med nyttelast tilsvarende kategori A eller B i NS-EN 1991-1-1. Når platene skal være underlag for tynne golvbelegg som vinyl og linoleum lagt direkte på platene bør platetykkelsen være 21 mm for å øke stivheten.

6.4 Vegg og himling

Brukt som innvendig kledning skal platene monteres i henhold til prinsippene i Byggeforskserien 543.204 *Montering av gips-, spon- og trefiberplater på vegger og i himlinger*. Ett lag plater på alle vegger, festet langs alle fire platekanter, kan forutsettes å gi vanlige småhusboliger i maks. to etasjer tilstrekkelig vindavstivning.

7. Produkt- og produksjonskontroll

Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér produseres av UPM Pellos Plywood Mills, FI-52420 Pellosniemi, Finland

Produksjonskontrollen for Wisa®-Spruce konstruksjonskryssfinér er sertifisert av Inspecta, Finland, sertifikat nr. 0416-CPR-7110, som også gir grunnlag for CE-merking av platene.

Kvalitetssystemet til UPM-Kymmene Wood Oy er sertifisert i henhold til ISO 9001 av Det Norske Veritas, sertifikat nr. 68301-2009-AQ-FIN-FINAS.

8. Grunnlag for godkjenningen

Godkjenningen er basert på deklarererte egenskaper i henhold til CE-merking basert på EN 13986, og på typeprøving som er dokumentert i følgende rapporter:

- VTT Research Report No. RTE1720/99 av 06.07.1999
- VTT Research Report No. RTE1478/00 av 28.06.2000
- VTT Research Report No. RTE2863/00 av 18.09.2000
- Dansk Teknologisk Institut (DTI). Wisa-Spruce Plywood for use as floor and roof decking. Report no. 220 56715/65 av juni 1995
- Mikael Fonselius, Woodvalue. Kontroll av hållfasthets- och styvhetsvärder 15, 16 og 18 mm plywood av 21.11.2012
- MEKA Klassifiseringsrapport K15/2017, Classification of reaction to fire performance in accordance with EN 13501-1:2007+A1:2009, datert 28.04.2017
- MEKA Klassifiseringsrapport K16/2017, Classification of reaction to fire performance in accordance with EN 13501-1:2007+A1:2009, datert 28.04.2017

9. Merking

Alle plater skal CE-merkes i henhold til EN 13986. I tillegg kan det også merkes med godkjenningsmerket for SINTEF Teknisk Godkjenning; TG 2324.



Godkjenningsmerke

10. Ansvar

Innehaver/produsent har det selvstendige produktansvar i henhold til gjeldende rett. Krav kan ikke fremmes overfor SINTEF utover det som er nevnt i NS 8402.

for SINTEF

Hans Boye Skogstad
Godkjenningsleder

Vedlegg G.1 – Egenlastberegning

Bygningsdel:	Egenlast: (SINTEF, 2013)	Kapittel:
Bærende innervegg	0,90 kN/m ²	61 med tillegg
Ikke-bærende innervegg	0,40 kN/m ²	61
Bærende yttervegg	1,00 kN/m ²	61 med tillegg
Dekke	2,25 kN/m ²	51 med tillegg
Balkong	0,50 kN/m ²	51 med tillegg
Tak	0,70 kN/m ²	42

Arealer:												
Etasje:	Bærende innervegg		Ikke-bærende innervegg		Bærende yttervegg		Dekke		Balkong		Tak	
1.	269,51	m ²	339,56	m ²	124,78	m ²	454,09	m ²	67,40	m ²	0,00	m ²
2.	275,18	m ²	375,79	m ²	128,25	m ²	455,37	m ²	80,20	m ²	0,00	m ²
3.	278,64	m ²	357,83	m ²	128,68	m ²	448,20	m ²	80,20	m ²	0,00	m ²
4.	258,22	m ²	388,81	m ²	129,73	m ²	451,15	m ²	80,20	m ²	0,00	m ²
5.	245,02	m ²	367,00	m ²	131,26	m ²	444,25	m ²	80,20	m ²	0,00	m ²
6.	246,36	m ²	362,84	m ²	131,79	m ²	444,23	m ²	80,20	m ²	0,00	m ²
7.	245,81	m ²	364,44	m ²	130,20	m ²	444,30	m ²	80,20	m ²	0,00	m ²
8.	237,48	m ²	365,87	m ²	134,29	m ²	444,40	m ²	80,20	m ²	0,00	m ²
Takplan.	0,00	m ²	0,00	m ²	29,17	m ²	0,00	m ²	0,00	m ²	521,24	m ²
Total.	2056,22	m²	2922,14	m²	1068,15	m²	3585,99	m²	628,80	m²	521,24	m²

Egenlast per etasje:	
1.	1558,6 kN
2.	1590,9 kN
3.	1571,1 kN
4.	1572,8 kN
5.	1538,2 kN
6.	1538,3 kN
7.	1537,0 kN
8.	1534,4 kN
Takplan.	394,0 kN
Total.	12835,3 kN

Arealer i FEM-Design-modell:	
Dekke	492 m ²
Tak	508 m ²

Gjennomsnittlig egenlast brukt i FEM-Design	Type last
Egenlast Dekke, pr. m ²	3,2 kN/m ² Flatelast
Egenlast Tak, pr. m ²	0,8 kN/m ² Flatelast

SINTEF, 2013. 471.031 Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler. [Internett]

Available at:

https://www.byggforsk.no/dokument/215/egenlaster_for_bygningsmateriale_r_byggevarer_og_bygningsdeler

[Funnet 18 Mars 2021].

Vedlegg G.2 – Nyttelastberegning

ORIGIN := 1

Nyttelastberegning: NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019

Brukskategori A, NS-EN
1991-1-1 Tabell NA.6.1

Nyttelast:	Gulv:	$q_{k1} := 2.0 \frac{kN}{m^2}$	$Q_{k1} := 2.0 kN$
	Trapper:	$q_{k2} := 2.0 \frac{kN}{m^2}$	$Q_{k2} := 2.0 kN$
	Balkonger:	$q_{k3} := 2.5 \frac{kN}{m^2}$	$Q_{k3} := 2.0 kN$

For tak, kategori H, NS-EN
1991-1-1 Tabell NA.6.1

Takvinkel: $\alpha_{Tak} := 0^\circ$

Anbefalte verdier
med et lite tillegg: $q_{k4} := 0.9 \frac{kN}{m^2}$ $Q_{k4} := 1.5 kN$

Anbefalt verdi for
flatelast uten
tillegg: $q_{k(4)} := 0.75 \frac{kN}{m^2}$

$Nyttelast_{Dekke} := q_{k1} = 2.0 \frac{kN}{m^2}$ Flatelast

$Nyttelast_{Tak} := q_{k4} = 0.9 \frac{kN}{m^2}$ Flatelast

$Nyttelast_{Balkong} := \left(\frac{q_{k3} \cdot 80 m^2}{2 \cdot 21.672 m} \right) = 4.6 \frac{kN}{m}$ Linjelast

$Nyttelast_{Dekke.Tot.} := 7 \cdot 429 m^2 \cdot q_{k1} = (6.006 \cdot 10^3) kN$

$Nyttelast_{Balkong.Tot.} := 7 \cdot 80 m^2 \cdot q_{k3} = (1.4 \cdot 10^3) kN$

$Nyttelast_{Tak.Tot.} := 521 m^2 \cdot q_{k4} = 468.9 kN$

$Nyttelast_{Total} := Nyttelast_{Dekke.Tot.} + Nyttelast_{Balkong.Tot.} + Nyttelast_{Tak.Tot.}$

$Nyttelast_{Total} = (7.875 \cdot 10^3) kN$

Arealer 1. etasje:

$$A_{G1} := 415.34 \cdot m^2$$

$$A_{T1} := 12.28 \cdot m^2$$

$$A_{B1} := 67.40 \cdot m^2$$

Arealer 2. etasje:

$$A_{G2} := 428.17 \cdot m^2$$

$$A_{T2} := 12.28 \cdot m^2$$

$$A_{B2} := 80.20 \cdot m^2$$

Arealer 3. etasje:

$$A_{G3} := 428.02 \cdot m^2$$

$$A_{T3} := 12.28 \cdot m^2$$

$$A_{B3} := 80.20 \cdot m^2$$

Arealer 4. etasje:

$$A_{G4} := 430.58 \cdot m^2$$

$$A_{T4} := 12.28 \cdot m^2$$

$$A_{B4} := 80.20 \cdot m^2$$

Arealer 5. etasje:

$$A_{G5} := 432.88 \cdot m^2$$

$$A_{T5} := 12.28 \cdot m^2$$

$$A_{B5} := 80.20 \cdot m^2$$

Arealer 6. etasje:

$$A_{G6} := 428.05 \cdot m^2$$

$$A_{T6} := 12.28 \cdot m^2$$

$$A_{B6} := 80.20 \cdot m^2$$

Arealer 7. etasje:

$$A_{G7} := 427.42 \cdot m^2$$

$$A_{T7} := 12.28 \cdot m^2$$

$$A_{B7} := 80.20 \cdot m^2$$

Arealer 8. etasje:

$$A_{G8} := 427.90 \cdot m^2$$

$$A_{T8} := 12.28 \cdot m^2$$

$$A_{B8} := 80.20 \cdot m^2$$

Arealer Takplan:

$$A_{Tak} := 521.24 \cdot m^2$$

Vedlegg G.3 – Snølastberegning

ORIGIN := 1

Snølast - Manuell beregning

NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018

Karakteristisk snølast på tak

Høyde over havet, plan 1:	$H_{moh} := 14.0$	(moh.)
Kar. snølast på mark:	$s_{k0} := 3.5 \cdot \frac{kN}{m^2}$	Tabell NA.4.1(901)
Høydegrense	$H_g := 150$	(moh.)
	$\Delta sk := 1.0 \cdot \frac{kN}{m^2}$	Tabell NA.4.1(901)
$n0 := \frac{(H_{moh} - H_g)}{100} = -1.36$		

$$n := \begin{cases} \text{if } n0 \leq 0 \\ \quad \quad \quad 0 \\ \text{if } n0 > 0 \\ \quad \quad \quad \text{Round}(\text{ceil}(n0), [1]) \end{cases} = 0$$

Kar. snølast på mark:	$s_k := s_{k0} + n \cdot \Delta sk = 3.5 \frac{kN}{m^2}$	NA.4.1
-----------------------	--	--------

Snølast på tak

Formfaktor:	$\mu_1 := 0.8$	Tabell 5.2
Eksponeeringskoeffisient:	$C_e := 0.8$	Tabell 5.1, Vindutsatt
Termisk koeffisient:	$C_t := 1.0$	5.2(8)
Koeffisient for eksepsjonelle snølaster:	$C_{esl} := 2.0$	4.3

Snølast på tak, Lasttilfeller

Lasttilfelle 1:
- Snølast, normal

$$s1 := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2.24 \frac{kN}{m^2} \quad (5.1)$$

Lasttilfelle 3:
- Snølast, ulykkeslast

$$s3 := \mu_1 \cdot s_k = 2.8 \frac{kN}{m^2} \quad (5.3)$$

(Lasttilfelle 2:)

$$s_{Ad} := C_{esl} \cdot s_k = 7 \frac{kN}{m^2} \quad (4.1)$$

$$s2 := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{Ad} = 4.48 \frac{kN}{m^2} \quad (5.2)$$

Lasttilfelle 2: BRUKES IKKE I NORGE

Vedlegg G.4 – Vindlastberegning

ORIGIN := 1

Manuell beregning Vindlast

NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Vindhastighet, Trondheim kommune gitt "normale" forhold

$$c_{season} := 1.0 \quad c_{dir} := 1.0 \quad c_{alt} := 1.0 \quad c_{prob} := 1.0$$

$$v_{b,0} := 26 \frac{m}{s} \quad \text{Referansevindhastighet Trondheim kommune}$$

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{alt} \cdot c_{prob} \cdot v_{b,0} = 26 \frac{m}{s} \quad (4.1)$$

Vindhastighet med variasjon i høyde gitt terengkategori 4

$$c_0 := 1.0 \quad k_r := 0.24 \quad z_0 := 1.0 \quad k_1 := 1 \quad z_{min} := 16$$

$$c_r(z) := k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (4.4)$$

$$c_r(24.2) = 0.765$$

$$v_m(z) := c_0 \cdot c_r(z) \cdot v_b \quad (4.3)$$

$$v_m(24.2) = 19.883 \frac{m}{s}$$

Vindturbulens

$$\sigma_v := k_r \cdot v_b \cdot k_1 = 6.24 \frac{m}{s}$$

$$I_v(z) := \frac{\sigma_v}{v_m(z)} \quad (4.7)$$

$$I_v(24.2) = 0.314$$

Vindhastighetstrykk

$$\rho := 1.25 \frac{kg}{m^3} \quad (\text{lufttetthet})$$

$$q_p(z) := (1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot (v_m(z))^2 \quad (4.8)$$

$$q_p(24.2) = 789.881 \text{ Pa}$$

Utvendig vindtrykk

$$b := 23.46 \text{ m} \quad h_e := 24.2 \text{ m} \quad e := b \quad h_p := 0.32 \text{ m} \quad d := 21.6 \text{ m}$$

Alle c_{pe} verdier er hentet fra
NS-EN 1991-1-4 Tabell 7.1
for vegger
og tabell 7.2 for tak

$$\begin{aligned} c_{pe.10.A} &:= -1.2 & c_{pe.1.A} &:= -1.4 & \frac{h_e}{d} &= 1.12 \\ c_{pe.10.B} &:= -0.8 & c_{pe.1.B} &:= -1.1 & & \end{aligned}$$

$$w_{e.bunn.10} := q_p(b) \cdot c_{pe.10} \quad w_{e.topp.10} := q_p(h_e) \cdot c_{pe.10} \quad (5.1)$$

$$w_{e.bunn.1} := q_p(b) \cdot c_{pe.1} \quad w_{e.topp.1} := q_p(h_e) \cdot c_{pe.1} \quad (5.1)$$

$$w_{e.bunn.10.A} := q_p(23.46) \cdot c_{pe.10.A} = -0.936 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.topp.10.A} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.A} = -0.948 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.bunn.10.B} := q_p(23.46) \cdot c_{pe.10.B} = -0.624 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.topp.10.B} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.B} = -0.632 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.bunn.1.A} := q_p(23.46) \cdot c_{pe.1.A} = -1.092 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.topp.1.A} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.A} = -1.106 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.bunn.1.B} := q_p(23.46) \cdot c_{pe.1.B} = -0.858 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.topp.1.B} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.B} = -0.869 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Tak

$$z_e := h_e + h_p = 24.52 \text{ m}$$

$$\frac{h_p}{z_e} = 0.013$$

$$w_{eTAK} := q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$c_{pe.10.F} := -1.6 \quad c_{pe.10.G} := -1.1 \quad c_{pe.10.H} := -0.7 \quad c_{pe.10.I.p} := 0.2 \quad c_{pe.10.I.n} := -0.2$$

$$c_{pe.1.F} := -2.2 \quad c_{pe.1.G} := -1.8 \quad c_{pe.1.H} := -1.2 \quad c_{pe.1.I.p} := 0.2 \quad c_{pe.1.I.n} := -0.2$$

Tilfelle 1: (I, positiv)

$$w_{e.10.F} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.F} = -1.264 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.10.G} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.G} = -0.869 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.10.H} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.H} = -0.553 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.10.I.p} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.I.p} = 0.158 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.1.F} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.F} = -1.738 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.1.G} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.G} = -1.422 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.1.H} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.H} = -0.948 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e.1.I.p} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.I.p} = 0.158 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Tilfelle 2: (I, negativ virkning)

$$\begin{aligned}w_{e.10.F} &:= q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.F} = -1.264 \frac{kN}{m^2} \\w_{e.10.G} &:= q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.G} = -0.869 \frac{kN}{m^2} \\w_{e.10.H} &:= q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.H} = -0.553 \frac{kN}{m^2} \\w_{e.10.I.n} &:= q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.I.n} = -0.158 \frac{kN}{m^2} \\w_{e.1.F} &:= q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.F} = -1.738 \frac{kN}{m^2} \\w_{e.1.G} &:= q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.G} = -1.422 \frac{kN}{m^2} \\w_{e.1.H} &:= q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.H} = -0.948 \frac{kN}{m^2} \\w_{e.1.I.n} &:= q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.I.n} = -0.158 \frac{kN}{m^2}\end{aligned}$$

Tilfelle 2, der vind treffer lengdesiden av bygget

Utvendig vindtrykk

$$b := 21.6 \text{ m} \quad h_e := 24.2 \text{ m} \quad e := b \quad h_p := 0.32 \text{ m} \quad d := 23.46 \text{ m}$$

Alle cpe verdier er hentet fra
NS-EN 1991-1-4 Tabell 7.1
for vegger
og tabell 7.2 for tak

$$\begin{aligned}c_{pe.10.A} &:= -1.2 & c_{pe.1.A} &:= -1.4 & \frac{h_e}{d} &= 1.032 \\c_{pe.10.B} &:= -0.8 & c_{pe.1.B} &:= -1.1\end{aligned}$$

$$w_{e.bunn.10} := q_p(b) \cdot c_{pe.10} \quad w_{e.topp.10} := q_p(h_e) \cdot c_{pe.10} \quad (5.1)$$

$$w_{e.bunn.1} := q_p(b) \cdot c_{pe.1} \quad w_{e.topp.1} := q_p(h_e) \cdot c_{pe.1} \quad (5.1)$$

$$w_{e.bunn.10.A} := q_p(21.6) \cdot c_{pe.10.A} = -0.904 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.topp.10.A} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.A} = -0.948 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.bunn.10.B} := q_p(21.6) \cdot c_{pe.10.B} = -0.603 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.topp.B.10} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.B} = -0.632 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.bunn.1.A} := q_p(21.6) \cdot c_{pe.1.A} = -1.054 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.topp.1.A} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.A} = -1.106 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.bunn.1.B} := q_p(21.6) \cdot c_{pe.1.B} = -0.829 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.topp.1.B} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.B} = -0.869 \frac{kN}{m^2}$$

Tak

$$z_e := h_e + h_p = 24.52 \text{ m}$$

$$\frac{h_p}{z_e} = 0.013$$

$$w_{eTAK} := q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$c_{pe.10.F} := -1.6 \quad c_{pe.10.G} := -1.1 \quad c_{pe.10.H} := -0.7 \quad c_{pe.10.I.p} := 0.2 \quad c_{pe.10.I.n} := -0.2$$

$$c_{pe.1.F} := -2.2 \quad c_{pe.1.G} := -1.8 \quad c_{pe.1.H} := -1.2 \quad c_{pe.1.I.p} := 0.2 \quad c_{pe.1.I.n} := -0.2$$

Tilfelle 1: (I, positiv)

$$w_{e.10.F} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.F} = -1.264 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.10.G} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.G} = -0.869 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.10.H} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.H} = -0.553 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.10.I.p} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.I.p} = 0.158 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.1.F} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.F} = -1.738 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.1.G} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.G} = -1.422 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.1.H} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.H} = -0.948 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.1.I.p} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.I.p} = 0.158 \frac{kN}{m^2}$$

Tilfelle 2: (I, negativ virkning)

$$w_{e.10.F} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.F} = -1.264 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.10.G} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.G} = -0.869 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.10.H} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.H} = -0.553 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.10.I.n} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.10.I.n} = -0.158 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.1.F} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.F} = -1.738 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.1.G} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.G} = -1.422 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.1.H} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.H} = -0.948 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e.1.I.n} := q_p(24.2) \cdot c_{pe.1.I.n} = -0.158 \frac{kN}{m^2}$$

Innvendig vindtrykk

$$w_i := q_p(z_e) \cdot c_{pi} \quad \text{Mest sannsynligvis unødvendig}$$

Vedlegg G.5 – Beregning av skjevstillingslast

ORIGIN := 1

Skjevstillingslast- Manuell beregning

NS 3490, Gammel utgave

Beregningene gir et overslag på lasten som skjevstilling vil gi på bygget. IFC-modellen og egne antagelser gir grunnlag for disse beregningene.

Skjevstillingslast:

Skjevstillingslasten vil være 1.0 % av alle vertikale laster, med sine dimensjonerende verdier.

I kombinasjon med vindlast kan det regnes med en skjevstillingslast tilsvarende 0.5 % av alle vertikale laster.

Den største verdien av disse blir dimensjonerende.

- Skjevstillingslasten blir her forenklet ved å ta totale laster delt likt på hver etasje, og ikke regnet ut etasjevis for å få et mer nøyaktig svar.

Areal av den største veggflaten: $A_{Vegg.Max} := 24.2 \text{ m} \cdot 23.4 \text{ m} = 566.28 \text{ m}^2$

Egenlast (Dekke+Tak): $Egenlast_{Total} := 12835 \cdot \text{kN}$

Nyttelast (Dekke+Tak+Balkong): $Nyttelast_{Total} := 8050 \cdot \text{kN}$

Snølast (Tilfelle 1): $Snølast_{Total} := 1168 \cdot \text{kN}$

Vindlast (Forenklet, satt på vegg med høyest areal): $Vindlast_{Total} := 0.79 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot A_{Vegg.Max}$

$Vindlast_{Total} = 447.361 \text{ kN}$

$Tot.Vertikallast := Egenlast_{Total} + Nyttelast_{Total} + Snølast_{Total}$

$Tot.Vertikallast = (2.205 \cdot 10^4) \text{ kN}$

Forenklet utregning av skjevstillingslast på hver etasje:

$$S_L := \max \left(\frac{0.01 \cdot Tot.Vertikallast}{8}, \frac{Vindlast_{Total} + (0.005 \cdot Tot.Vertikallast)}{8} \right)$$

$S_L = 69.703 \text{ kN}$

Vedlegg H.1 – Laster og lastkombinasjoner i FEM-Design

Lastkombinasjoner: NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019

Last:	Lastvarighetsklasse:	Standard, Lastvarighetsklasse:	Størrelse:		Type:
Egenlast Dekke	Permanent last	NS-EN 1995-1-1 2.3.1.2	3,20	kN/m ²	Flatelast
Egenlast Tak	Permanent last	NS-EN 1995-1-1 2.3.1.2	0,80	kN/m ²	Flatelast
Nyttelast Dekke	Korttidslast	NS-EN 1995-1-1 2.3.1.2	2,00	kN/m ²	Flatelast
Nyttelast Balkong	Korttidslast	NS-EN 1995-1-1 2.3.1.2	4,60	kN/m	Linjelast
Nyttelast Tak	Korttidslast	NS-EN 1995-1-1 2.3.1.2	0,90	kN/m ²	Flatelast
Snølast	Korttidslast	NS-EN 1995-1-1 2.3.1.2	2,24	kN/m ²	Flatelast
(Vindlast)	Korttidslast/Øyeblikkslast	NS-EN 1995-1-1 2.3.1.2	Ligger vedlagt rapporten	-	Flatelast

Symbol:	Betydning
U	Bruddgrensetilstand
Sf	Bruksgrensetilstand

Nummer:	Navn:	Type:	Faktor:	Last:
1	LC1ULS	U	1.350	Egenlast Dekke
			1.350	Egenlast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X-
2	LC2ULS	U	1.350	Egenlast Dekke
			1.350	Egenlast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X+
3	LC3ULS	U	1.350	Egenlast Dekke
			1.350	Egenlast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X+
4	LC4ULS	U	1.350	Egenlast Dekke
			1.350	Egenlast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load Y+
5	LC5ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X-
6	LC6ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X+
7	LC7ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load Y-
8	LC8ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load Y+
9	LC9ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			1.050	Snølast

			0.900	Wind load X-
10	LC10ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X+
11	LC11ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load Y-
12	LC12ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load Y+
13	LC13ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X-
14	LC14ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load X+
15	LC15ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load Y-
16	LC16ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Nyttelast Tak
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Snølast
			0.900	Wind load Y+
17	LC17ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Snølast
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			0.900	Wind load X-
18	LC18ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Snølast
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			0.900	Wind load X+
19	LC19ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Snølast
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			0.900	Wind load Y-
20	LC20ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Snølast
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			0.900	Wind load Y+
21	LC21ULS	U	1.200	Egenlast Dekke

			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Wind load X-
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
22	LC22ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Wind load X+
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
23	LC23ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Wind load Y-
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
24	LC24ULS	U	1.200	Egenlast Dekke
			1.200	Egenlast Tak
			1.500	Wind load Y+
			1.050	Nyttelast Dekke
			1.050	Nyttelast Balkong
			1.050	Nyttelast Tak
			1.050	Snølast
25	LC1SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.500	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Tak
			0.200	Snølast
26	LC2SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.500	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Tak
			0.200	Snølast
27	LC3SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.500	Nyttelast Tak
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.200	Snølast
28	LC4SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.500	Snølast
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Tak
29	LC5SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.200	Wind load X-
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Tak
			0.200	Snølast
30	LC6SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.200	Wind load X+
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Tak
			0.200	Snølast
31	LC7SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.200	Wind load Y-
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Tak
			0.200	Snølast
32	LC8SfLS	Sf	1.000	Egenlast Dekke
			1.000	Egenlast Tak
			0.200	Wind load Y+
			0.300	Nyttelast Dekke
			0.300	Nyttelast Balkong
			0.300	Nyttelast Tak
			0.200	Snølast

**Vedlegg I.1 – Kontroll av dimensjonert skive
(TP.8) Alternativ A**

TP.8 Maximum of load combinations

18mm KF TG 2059

Service class: 1, $V_{M,ult.} = 1.30$, $V_{M,acc./seis.} = 1.00$, $k_{sys} = 1.00$

t	=	18 mm	$f_{m,0,k}$	=	22.20 N/mm ²
$E_{0,mean}$	=	8889.00 N/mm ²	$f_{m,90,k}$	=	11.70 N/mm ²
$E_{90,mean}$	=	3111.00 N/mm ²	$f_{t,0,k}$	=	12.00 N/mm ²
$E_{0,t}$	=	8000.00 N/mm ²	$f_{t,90,k}$	=	6.00 N/mm ²
$E_{90,t}$	=	4000.00 N/mm ²	$f_{c,0,k}$	=	20.00 N/mm ²
$E_{0,c}$	=	8000.00 N/mm ²	$f_{c,90,k}$	=	10.00 N/mm ²
$E_{90,c}$	=	4000.00 N/mm ²	$f_{v,k}$	=	3.50 N/mm ²
G_0	=	350.00 N/mm ²	$f_{r,0,k}$	=	1.73 N/mm ²
G_{90}	=	71.10 N/mm ²	$f_{r,90,k}$	=	0.62 N/mm ²

Tension and bending, y - 6.2.3

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC6ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 3.46; 2.00}

$$\frac{|\sigma_{t,90,d}|}{f_{td,y}} + \frac{|\sigma_{m,y}|}{f_{md,y}} = \frac{|0.24|}{4.15} + \frac{|-0.01|}{8.10} = 0.06 \leq 1.00 \quad (6.17) - OK$$

Compression and bending, x - 6.1.4, 6.2.4

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC8ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 3.95; 3.00}

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{cd,x}} = \frac{13.50}{13.85} = 0.98 \leq 1.00 \quad (6.2) - OK$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{cd,x}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,x}}{f_{md,x}} = \left(\frac{13.50}{13.85}\right)^2 + \frac{0.29}{15.37} = 0.97 \leq 1.00 \quad (6.19) - OK$$

Compression and bending, y - 6.1.4, 6.2.4

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC8ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 0.00; 3.00}

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{cd,y}} = \frac{0.38}{6.92} = 0.06 \leq 1.00 \quad (6.2) - OK$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{cd,y}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y}}{f_{md,y}} = \left(\frac{0.38}{6.92}\right)^2 + \frac{0.01}{8.10} = 0.00 \leq 1.00 \quad (6.19) - OK$$

Shear, xy - 6.1.7

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC8ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 0.60; 3.00}

$$\frac{T_{xy}}{1000 \text{ mm} \cdot t \cdot f_{v,d}} = \frac{7521.03}{1000 \text{ mm} \cdot 18 \cdot 2.42} = 0.17 \leq 1.00 \quad (6.13) - OK$$

Shear, xz - 6.1.7

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC22ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 0.00; 3.00}

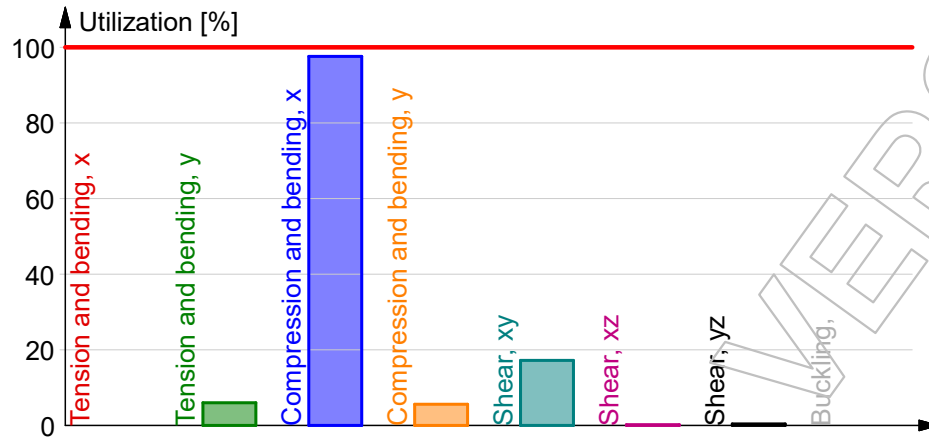
$$\frac{1.50 \cdot T_{xz}}{1000 \text{ mm} \cdot t \cdot f_{r,d,x}} = \frac{1.50 \cdot 23.64}{1000 \text{ mm} \cdot 18 \cdot 1.20} = 0.00 \leq 1.00 \quad (6.13) - OK$$

Shear, yz - 6.1.7

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC22ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 0.00; 2.75}

$$\frac{1.50 \cdot T_{yz}}{1000 \text{ mm} \cdot t \cdot f_{r,d,y}} = \frac{1.50 \cdot 19.05}{1000 \text{ mm} \cdot 18 \cdot 0.43} = 0.00 \leq 1.00 \quad (6.13) - \text{OK}$$

Summary



**Vedlegg I.2 – Kontroll av dimensjonert søyle
(C.19.1) Alternativ A**

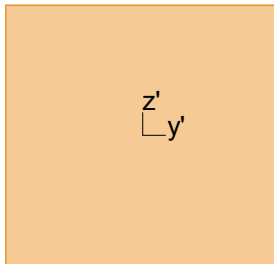
C.19.1 Maximum of load combinations

GL 32c

(Glued laminated), Service class 1

$E_{0,05}$	=	11200 N/mm ²	$f_{t,90,k}$	=	0.50 N/mm ²
$G_{0,05}$	=	540 N/mm ²	$f_{c,0,k}$	=	24.50 N/mm ²
Y_M	=	1.15	$f_{c,90,k}$	=	2.50 N/mm ²
$Y_{M,acc./seis.}$	=	1.00	$f_{v,k}$	=	3.50 N/mm ²
k_{sys}	=	1.00			

Glulam 190x180



A	=	34200 mm ²	$f_{t,0,k}$	=	21.45 N/mm ²
W_1	=	1.083e+06 mm ³	$f_{m,1,k}$	=	35.20 N/mm ²
W_2	=	1.026e+06 mm ³	$f_{m,2,k}$	=	35.20 N/mm ²
i_1	=	55 mm			
i_2	=	52 mm			
I_2	=	9.234e+07 mm ⁴			
I_t	=	1.642e+08 mm ⁴			

Combined bending and axial tension - 6.2.3

Not relevant

Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

LC: 'LC6ULS', $k_{mod} = 0.90$, $x = 0.00$ mm

$$\sigma_{c,0,d} = 14.25 \text{ N/mm}^2 \leq f_{c,0,d} = 19.17 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{14.25}{19.17} \right)^2 + \frac{0.16}{27.55} + 0.70 \frac{0.46}{27.55} = 0.57 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{14.25}{19.17} \right)^2 + 0.70 \frac{0.16}{27.55} + \frac{0.46}{27.55} = 0.57 \leq 1.00 \quad (6.20) - \text{OK}$$

Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8

LC: 'LC21ULS', $k_{mod} = 0.90$, $x = 3000.00$ mm

$$\tau_d = 0.26 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 2.74 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2

LC: 'LC6ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 0.00$ mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_1 = \frac{l_0}{i_1} = \frac{3000}{55} = 54.70$$

$$\lambda_{\text{rel},1} = \frac{\lambda_1}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{54.70}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{11200}} = 0.814 \quad (6.21)$$

$$k_1 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},1} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},1}^2 \right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.814 - 0.3) + 0.814^2 \right) = 0.857 \quad (6.27)$$

$$k_{c,1} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 - \lambda_{\text{rel},1}^2}} = \frac{1}{0.857 + \sqrt{0.857^2 - 0.814^2}} = 0.889 \quad (6.25)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,1} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{14.25}{0.889 \cdot 19.17} + \frac{0.16}{27.55} + 0.70 \cdot \frac{0.46}{27.55} = 0.85 \leq 1.00 \quad (6.23) - \text{OK}$$

Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2

LC: 'LC6ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 0.00$ mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_2 = \frac{l_0}{i_2} = \frac{3000}{52} = 57.74$$

$$\lambda_{\text{rel},2} = \frac{\lambda_2}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{57.74}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{11200}} = 0.860 \quad (6.22)$$

$$k_2 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},2} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},2}^2 \right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.860 - 0.3) + 0.860^2 \right) = 0.897 \quad (6.28)$$

$$k_{c,2} = \frac{1}{k_2 + \sqrt{k_2^2 - \lambda_{\text{rel},2}^2}} = \frac{1}{0.897 + \sqrt{0.897^2 - 0.860^2}} = 0.866 \quad (6.26)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{14.25}{0.866 \cdot 19.17} + 0.70 \cdot \frac{0.16}{27.55} + \frac{0.46}{27.55} = 0.88 \leq 1.00 \quad (6.24) - \text{OK}$$

Lateral torsional buckling - 6.3.3

LC: 'LC6ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 0.00$ mm

$$l_{\text{ef}} = l / \frac{12.5 \cdot M_{\text{max}}}{2.5 \cdot M_{\text{max}} + 3 \cdot M_2 + 4 \cdot M_3 + 3 \cdot M_4} + 2 \cdot h = 3000 / \frac{12.5 \cdot 0.24}{2.5 \cdot 0.24 + 3 \cdot 0.04 + 4 \cdot 0.04 + 3 \cdot 0.08} + 2 \cdot 190 = 1504 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,\text{crit}} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} \cdot I_2 \cdot G_{0,05} \cdot I_t}}{l_{\text{ef}} \cdot W_1} = \frac{\pi \sqrt{11200 \cdot 9.234e+07 \cdot 540 \cdot 1.642e+08}}{1504 \cdot 1.083e+06} = 583.99 \text{ N/mm}^2 \quad (6.31)$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{f_{m,1,k}}{\sigma_{m,\text{crit}}}} = \sqrt{\frac{32.00}{583.99}} = 0.234 \quad (6.30)$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = 0.234 \leq 0.75 \rightarrow k_{\text{crit}} = 1.000 \quad (6.34)$$

$$\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,1,d}} = \frac{0.16}{1.000 \cdot 27.55} = 0.01 \leq 1.00 \quad (6.33) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,1,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{0.16}{1.000 \cdot 27.55} \right)^2 + \frac{14.25}{0.87 \cdot 19.17} = 0.86 \leq 1.00 \quad (6.35) - \text{OK}$$

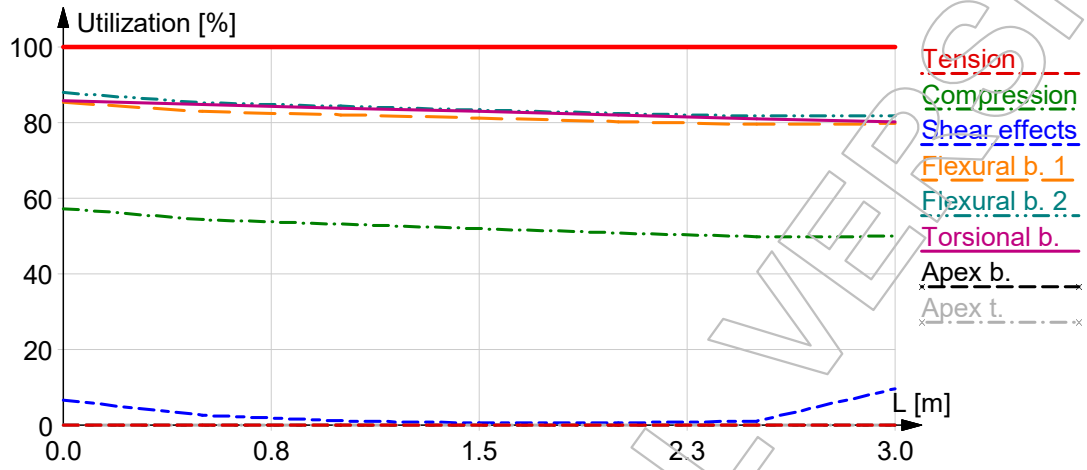
Bending at apex - 6.4.3

Not relevant

Tension at apex - 6.4.3

Not relevant

Summary



Vedlegg I.3 – Liste Resultater C.19.1 Alternativ A

Max. of load combinations, Bars, Internal forces, MinMax, Ultimate - for selected objects

Max.	ID	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	x	Comb
[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[mm]	[-]
N (+)	C.19.1	-388855.692	288.795	1624.563	11360.766	44375.487	187550.601	2875.000	LC23ULS
Ty' (+)	C.19.1	-389146.414	380.393	2391.171	8745.543	343271.849	160411.819	3000.000	LC23ULS
Tz' (+)	C.19.1	-389034.809	-67.755	4623.077	12486.244	1081332.982	176384.480	3000.000	LC21ULS
Mt (+)	C.19.1	-389577.659	136.972	122.384	15557.164	-108105.009	166832.132	2625.000	LC23ULS
My' (+)	C.19.1	-389034.809	-67.755	4623.077	12486.244	1081332.982	176384.480	3000.000	LC21ULS
Mz' (+)	C.19.1	-435529.783	273.017	-1156.163	-10258.782	203132.693	398649.418	0.000	LC24ULS
N (-)	C.19.1	-487462.939	-815.818	-1260.042	-12260.066	467599.614	-173554.641	0.000	LC6ULS
Ty' (-)	C.19.1	-396739.201	-2180.200	1994.646	-9044.397	-360884.485	-932470.487	0.000	LC23ULS
Tz' (-)	C.19.1	-441422.872	-659.242	-2418.745	-12737.852	838773.981	-119077.596	0.000	LC22ULS
Mt (-)	C.19.1	-394299.213	-814.539	31.269	-15660.049	50920.959	-75004.827	625.000	LC23ULS
My' (-)	C.19.1	-390971.345	-841.994	3201.178	-3944.961	-989335.402	-237383.462	0.000	LC21ULS
Mz' (-)	C.19.1	-396739.201	-2180.200	1994.646	-9044.397	-360884.485	-932470.487	0.000	LC23ULS

Max. of load combinations, Bars, Internal forces, MinMax, Frequent - for selected objects

Max.	ID	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	x	Comb
[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[mm]	[-]
N (+)	C.19.1	-239407.358	-63.715	1373.661	6134.060	256568.585	118677.150	3000.000	LC5SfLS
Ty' (+)	C.19.1	-249046.075	6.295	43.841	-353.775	8124.788	26279.713	1500.000	LC8SfLS
Tz' (+)	C.19.1	-239407.358	-63.715	1373.661	6134.060	256568.585	118677.150	3000.000	LC5SfLS
Mt (+)	C.19.1	-264164.027	-74.439	1045.397	6256.436	153192.439	133362.017	3000.000	LC1SfLS
My' (+)	C.19.1	-239407.358	-63.715	1373.661	6134.060	256568.585	118677.150	3000.000	LC5SfLS
Mz' (+)	C.19.1	-264164.027	-74.439	1045.397	6256.436	153192.439	133362.017	3000.000	LC1SfLS
N (-)	C.19.1	-276716.109	-538.761	22.454	-5813.147	-5488.302	-135374.816	0.000	LC1SfLS
Ty' (-)	C.19.1	-249292.943	-676.409	234.392	-5381.955	-43977.590	-221954.073	0.000	LC7SfLS
Tz' (-)	C.19.1	-255247.711	-473.484	-337.860	-5823.091	114176.535	-113725.238	0.000	LC6SfLS
Mt (-)	C.19.1	-247638.289	-281.630	21.840	-5983.822	-408.000	-11121.158	500.000	LC7SfLS
My' (-)	C.19.1	-248523.650	-498.389	386.736	-4685.621	-126227.766	-129535.273	0.000	LC5SfLS
Mz' (-)	C.19.1	-249292.943	-676.409	234.392	-5381.955	-43977.590	-221954.073	0.000	LC7SfLS

Max. of load combinations, Bars, End forces, Ultimate - for selected objects

ID	End	Max.	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	Comb
[-]	[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[-]
C.19.1	Start (+)	N	-390971.345	-841.994	3201.178	-3944.961	-989335.402	-237383.462	LC21ULS
		Ty'	-435529.783	273.017	-1156.163	-10258.782	203132.693	398649.418	LC24ULS
		Tz'	-390971.345	-841.994	3201.178	-3944.961	-989335.402	-237383.462	LC21ULS
		Mt	-390971.345	-841.994	3201.178	-3944.961	-989335.402	-237383.462	LC21ULS
		My'	-441422.872	-659.242	-2418.745	-12737.852	838773.981	-119077.596	LC22ULS
		Mz'	-435529.783	273.017	-1156.163	-10258.782	203132.693	398649.418	LC24ULS
	End (+)	N	-389034.809	-67.755	4623.077	12486.244	1081332.982	176384.480	LC21ULS
		Ty'	-389146.414	380.393	2391.171	8745.543	343271.849	160411.819	LC23ULS
		Tz'	-389034.809	-67.755	4623.077	12486.244	1081332.982	176384.480	LC21ULS
		Mt	-389034.809	-67.755	4623.077	12486.244	1081332.982	176384.480	LC21ULS
		My'	-389034.809	-67.755	4623.077	12486.244	1081332.982	176384.480	LC21ULS
		Mz'	-455640.538	-144.565	-334.553	7973.273	-313867.965	235610.691	LC6ULS
	Start (-)	N	-487462.939	-815.818	-1260.042	-12260.066	467599.614	-173554.641	LC6ULS
		Ty'	-396739.201	-2180.200	1994.646	-9044.397	-360884.485	-932470.487	LC23ULS
		Tz'	-441422.872	-659.242	-2418.745	-12737.852	838773.981	-119077.596	LC22ULS
		Mt	-441422.872	-659.242	-2418.745	-12737.852	838773.981	-119077.596	LC22ULS
		My'	-390971.345	-841.994	3201.178	-3944.961	-989335.402	-237383.462	LC21ULS
		Mz'	-396739.201	-2180.200	1994.646	-9044.397	-360884.485	-932470.487	LC23ULS

ID	End	Max.	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	Comb
[-]	[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[-]
	End (-)	N	-455689.123	57.269	943.750	7523.478	117141.034	106874.551	LC8ULS
		Ty'	-405589.764	-152.936	-1812.563	5201.112	-697823.375	216980.181	LC22ULS
		Tz'	-405589.764	-152.936	-1812.563	5201.112	-697823.375	216980.181	LC22ULS
		Mt	-405670.739	183.455	317.941	4451.454	20524.957	2419.948	LC24ULS
		My'	-405589.764	-152.936	-1812.563	5201.112	-697823.375	216980.181	LC22ULS
		Mz'	-405670.739	183.455	317.941	4451.454	20524.957	2419.948	LC24ULS

Max. of load combinations, Bars, End forces, Frequent - for selected objects

ID	End	Max.	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	Comb
[-]	[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[-]
C.19.1	Start (+)	N	-248523.650	-498.389	386.736	-4685.621	-126227.766	-129535.273	LC5SfLS
		Ty'	-254461.722	-349.481	-178.216	-5476.353	30976.207	-44920.024	LC8SfLS
		Tz'	-248523.650	-498.389	386.736	-4685.621	-126227.766	-129535.273	LC5SfLS
		Mt	-248523.650	-498.389	386.736	-4685.621	-126227.766	-129535.273	LC5SfLS
		My'	-255247.711	-473.484	-337.860	-5823.091	114176.535	-113725.238	LC6SfLS
		Mz'	-254461.722	-349.481	-178.216	-5476.353	30976.207	-44920.024	LC8SfLS
	End (+)	N	-239407.358	-63.715	1373.661	6134.060	256568.585	118677.150	LC5SfLS
		Ty'	-239422.744	-3.572	1073.637	5620.349	158236.239	116195.342	LC7SfLS
		Tz'	-239407.358	-63.715	1373.661	6134.060	256568.585	118677.150	LC5SfLS
		Mt	-264164.027	-74.439	1045.397	6256.436	153192.439	133362.017	LC1SfLS
		My'	-239407.358	-63.715	1373.661	6134.060	256568.585	118677.150	LC5SfLS
		Mz'	-264164.027	-74.439	1045.397	6256.436	153192.439	133362.017	LC1SfLS
	Start (-)	N	-276716.109	-538.761	22.454	-5813.147	-5488.302	-135374.816	LC1SfLS
		Ty'	-249292.943	-676.409	234.392	-5381.955	-43977.590	-221954.073	LC7SfLS
		Tz'	-255247.711	-473.484	-337.860	-5823.091	114176.535	-113725.238	LC6SfLS
		Mt	-255247.711	-473.484	-337.860	-5823.091	114176.535	-113725.238	LC6SfLS
		My'	-248523.650	-498.389	386.736	-4685.621	-126227.766	-129535.273	LC5SfLS
		Mz'	-249292.943	-676.409	234.392	-5381.955	-43977.590	-221954.073	LC7SfLS
	End (-)	N	-264164.027	-74.439	1045.397	6256.436	153192.439	133362.017	LC1SfLS
		Ty'	-247292.048	-76.368	938.925	5642.222	134370.395	124561.918	LC4SfLS
		Tz'	-241617.198	-75.156	528.089	5197.548	21037.541	124171.522	LC6SfLS
		Mt	-241627.306	-30.356	813.703	5108.880	116658.211	95792.312	LC8SfLS
		My'	-241617.198	-75.156	528.089	5197.548	21037.541	124171.522	LC6SfLS
		Mz'	-241627.306	-30.356	813.703	5108.880	116658.211	95792.312	LC8SfLS

Max. of load combinations, Bars, Stresses Sigma x' (+), Ultimate - for selected objects

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
C.19.1	-7.400	0.000	LC21ULS
	-7.659	125.000	LC21ULS
	-7.659	125.000	LC21ULS
	-7.777	250.000	LC21ULS
	-7.777	250.000	LC21ULS
	-7.877	375.000	LC21ULS
	-7.877	375.000	LC21ULS
	-7.900	500.000	LC21ULS
	-7.900	500.000	LC21ULS
	-7.919	625.000	LC21ULS
	-7.919	625.000	LC21ULS
	-7.935	750.000	LC21ULS
	-7.935	750.000	LC21ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-7.952	875.000	LC21ULS
	-7.952	875.000	LC21ULS
	-7.973	1000.000	LC21ULS
	-7.973	1000.000	LC21ULS
	-7.995	1125.000	LC21ULS
	-7.995	1125.000	LC21ULS
	-8.015	1250.000	LC21ULS
	-8.015	1250.000	LC21ULS
	-8.034	1375.000	LC21ULS
	-8.034	1375.000	LC21ULS
	-8.056	1500.000	LC21ULS
	-8.056	1500.000	LC21ULS
	-8.057	1625.000	LC23ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-8.057	1625.000	LC23ULS
	-8.046	1750.000	LC23ULS
	-8.046	1750.000	LC23ULS
	-8.031	1875.000	LC23ULS
	-8.031	1875.000	LC23ULS
	-8.013	2000.000	LC21ULS
	-8.013	2000.000	LC21ULS
	-7.997	2125.000	LC21ULS
	-7.997	2125.000	LC21ULS
	-8.007	2250.000	LC21ULS
	-8.007	2250.000	LC21ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-7.962	2375.000	LC23ULS
	-7.962	2375.000	LC23ULS
	-7.927	2500.000	LC23ULS
	-7.927	2500.000	LC23ULS
	-7.897	2625.000	LC23ULS
	-7.897	2625.000	LC23ULS
	-7.841	2750.000	LC21ULS
	-7.841	2750.000	LC21ULS
	-7.674	2875.000	LC21ULS
	-7.674	2875.000	LC21ULS
	-7.344	3000.000	LC21ULS

Max. of load combinations, Bars, Stresses Sigma x' (+), Frequent - for selected objects

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
C.19.1	-4.993	0.000	LC5SfLS
	-5.041	125.000	LC5SfLS
	-5.041	125.000	LC5SfLS
	-5.062	250.000	LC5SfLS
	-5.062	250.000	LC5SfLS
	-5.083	375.000	LC5SfLS
	-5.083	375.000	LC5SfLS
	-5.076	500.000	LC5SfLS
	-5.076	500.000	LC5SfLS
	-5.069	625.000	LC5SfLS
	-5.069	625.000	LC5SfLS
	-5.065	750.000	LC5SfLS
	-5.065	750.000	LC5SfLS
	-5.061	875.000	LC5SfLS
	-5.061	875.000	LC5SfLS
	-5.060	1000.000	LC5SfLS
	-5.060	1000.000	LC5SfLS
	-5.058	1125.000	LC5SfLS
	-5.058	1125.000	LC5SfLS
	-5.057	1250.000	LC5SfLS
	-5.057	1250.000	LC5SfLS
	-5.055	1375.000	LC5SfLS
	-5.055	1375.000	LC5SfLS
	-5.047	1500.000	LC7SfLS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-5.047	1500.000	LC7SfLS
	-5.037	1625.000	LC7SfLS
	-5.037	1625.000	LC7SfLS
	-5.025	1750.000	LC7SfLS
	-5.025	1750.000	LC7SfLS
	-5.011	1875.000	LC7SfLS
	-5.011	1875.000	LC7SfLS
	-4.995	2000.000	LC5SfLS
	-4.995	2000.000	LC5SfLS
	-4.985	2125.000	LC5SfLS
	-4.985	2125.000	LC5SfLS
	-4.985	2250.000	LC7SfLS
	-4.985	2250.000	LC7SfLS
	-4.951	2375.000	LC7SfLS
	-4.951	2375.000	LC7SfLS
	-4.926	2500.000	LC7SfLS
	-4.926	2500.000	LC7SfLS
	-4.903	2625.000	LC7SfLS
	-4.903	2625.000	LC7SfLS
	-4.894	2750.000	LC7SfLS
	-4.894	2750.000	LC7SfLS
	-4.847	2875.000	LC5SfLS
	-4.847	2875.000	LC5SfLS
	-4.739	3000.000	LC5SfLS

Max. of load combinations, Bars, Stresses Sigma x' (-), Ultimate - for selected objects

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
C.19.1	-10.435	0.000	LC6ULS
	-10.255	125.000	LC6ULS
	-10.255	125.000	LC6ULS
	-10.130	250.000	LC6ULS
	-10.130	250.000	LC6ULS
	-10.068	375.000	LC6ULS
	-10.068	375.000	LC6ULS
	-10.036	500.000	LC6ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-10.036	500.000	LC6ULS
	-10.010	625.000	LC6ULS
	-10.010	625.000	LC6ULS
	-9.982	750.000	LC6ULS
	-9.982	750.000	LC6ULS
	-9.954	875.000	LC6ULS
	-9.954	875.000	LC6ULS
	-9.923	1000.000	LC6ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-9.923	1000.000	LC6ULS
	-9.893	1125.000	LC6ULS
	-9.893	1125.000	LC6ULS
	-9.862	1250.000	LC6ULS
	-9.862	1250.000	LC6ULS
	-9.832	1375.000	LC6ULS
	-9.832	1375.000	LC6ULS
	-9.802	1500.000	LC6ULS
	-9.802	1500.000	LC6ULS
	-9.773	1625.000	LC6ULS
	-9.773	1625.000	LC6ULS
	-9.747	1750.000	LC6ULS
	-9.747	1750.000	LC6ULS
	-9.723	1875.000	LC6ULS
	-9.723	1875.000	LC6ULS
	-9.701	2000.000	LC8ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-9.701	2000.000	LC8ULS
	-9.666	2125.000	LC8ULS
	-9.666	2125.000	LC8ULS
	-9.638	2250.000	LC6ULS
	-9.638	2250.000	LC6ULS
	-9.649	2375.000	LC6ULS
	-9.649	2375.000	LC6ULS
	-9.646	2500.000	LC6ULS
	-9.646	2500.000	LC6ULS
	-9.648	2625.000	LC6ULS
	-9.648	2625.000	LC6ULS
	-9.652	2750.000	LC6ULS
	-9.652	2750.000	LC6ULS
	-9.686	2875.000	LC6ULS
	-9.686	2875.000	LC6ULS
	-9.751	3000.000	LC5ULS

Max. of load combinations, Bars, Stresses Sigma x' (-), Frequent - for selected objects

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
C.19.1	-5.801	0.000	LC1SfLS
	-5.750	125.000	LC1SfLS
	-5.750	125.000	LC1SfLS
	-5.715	250.000	LC1SfLS
	-5.715	250.000	LC1SfLS
	-5.691	375.000	LC1SfLS
	-5.691	375.000	LC1SfLS
	-5.691	500.000	LC1SfLS
	-5.691	500.000	LC1SfLS
	-5.690	625.000	LC1SfLS
	-5.690	625.000	LC1SfLS
	-5.685	750.000	LC1SfLS
	-5.685	750.000	LC1SfLS
	-5.678	875.000	LC1SfLS
	-5.678	875.000	LC1SfLS
	-5.669	1000.000	LC1SfLS
	-5.669	1000.000	LC1SfLS
	-5.662	1125.000	LC1SfLS
	-5.662	1125.000	LC1SfLS
	-5.653	1250.000	LC1SfLS
	-5.653	1250.000	LC1SfLS
	-5.644	1375.000	LC1SfLS
	-5.644	1375.000	LC1SfLS
	-5.636	1500.000	LC1SfLS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-5.636	1500.000	LC1SfLS
	-5.629	1625.000	LC1SfLS
	-5.629	1625.000	LC1SfLS
	-5.623	1750.000	LC1SfLS
	-5.623	1750.000	LC1SfLS
	-5.618	1875.000	LC1SfLS
	-5.618	1875.000	LC1SfLS
	-5.611	2000.000	LC1SfLS
	-5.611	2000.000	LC1SfLS
	-5.594	2125.000	LC1SfLS
	-5.594	2125.000	LC1SfLS
	-5.567	2250.000	LC1SfLS
	-5.567	2250.000	LC1SfLS
	-5.575	2375.000	LC1SfLS
	-5.575	2375.000	LC1SfLS
	-5.571	2500.000	LC1SfLS
	-5.571	2500.000	LC1SfLS
	-5.565	2625.000	LC1SfLS
	-5.565	2625.000	LC1SfLS
	-5.546	2750.000	LC1SfLS
	-5.546	2750.000	LC1SfLS
	-5.544	2875.000	LC1SfLS
	-5.544	2875.000	LC1SfLS
	-5.622	3000.000	LC1SfLS

Vedlegg I.4 – Liste Resultater TP.8 Alternativ A

Max. of load combinations, Shells, Internal forces (Extract), Ultimate - for selected objects

ID	Max.	Elem	Node	Mx'	My'	Mx'y'	Nx'	Ny'	Nx'y'	Tx'z'
[-]	[-]	[-]	[-]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
TP.8.1	Mx' (+)	901	107544	9.609	0.000	0.000	-207.595	0.136	-0.435	0.009
	My' (+)	862	105837	0.622	0.951	-0.169	-97.478	1.036	-5.161	-0.009
	Mx'y' (+)	964	109568	-2.157	-0.735	0.934	-103.818	0.690	3.404	0.006
	Nx' (+)	967	105278	-1.152	-0.516	-0.645	-66.882	-4.446	-2.826	0.008
	Ny' (+)	879	107348	-8.640	-0.578	0.000	-235.594	4.355	-1.249	0.009
	Nx'y' (+)	895	108765	-4.539	0.000	0.417	-180.989	-0.401	5.163	0.002
	Tx'z' (+)	967	105278	-2.689	-1.363	-1.482	-66.974	-5.718	-3.505	0.024
	Ty'z' (+)	965	105274	-0.926	-0.132	-0.295	-86.045	2.780	-3.566	0.015
	Mx' (-)	867	107548	-17.539	-0.016	0.037	-241.148	1.503	-0.251	0.010
	My' (-)	862	105837	-4.489	-1.666	-0.555	-91.133	1.053	-5.263	0.014
	Mx'y' (-)	967	105278	-2.689	-1.363	-1.482	-66.974	-5.718	-3.505	0.024
	Nx' (-)	867	107548	-15.760	-0.016	0.037	-243.025	1.483	-0.755	0.008
	Ny' (-)	967	105278	-1.304	-0.592	-0.741	-80.296	-6.865	-4.198	0.009
	Nx'y' (-)	862	106157	-4.247	0.034	-0.477	-132.573	0.995	-7.362	0.001
	Tx'z' (-)	964	109151	5.283	0.059	0.215	-144.948	0.610	2.356	-0.018
	Ty'z' (-)	954	105246	1.193	0.145	-0.005	-88.496	-3.748	-2.155	0.009

Ty'z'	Comb
[N/mm]	[-]
0.000	LC22ULS
-0.000	LC21ULS
-0.001	LC22ULS
0.000	LC23ULS
0.000	LC6ULS
-0.000	LC7ULS
0.004	LC22ULS
0.019	LC22ULS
0.000	LC6ULS
-0.002	LC22ULS
0.004	LC22ULS
0.000	LC8ULS
-0.000	LC8ULS
0.001	LC8ULS
-0.001	LC21ULS
-0.012	LC22ULS

Max. of load combinations, Shells, Internal forces (Extract), Frequent - for selected objects

ID	Max.	Elem	Node	Mx'	My'	Mx'y'	Nx'	Ny'	Nx'y'	Tx'z'
[-]	[-]	[-]	[-]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
TP.8.1	Mx' (+)	901	107544	4.547	0.000	0.000	-141.892	0.091	-0.304	0.005
	My' (+)	858	108885	-0.844	0.185	0.075	-90.358	0.294	2.069	-0.000
	Mx'y' (+)	964	109568	-0.408	-0.212	0.291	-68.173	0.564	1.576	0.004

Ty'z'	Comb
[N/mm]	[-]
0.000	LC1SfLS
-0.000	LC5SfLS
0.000	LC6SfLS

ID	Max.	Elem	Node	Mx'	My'	Mx'y'	Nx'	Ny'	Nx'y'	Tx'z'
[-]	[-]	[-]	[-]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
	Nx' (+)	967	105278	-0.720	-0.326	-0.408	-43.478	-3.410	-1.952	0.005
	Ny' (+)	879	107348	-4.915	-0.354	0.000	-140.861	2.623	-0.735	0.005
	Nx'y' (+)	895	108765	-2.741	0.000	0.256	-108.309	0.382	2.802	0.001
	Tx'z' (+)	965	105274	-0.437	-0.018	-0.165	-52.155	1.759	-2.266	0.007
	Ty'z' (+)	965	105274	-0.437	-0.018	-0.165	-52.155	1.759	-2.266	0.007
	Mx' (-)	867	107548	-9.611	-0.014	0.023	-144.156	0.903	-0.131	0.005
	My' (-)	967	105278	-0.927	-0.424	-0.516	-43.493	-3.583	-2.043	0.007
	Mx'y' (-)	967	105278	-0.927	-0.424	-0.516	-43.493	-3.583	-2.043	0.007
	Nx' (-)	867	107548	-9.611	-0.014	0.023	-144.156	0.903	-0.131	0.005
	Ny' (-)	967	105278	-0.792	-0.360	-0.451	-48.083	-3.949	-2.251	0.005
	Nx'y' (-)	862	106157	-2.592	0.021	-0.293	-76.633	0.599	-4.211	0.001
	Tx'z' (-)	964	109151	0.240	0.026	0.162	-85.531	0.349	1.702	-0.003
	Ty'z' (-)	964	109564	-0.016	-0.018	0.116	-80.895	-0.033	1.073	0.004

Ty'z'	Comb
[N/mm]	[-]
-0.000	LC7SfLS
0.000	LC1SfLS
-0.000	LC1SfLS
0.005	LC6SfLS
0.005	LC6SfLS
0.000	LC1SfLS
0.000	LC6SfLS
0.000	LC6SfLS
0.000	LC1SfLS
-0.000	LC1SfLS
0.001	LC1SfLS
-0.000	LC5SfLS
-0.003	LC6SfLS

Max. of load combinations, Shells, Stresses, membrane (Extract), Ultimate - for selected objects

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
TP.8.1	Sigma x' (+)	Top	967	105278	-2.215	-0.182	-0.107	0.001	0.000	2.138
		Membrane	967	105278	-2.232	-0.191	-0.117	0.001	0.000	2.153
		Bottom	967	105278	-2.250	-0.200	-0.127	0.001	0.000	2.169
	Sigma y' (+)	Top	967	105278	-2.222	-0.145	-0.090	0.000	0.000	2.159
		Membrane	967	105278	-2.229	-0.148	-0.094	0.000	0.000	2.165
		Bottom	967	105278	-2.237	-0.152	-0.098	0.000	0.000	2.172
	Tau x'y' (+)	Top	879	107348	-7.796	0.149	-0.042	0.000	0.000	7.871

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[-]
-0.176	-2.220	LC22ULS
-0.184	-2.239	LC22ULS
-0.192	-2.258	LC22ULS
-0.141	-2.226	LC23ULS
-0.144	-2.234	LC23ULS
-0.147	-2.242	LC23ULS
0.149	-7.796	LC6ULS

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
		Membrane	879	107348	-7.853	0.145	-0.042	0.000	0.000	7.927
		Bottom	879	107348	-7.911	0.141	-0.042	0.000	0.000	7.983
	Tau x'z' (+)	Top	895	108765	-6.003	-0.013	0.169	0.000	-0.000	6.003
		Membrane	895	108765	-6.033	-0.013	0.172	0.000	-0.000	6.034
		Bottom	895	108765	-6.063	-0.013	0.175	0.000	-0.000	6.064
	Tau y'z' (+)	Top	965	105274	-2.862	0.094	-0.117	0.001	0.001	2.917
		Membrane	965	105274	-2.868	0.093	-0.119	0.001	0.001	2.923
		Bottom	965	105274	-2.874	0.092	-0.121	0.001	0.001	2.929
	Sigma vm (+)	Top	867	107546	-7.988	0.122	-0.028	0.000	-0.000	8.050
		Membrane	867	107546	-8.069	0.119	-0.028	0.000	-0.000	8.130
		Bottom	867	107546	-8.150	0.116	-0.028	0.000	-0.000	8.209
	Sigma 1 (+)	Top	879	107348	-7.796	0.149	-0.042	0.000	0.000	7.871
		Membrane	879	107348	-7.853	0.145	-0.042	0.000	0.000	7.927
		Bottom	879	107348	-7.911	0.141	-0.042	0.000	0.000	7.983
	Sigma 2 (+)	Top	967	105278	-2.222	-0.145	-0.090	0.000	0.000	2.159
		Membrane	967	105278	-2.229	-0.148	-0.094	0.000	0.000	2.165
		Bottom	967	105278	-2.237	-0.152	-0.098	0.000	0.000	2.172
	Sigma x' (-)	Top	964	109151	-4.867	0.020	0.077	-0.001	-0.000	4.879
		Membrane	964	109151	-4.832	0.020	0.079	-0.001	-0.000	4.844
		Bottom	964	109151	-4.796	0.021	0.080	-0.001	-0.000	4.809
	Sigma y' (-)	Top	867	107548	-7.996	0.050	-0.025	0.000	0.000	8.021
		Membrane	867	107548	-8.101	0.049	-0.025	0.000	0.000	8.126
		Bottom	867	107548	-8.206	0.049	-0.025	0.000	0.000	8.231
	Tau x'y' (-)	Top	967	105278	-2.668	-0.225	-0.135	0.000	-0.000	2.573

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
0.145	-7.853	LC6ULS
0.142	-7.911	LC6ULS
-0.009	-6.007	LC7ULS
-0.008	-6.038	LC7ULS
-0.008	-6.068	LC7ULS
0.098	-2.867	LC22ULS
0.097	-2.873	LC22ULS
0.097	-2.879	LC22ULS
0.122	-7.988	LC8ULS
0.119	-8.069	LC8ULS
0.116	-8.150	LC8ULS
0.149	-7.796	LC6ULS
0.145	-7.853	LC6ULS
0.142	-7.911	LC6ULS
-0.141	-2.226	LC23ULS
-0.144	-2.234	LC23ULS
-0.147	-2.242	LC23ULS
0.021	-4.868	LC21ULS
0.022	-4.833	LC21ULS
0.022	-4.798	LC21ULS
0.050	-7.996	LC8ULS
0.050	-8.101	LC8ULS
0.049	-8.206	LC8ULS
-0.217	-2.675	LC8ULS

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
	Tau x'z' (-)	Membrane	967	105278	-2.677	-0.229	-0.140	0.000	-0.000	2.581
		Bottom	967	105278	-2.685	-0.233	-0.145	0.000	-0.000	2.589
	Tau y'z' (-)	Top	862	106157	-4.391	0.033	-0.242	0.000	0.000	4.427
		Membrane	862	106157	-4.419	0.033	-0.245	0.000	0.000	4.456
	Sigma vm (-)	Bottom	862	106157	-4.447	0.033	-0.249	0.000	0.000	4.485
		Top	954	105246	-2.958	-0.126	-0.072	0.000	-0.001	2.900
	Sigma 1 (-)	Membrane	954	105246	-2.950	-0.125	-0.072	0.000	-0.001	2.892
		Bottom	954	105246	-2.942	-0.124	-0.072	0.000	-0.001	2.885
	Sigma 2 (-)	Top	967	105278	-2.215	-0.182	-0.107	0.001	0.000	2.138
		Membrane	967	105278	-2.232	-0.191	-0.117	0.001	0.000	2.153
	Sigma 1 (-)	Bottom	967	105278	-2.250	-0.200	-0.127	0.001	0.000	2.169
		Top	967	105278	-2.668	-0.225	-0.135	0.000	-0.000	2.573
	Sigma 2 (-)	Membrane	967	105278	-2.677	-0.229	-0.140	0.000	-0.000	2.581
		Bottom	967	105278	-2.685	-0.233	-0.145	0.000	-0.000	2.589
	Sigma 2 (-)	Top	867	107548	-7.996	0.050	-0.025	0.000	0.000	8.021
		Membrane	867	107548	-8.101	0.049	-0.025	0.000	0.000	8.126
		Bottom	867	107548	-8.206	0.049	-0.025	0.000	0.000	8.231

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
-0.221	-2.685	LC8ULS
-0.224	-2.694	LC8ULS
0.046	-4.404	LC8ULS
0.047	-4.433	LC8ULS
0.047	-4.461	LC8ULS
-0.124	-2.960	LC22ULS
-0.123	-2.952	LC22ULS
-0.122	-2.944	LC22ULS
-0.176	-2.220	LC22ULS
-0.184	-2.239	LC22ULS
-0.192	-2.258	LC22ULS
-0.217	-2.675	LC8ULS
-0.221	-2.685	LC8ULS
-0.224	-2.694	LC8ULS
0.050	-7.996	LC8ULS
0.050	-8.101	LC8ULS
0.049	-8.206	LC8ULS

Max. of load combinations, Shells, Stresses, membrane (Extract), Frequent - for selected objects

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
TP.8.1	Sigma x' (+)	Top	965	105274	-1.736	0.059	-0.074	0.000	0.000	1.770
		Membrane	965	105274	-1.738	0.059	-0.076	0.000	0.000	1.773
		Bottom	965	105274	-1.741	0.059	-0.077	0.000	0.000	1.776

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
0.062	-1.739	LC6SfLS
0.062	-1.742	LC6SfLS
0.062	-1.745	LC6SfLS

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
	Sigma y' (+)	Top	967	105278	-1.444	-0.112	-0.062	0.000	-0.000	1.396
		Membrane	967	105278	-1.449	-0.114	-0.065	0.000	-0.000	1.400
		Bottom	967	105278	-1.454	-0.116	-0.068	0.000	-0.000	1.405
	Tau x'y' (+)	Top	879	107348	-4.663	0.090	-0.024	0.000	0.000	4.708
		Membrane	879	107348	-4.695	0.087	-0.024	0.000	0.000	4.740
		Bottom	879	107348	-4.728	0.085	-0.024	0.000	0.000	4.771
	Tau x'z' (+)	Top	895	108765	-3.592	0.013	0.092	0.000	-0.000	3.602
		Membrane	895	108765	-3.610	0.013	0.093	0.000	-0.000	3.620
		Bottom	895	108765	-3.629	0.013	0.095	0.000	-0.000	3.639
	Tau y'z' (+)	Top	965	105274	-1.736	0.059	-0.074	0.000	0.000	1.770
		Membrane	965	105274	-1.738	0.059	-0.076	0.000	0.000	1.773
		Bottom	965	105274	-1.741	0.059	-0.077	0.000	0.000	1.776
	Sigma vm (+)	Top	867	107546	-4.737	0.075	-0.006	0.000	-0.000	4.775
		Membrane	867	107546	-4.786	0.073	-0.006	0.000	-0.000	4.823
		Bottom	867	107546	-4.836	0.072	-0.006	0.000	-0.000	4.872
	Sigma 1 (+)	Top	879	107348	-4.663	0.090	-0.024	0.000	0.000	4.708
		Membrane	879	107348	-4.695	0.087	-0.024	0.000	0.000	4.740
		Bottom	879	107348	-4.728	0.085	-0.024	0.000	0.000	4.771
	Sigma 2 (+)	Top	967	105278	-1.444	-0.112	-0.062	0.000	-0.000	1.396
		Membrane	967	105278	-1.449	-0.114	-0.065	0.000	-0.000	1.400
		Bottom	967	105278	-1.454	-0.116	-0.068	0.000	-0.000	1.405
	Sigma x' (-)	Top	964	109151	-2.853	0.011	0.056	-0.000	-0.000	2.860
		Membrane	964	109151	-2.851	0.012	0.057	-0.000	-0.000	2.859
		Bottom	964	109151	-2.849	0.012	0.058	-0.000	-0.000	2.857

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
-0.109	-1.447	LC7SfLS
-0.111	-1.452	LC7SfLS
-0.112	-1.457	LC7SfLS
0.090	-4.663	LC1SfLS
0.088	-4.696	LC1SfLS
0.085	-4.728	LC1SfLS
0.015	-3.594	LC1SfLS
0.015	-3.613	LC1SfLS
0.015	-3.631	LC1SfLS
0.062	-1.739	LC6SfLS
0.062	-1.742	LC6SfLS
0.062	-1.745	LC6SfLS
0.075	-4.737	LC1SfLS
0.073	-4.786	LC1SfLS
0.072	-4.836	LC1SfLS
0.090	-4.663	LC1SfLS
0.088	-4.696	LC1SfLS
0.085	-4.728	LC1SfLS
-0.109	-1.447	LC7SfLS
-0.111	-1.452	LC7SfLS
-0.112	-1.457	LC7SfLS
0.013	-2.854	LC5SfLS
0.013	-2.852	LC5SfLS
0.013	-2.851	LC5SfLS

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
Sigma y' (-)		Top	867	107548	-4.741	0.030	-0.005	0.000	0.000	4.756
		Membrane	867	107548	-4.805	0.030	-0.004	0.000	0.000	4.820
		Bottom	867	107548	-4.869	0.030	-0.004	0.000	0.000	4.884
Tau x'y' (-)		Top	967	105278	-1.597	-0.129	-0.072	0.000	-0.000	1.542
		Membrane	967	105278	-1.603	-0.132	-0.075	0.000	-0.000	1.547
		Bottom	967	105278	-1.608	-0.134	-0.078	0.000	-0.000	1.551
Tau x'z' (-)		Top	862	106157	-2.537	0.020	-0.138	0.000	0.000	2.558
		Membrane	862	106157	-2.554	0.020	-0.140	0.000	0.000	2.576
		Bottom	862	106157	-2.572	0.020	-0.142	0.000	0.000	2.594
Tau y'z' (-)		Top	964	109564	-2.696	-0.001	0.035	0.000	-0.000	2.697
		Membrane	964	109564	-2.697	-0.001	0.036	0.000	-0.000	2.697
		Bottom	964	109564	-2.697	-0.001	0.037	0.000	-0.000	2.697
Sigma vm (-)		Top	967	105278	-1.444	-0.117	-0.065	0.000	0.000	1.393
		Membrane	967	105278	-1.450	-0.119	-0.068	0.000	0.000	1.399
		Bottom	967	105278	-1.456	-0.122	-0.072	0.000	0.000	1.404
Sigma 1 (-)		Top	967	105278	-1.597	-0.129	-0.072	0.000	-0.000	1.542
		Membrane	967	105278	-1.603	-0.132	-0.075	0.000	-0.000	1.547
		Bottom	967	105278	-1.608	-0.134	-0.078	0.000	-0.000	1.551
Sigma 2 (-)		Top	867	107548	-4.741	0.030	-0.005	0.000	0.000	4.756
		Membrane	867	107548	-4.805	0.030	-0.004	0.000	0.000	4.820
		Bottom	867	107548	-4.869	0.030	-0.004	0.000	0.000	4.884

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
0.030	-4.741	LC1SfLS
0.030	-4.805	LC1SfLS
0.030	-4.869	LC1SfLS
-0.126	-1.601	LC1SfLS
-0.128	-1.607	LC1SfLS
-0.130	-1.612	LC1SfLS
0.027	-2.545	LC1SfLS
0.028	-2.562	LC1SfLS
0.028	-2.579	LC1SfLS
-0.001	-2.697	LC6SfLS
-0.001	-2.697	LC6SfLS
-0.001	-2.697	LC6SfLS
-0.113	-1.447	LC6SfLS
-0.116	-1.453	LC6SfLS
-0.118	-1.460	LC6SfLS
-0.126	-1.601	LC1SfLS
-0.128	-1.607	LC1SfLS
-0.130	-1.612	LC1SfLS
0.030	-4.741	LC1SfLS
0.030	-4.805	LC1SfLS
0.030	-4.869	LC1SfLS

**Vedlegg I.5 – KONTROLL Dimensjonering av
forbindelsesmidler etter NS-EN 1995-1-1
Alternativ A og B**

ORIGIN := 1

KONTROLL Dimensjonering av forbindelsesmidler etter NS-EN 1995-1-1 Alternativ A og B

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Bruker forenklet konstruksjonsanalyse av veggskiver - Metode A, pga. konstruksjonen i modellen i FEM-Design har veggskiver med en endeforankring.

Antar hel og gjennomgående veggskive, som vil si etasjehøyde lik høyde på veggskiven, og ingen åpninger i veggskiven. (Skjøtet mellom etasjene)

Ser i denne dimensjoneringen på den mest belastede veggskiven med den største horisontale lasten. (Ikke jevnt fordelt)

9.2.4.2 i NS-EN 1995-1-1

$$h := 3000 \cdot \text{mm}$$

Høyden på veggen

$$b_i := 1500 \cdot \text{mm}$$

Bredden på veggskiven

$$b_0 := \frac{h}{2}$$

$$s_d := 33 \cdot \text{mm}$$

Tilnærmet senteravstand mellom forbindelsesmidlene etter punkt 10.8.2 i NS-En 1995-1-1 (Maks er 150mm)

(9.22)

$$c_i := \begin{cases} 1.0 & \text{if } b_i \geq b_0 \\ \frac{b_i}{b_0} & \text{if } b_i < b_0 \end{cases} = 1$$

Tabell 62 a

Karakteristisk kapasitet F_{vRk} per spiker (N)¹⁾ for enkeltsnittet forbindelse av platemateriale med tykkelse t , mot tre²⁾. Verdiene gjelder for platemateriale som definert i tabell 62 c.

Kryssfinerplater ³⁾								
t mm	Tverrmål spiker, d (mm)							
	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9	4,3	4,9
10	338	428	529	642	767	904	1 053	1 297
12	375	465	567	679	802	937	1 083	1 322
15	391	529	632	745	867	1 000	1 144	1 378
18	391	538	703	820	944	1 077	1 220	1 452
21	391	538	703	886	1 028	1 163	1 306	1 538
24	391	538	703	886	1 085	1 256	1 401	1 635

SINTEF Byggforsk, 2011. 520.238 Skivekonstruksjoner av tre. [Internett]
 Available at: https://www.byggforsk.no/dokument/309/skivekonstruksjoner_av_tre#i42
 [Funnet 14 April 2021].

Valgt tverrmål spiker: 4.9mm

Kontroll av min. platetykkelse i FEM-Design: 18mm

$$F_{vRk} := 1452 \cdot N$$

$$k_{mod} := 0.9$$

Tabell 3.1 Fasthetsfaktor for lastvarighet og klimaklasse

$$\gamma_M := 1.2$$

Tabell 2.3 Partialfaktor for materialegenskaper og bestandighet.

$$F_{fRd} := F_{vRk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = (1.089 \cdot 10^3) N$$

Dimensjonerende kapasiteten for et forbindelsesmiddel

(9.21) Den dimensjonerende kapasiteten for hver veggskive

$$F_{ivRd} := \frac{F_{fRd} \cdot b_i \cdot c_i}{s_d} = 49.5 \text{ kN}$$

TP.8

Navn på den mest belastede veggskiven i modellen i FEM-Design

$$L_{TP.8} := 7.906 \cdot m$$

Lengde av denne veggskiven

$$i := \text{round} \left(\text{floor} \left(\frac{L_{TP.8}}{1.5 \cdot m} \right), [1] \right) = [5]$$

Antall veggskiver i veggen, avrundet ned for å være på den sikre siden

$$F_{vRd} := \sum_{i=1}^5 F_{ivRd} = 247.5 \text{ kN}$$

(9.20) Den dimensjonerende kapasiteten til en vegg bygd opp av flere veggskiver
(Antar lik kapasitet til alle deler av veggskiven)

Maksimal trykkraft for randbjelke fra vedleggsdokumentet:

Liste Resultater TP.8 Alternativ A

$$N_{x'} := 243.025 \cdot \text{kN}$$

Kontroll av trykkraft på randbjelke etter: SINTEF

Byggforskblad 520.238 Skivekonstruksjoner av tre -
Håndberegning

SINTEF Byggforsk, 2011. *520.238 Skivekonstruksjoner av tre*. [Internett]
Available at: https://www.byggforsk.no/dokument/309/skivekonstruksjoner_av_tre#i42
[Funnet 14 April 2021].

Beregning av krefter i randbjelke - Innspent veggskive

Maksimalt bøyemoment hvor lasten antas å fordele seg likt over 12 skiver ($ql^2/8$ for hånd, forenklede verdier funnet i oversikten over lastene på konstruksjonen)

$$M_{maks} := \frac{\left(\left(\left(\left(2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 3.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \cdot (492 \text{ m}^2) \right) \cdot 8 \right) \cdot (7.906 \text{ m})^2 \right)}{12 \cdot 7.906 \text{ m}} = (1.88 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$b := 7906 \cdot \text{mm}$ Skivebredde

$h := 3000 \cdot \text{mm}$ Skivehøyde

$$N_c := \frac{M_{maks}}{b} = 237.8 \text{ kN} \quad \text{Trykkraft i randbjelkene}$$

$$N_t := \frac{M_{maks}}{b} = 237.8 \text{ kN} \quad \text{Strekraft i randbjelkene}$$

$$F_{ivEd} := \max(N_c, N_t, N_x) = 243.025 \text{ kN}$$

$$n := \begin{cases} 1 & \text{if } F_{vRd} \geq F_{ivEd} \\ 0 & \text{if } F_{vRd} < F_{ivEd} \end{cases} = 1 \quad \begin{array}{l} n=1, \text{ Kapasitet OK} \\ n=0, \text{ Kapasitet ikke OK} \end{array}$$

**Vedlegg I.6 – KONTROLL Dimensjonering av
knutepunkt, søyle mellom 1. og 2. etasje
Alternativ A og B**

ORIGIN := 1

KONTROLL Dimensjonering av knutepunkt, søyle mellom 1. og 2. etasje Alternativ A og B

NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010

Regnearket er en modifisert utgave av Per Otto Yttervoll sitt regneark for stål mot tre forbindelser, brukt i faget TBYG3011.

Antar i denne kontrollen at søylene mellom 1. og 2. etasje er koblet sammen med en dobbeltsnittet forbindelse av tre mot tynn stålplate.

Antar også i denne kontrollen at kun maksimal aksialkraft virker for enkelhets skyld i utregningene.

Ser på verdier fra toppen av den mest belastede søylen i alternativ A (C.19.1).

Maksimal aksialkraft på søylen ligger i dokumentet: Liste Resultater C.19.1 Alternativ A

$$N_{maks} := 455689.1 \cdot N$$

Maks Aksialkraft (Trykk)

Parameteren IOK settes til :

0 for vanlig trevirke

1 hvis det er limtre

$$IOK := 1$$

Parameteren IOD settes til :

1 for enkeltsnittet forbindelse

0 dobbeltsnittet forbindelse

$$IOD := 0$$

Parameteren IOT settes til :

0 for tynn stålplate

1 for tykk stålplate

$$IOT := 0$$

Inngangsdata

EN5 tabell 3.1

$$k_{mod} := 0.8$$

materialfaktor

$$\gamma_{M2} := 1.3 - 0.05 \cdot IOK = 1.25$$

GL32c

$$\rho_k := 400 \cdot \frac{kg}{m^3} \quad f_{c90k} := 2.5 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

retning

$$\alpha_1 := 180 \cdot deg$$

tykkelse tredeler

$$b_1 := 190 \cdot mm \quad b_2 := 0 \cdot mm$$

forbinderens diameter

$$d := 18 \cdot mm$$

stålplatens tykkelse

$$t_s := 4 \cdot mm$$

hullkantfasthet

$$f_{h0k} := 0.082 \cdot 10^6 \cdot \frac{m^2}{s^2} \cdot \left(1 - \frac{d}{100 \cdot mm}\right) \cdot \rho_k = 26.9 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$k_{90} := 1.35 - 0.05 \cdot IOK + 0.015 \cdot mm^{-1} \cdot d = 1.57$$

$$f_{h\alpha k}(\alpha) := \frac{f_{h0k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2}$$

Medvirkende taueffekt

$$tau := 0.25$$

bruddfasthet
til forbinderen

$$f_{uk} := 800 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Plastisk moment-
kapasitet til forbinder

$$M_{yRk} := 0.3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2.6} \cdot 1 \cdot mm^{0.4} = (4.405 \cdot 10^5) N \cdot mm$$

Boltens
aksialkapasitet

$$F_{axRk} := 0.75 \cdot \pi \cdot f_{c90k} \cdot \left((3d)^2 - (d + 1 \cdot mm)^2 \right) = 15.05 \cdot kN$$

Tverrkapasiteter - enkeltsnitt Kap 8.2.3 a,b,c,d,e i EN5

$$f_{hk} := f_{hak}(\alpha_1) = 26.896 \frac{N}{mm^2} \quad t_1 := b_1$$

$$\gamma_1 := \frac{M_{yRk}}{f_{hk} \cdot d \cdot t_1^2} = 0.025$$

TYNN STÅLPLATE

$$F_{v1Rk_1} := 0.4 f_{hk} \cdot t_1 \cdot d = 36.794 \text{ kN}$$

$$F_{v1Rk_2} := F_{v1Rk_1}$$

$$F_{v1Rk_3} := 1.15 \cdot \left(\sqrt{2 \cdot M_{yRk} \cdot f_{hk} \cdot d} \right) = 23.749 \text{ kN}$$

$$i := 1, 2 \dots 2 \quad F_{v1RTk_i} := F_{v1Rk_i}$$

$$F_{v1RTk_3} := F_{v1Rk_3} + \min(\tau \cdot F_{v1Rk_3}, 0.25 \cdot F_{axRk})$$

TYKK STÅLPLATE

$$F_{v2Rk_1} := f_{hk} \cdot t_1 \cdot d = 91.984 \text{ kN}$$

$$F_{v2Rk_2} := f_{hk} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + 4 \cdot \gamma_1} - 1 \right) = 41.339 \text{ kN}$$

$$F_{v2Rk_3} := 2.3 \cdot \left(\sqrt{M_{yRk} \cdot f_{hk} \cdot d} \right) = 33.587 \text{ kN}$$

$$F_{v2RTk_1} := F_{v2Rk_1}$$

$$i := 2, 3 \dots 3 \quad F_{v2RTk_i} := F_{v2Rk_i} + \min(\tau \cdot F_{v2Rk_i}, 0.25 \cdot F_{axRk})$$

$$i := 1, 2 \dots 3$$

$$F_{vSERk_i} := F_{v1Rk_i} \cdot (1 - IOT) + F_{v2Rk_i} \cdot IOT = \begin{bmatrix} 36.794 \\ 36.794 \\ 23.749 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

Dimensjonerende kapasitet pr. forbinder

$$F_{vd1} := \frac{\min(F_{vSERk}) \cdot k_{mod}}{\gamma_{M2}} = 15200 \text{ N}$$

Tverrkapasiteter - dobbeltsnitt Kap 8.2,3 f,g,h i EN5 STÅLPLATE I MIDTEN

$$f_{h1k} := f_{h\alpha k}(\alpha_1) = 26.896 \frac{N}{mm^2} \quad \alpha_1 = 180 \text{ deg}$$

$$M_{yRk} = 0.44 \text{ kN} \cdot m$$

$$t_1 := b_1 = 190 \text{ mm}$$

$$\gamma_1 := \frac{M_{yRk}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_1^2} = 0.025$$

$$F_{v3Rk_1} := f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d = 91.984 \text{ kN}$$

$$F_{v3Rk_2} := f_{h1k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + 4 \cdot \gamma_1} - 1 \right) = 41.339 \text{ kN}$$

$$F_{v3Rk_3} := 2.3 \cdot \left(\sqrt{M_{yRk} \cdot f_{h1k} \cdot d} \right) = 33.587 \text{ kN}$$

$$F_{vRDMk_1} := F_{v2Rk_1}$$

$$i := 2, 3 \dots 3 \quad F_{vRDMk_i} := F_{v2Rk_i} + \min \left(\tau_{au} \cdot F_{v2Rk_i}, 0.25 \cdot F_{axRk} \right)$$

$$F_{vRDMk} = \begin{bmatrix} 9.198 \cdot 10^4 \\ 4.51 \cdot 10^4 \\ 3.735 \cdot 10^4 \end{bmatrix} N$$

Dimensjonerende kapasitet pr. forbinder

$$F_{vd2} := \frac{2 \min(F_{vRDMk}) \cdot k_{mod}}{\gamma_{M2}} = 47807 \text{ N}$$

Tverrkapasiteter - dobbeltsnitt Kap 8.2.3 J/L,K,M i EN5 STÅLPLATE SOM YTTERDEL

$$f_{h2k} := f_{h\alpha k}(\alpha_1) = 26.896 \frac{N}{mm^2}$$

$$t_1 := b_1 = 190 \text{ mm}$$

$$\gamma_1 := \frac{M_{yRk}}{f_{h1k} \cdot d \cdot t_1^2} = 0.025$$

$$F_{v4Rk_1} := 0.5 f_{h2k} \cdot t_1 \cdot d = 45.992 \text{ kN}$$

$$F_{v4Rk_2} := 1.15 \cdot \left(\sqrt{(2 + 2 \text{ IOT}) \cdot M_{yRk} \cdot f_{h1k} \cdot d} \right) = 23.749 \text{ kN}$$

$$F_{vRDk_1} := F_{v4Rk_1} = 45.992 \text{ kN}$$

$$F_{vRDk_2} := F_{v2Rk_2} + \min(\tau \cdot F_{v4Rk_2}, 0.25 \cdot F_{axRk}) = 45.102 \text{ kN}$$

$$F_{vRDk} = \begin{bmatrix} 4.599 \cdot 10^4 \\ 4.51 \cdot 10^4 \end{bmatrix} \text{ N}$$

Dimensjonerende kapasitet pr. forbinder

$$F_{vd3} := \frac{2 \min(F_{vRDk}) \cdot k_{mod}}{\gamma_{M2}} = 57730 \text{ N}$$

Bruddform: k

Nødvendig antall bolter $n_b := \frac{N_{maks}}{F_{vd3}} = 7.893$

Prøver 2 rader med 4 bolter $n_{rad} := 2$ $nsd := 8$

Vinkel mellom kraft og fiberretning $\alpha := 0 \cdot deg$

Opptredende/valgte kant- og endeavstander

Minimumskrav til kant- og endeavstander for bolter (Tabell 8.4)

$$a_1 := 90 \cdot mm$$

$$(4 + \cos(\alpha)) \cdot d = 90 \cdot mm$$

$$a_2 := 72 \cdot mm$$

$$4 \cdot d = 72 \cdot mm$$

$$a_{3t} := 130 \cdot mm$$

$$\max(7 \cdot d, 80 \cdot mm) = 126 \cdot mm$$

$$a_{4c} := \frac{180 \cdot mm - a_2}{2} = 54 \cdot mm$$

$$3 \cdot d = 54 \cdot mm$$

Kapasitet er OK. Avstander er OK.

**Vedlegg I.7 – Kontroll av dimensjonert skive
(TP.8) Alternativ B**

TP.8 Maximum of load combinations

18mm KF TG 2059

Service class: 1, $V_{M,ult.} = 1.30$, $V_{M,acc./seis.} = 1.00$, $k_{sys} = 1.00$

t	=	18 mm	$f_{m,0,k}$	=	22.20 N/mm ²
$E_{0,mean}$	=	8889.00 N/mm ²	$f_{m,90,k}$	=	11.70 N/mm ²
$E_{90,mean}$	=	3111.00 N/mm ²	$f_{t,0,k}$	=	12.00 N/mm ²
$E_{0,t}$	=	8000.00 N/mm ²	$f_{t,90,k}$	=	6.00 N/mm ²
$E_{90,t}$	=	4000.00 N/mm ²	$f_{c,0,k}$	=	20.00 N/mm ²
$E_{0,c}$	=	8000.00 N/mm ²	$f_{c,90,k}$	=	10.00 N/mm ²
$E_{90,c}$	=	4000.00 N/mm ²	$f_{v,k}$	=	3.50 N/mm ²
G_0	=	350.00 N/mm ²	$f_{r,0,k}$	=	1.73 N/mm ²
G_{90}	=	71.10 N/mm ²	$f_{r,90,k}$	=	0.62 N/mm ²

Tension and bending, y - 6.2.3

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC6ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 3.46; 2.00}

$$\frac{|\sigma_{t,90,d}|}{f_{td,y}} + \frac{|\sigma_{m,y}|}{f_{md,y}} = \frac{|0.24|}{4.15} + \frac{|-0.01|}{8.10} = 0.06 \leq 1.00 \quad (6.17) - OK$$

Compression and bending, x - 6.1.4, 6.2.4

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC8ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 3.95; 3.00}

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{cd,x}} = \frac{13.43}{13.85} = 0.97 \leq 1.00 \quad (6.2) - OK$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{cd,x}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,x}}{f_{md,x}} = \left(\frac{13.43}{13.85}\right)^2 + \frac{0.28}{15.37} = 0.96 \leq 1.00 \quad (6.19) - OK$$

Compression and bending, y - 6.1.4, 6.2.4

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC8ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 0.00; 3.00}

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{cd,y}} = \frac{0.39}{6.92} = 0.06 \leq 1.00 \quad (6.2) - OK$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{cd,y}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y}}{f_{md,y}} = \left(\frac{0.39}{6.92}\right)^2 + \frac{0.01}{8.10} = 0.00 \leq 1.00 \quad (6.19) - OK$$

Shear, xy - 6.1.7

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC8ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 0.60; 3.00}

$$\frac{T_{xy}}{1000 \text{ mm} \cdot t \cdot f_{v,d}} = \frac{7852.32}{1000 \text{ mm} \cdot 18 \cdot 2.42} = 0.18 \leq 1.00 \quad (6.13) - OK$$

Shear, xz - 6.1.7

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC22ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 0.00; 3.00}

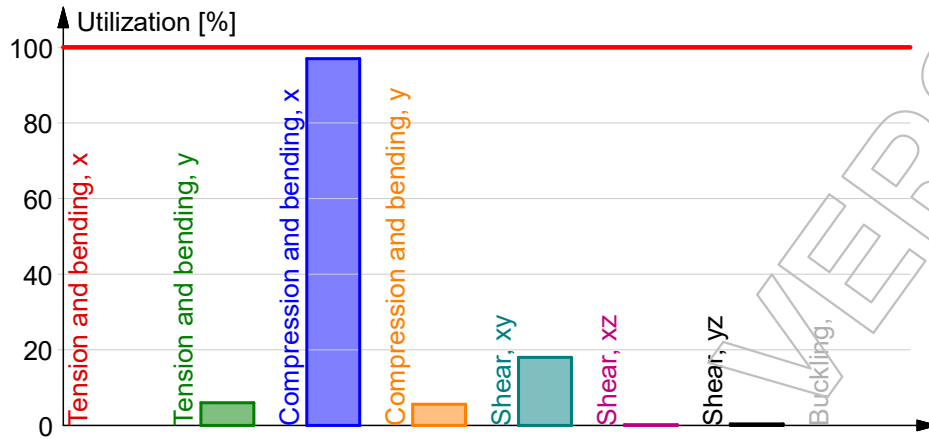
$$\frac{1.50 \cdot T_{xz}}{1000 \text{ mm} \cdot t \cdot f_{r,d,x}} = \frac{1.50 \cdot 23.02}{1000 \text{ mm} \cdot 18 \cdot 1.20} = 0.00 \leq 1.00 \quad (6.13) - OK$$

Shear, yz - 6.1.7

Panel: 'TP.8.1', LC: 'LC22ULS', $k_{mod} = 0.90$, Coordinates [m]:{ 13.73; 0.00; 2.75}

$$\frac{1.50 \cdot T_{yz}}{1000 \text{ mm} \cdot t \cdot f_{r,d,y}} = \frac{1.50 \cdot 18.62}{1000 \text{ mm} \cdot 18 \cdot 0.43} = 0.00 \leq 1.00 \quad (6.13) - \text{OK}$$

Summary



**Vedlegg I.8 – Kontroll av dimensjonert søyle
(C.20.1) Alternativ B**

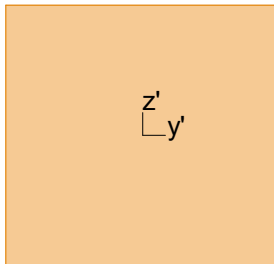
C.20.1 Maximum of load combinations

GL 32c

(Glued laminated), Service class 1

$E_{0,05}$	=	11200 N/mm ²	$f_{t,90,k}$	=	0.50 N/mm ²
$G_{0,05}$	=	540 N/mm ²	$f_{c,0,k}$	=	24.50 N/mm ²
Y_M	=	1.15	$f_{c,90,k}$	=	2.50 N/mm ²
$Y_{M,acc./seis.}$	=	1.00	$f_{v,k}$	=	3.50 N/mm ²
k_{sys}	=	1.00			

Glulam 190x180



A	=	34200 mm ²	$f_{t,0,k}$	=	21.45 N/mm ²
W_1	=	1.083e+06 mm ³	$f_{m,1,k}$	=	35.20 N/mm ²
W_2	=	1.026e+06 mm ³	$f_{m,2,k}$	=	35.20 N/mm ²
i_1	=	55 mm			
i_2	=	52 mm			
I_2	=	9.234e+07 mm ⁴			
I_t	=	1.642e+08 mm ⁴			

Combined bending and axial tension - 6.2.3

Not relevant

Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

LC: 'LC8ULS', $k_{mod} = 0.90$, $x = 0.00$ mm

$$\sigma_{c,0,d} = 14.40 \text{ N/mm}^2 \leq f_{c,0,d} = 19.17 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{14.40}{19.17} \right)^2 + \frac{0.37}{27.55} + 0.70 \frac{0.17}{27.55} = 0.58 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{14.40}{19.17} \right)^2 + 0.70 \frac{0.37}{27.55} + \frac{0.17}{27.55} = 0.58 \leq 1.00 \quad (6.20) - \text{OK}$$

Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8

LC: 'LC22ULS', $k_{mod} = 0.90$, $x = 3000.00$ mm

$$\tau_d = 0.26 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 2.74 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2

LC: 'LC8ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 0.00$ mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_1 = \frac{l_0}{i_1} = \frac{3000}{55} = 54.70$$

$$\lambda_{\text{rel},1} = \frac{\lambda_1}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{54.70}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{11200}} = 0.814 \quad (6.21)$$

$$k_1 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},1} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},1}^2 \right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.814 - 0.3) + 0.814^2 \right) = 0.857 \quad (6.27)$$

$$k_{c,1} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 - \lambda_{\text{rel},1}^2}} = \frac{1}{0.857 + \sqrt{0.857^2 - 0.814^2}} = 0.889 \quad (6.25)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,1} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{14.40}{0.889 \cdot 19.17} + \frac{0.37}{27.55} + 0.70 \cdot \frac{0.17}{27.55} = 0.86 \leq 1.00 \quad (6.23) - \text{OK}$$

Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2

LC: 'LC8ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 0.00$ mm

$$\beta_c = 0.1 \quad (6.29)$$

$$\lambda_2 = \frac{l_0}{i_2} = \frac{3000}{52} = 57.74$$

$$\lambda_{\text{rel},2} = \frac{\lambda_2}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{57.74}{\pi} \sqrt{\frac{24.50}{11200}} = 0.860 \quad (6.22)$$

$$k_2 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},2} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},2}^2 \right) = 0.5 \left(1 + 0.1 (0.860 - 0.3) + 0.860^2 \right) = 0.897 \quad (6.28)$$

$$k_{c,2} = \frac{1}{k_2 + \sqrt{k_2^2 - \lambda_{\text{rel},2}^2}} = \frac{1}{0.897 + \sqrt{0.897^2 - 0.860^2}} = 0.866 \quad (6.26)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{14.40}{0.866 \cdot 19.17} + 0.70 \cdot \frac{0.37}{27.55} + \frac{0.17}{27.55} = 0.88 \leq 1.00 \quad (6.24) - \text{OK}$$

Lateral torsional buckling - 6.3.3

LC: 'LC8ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 0.00$ mm

$$l_{\text{ef}} = l / \frac{12.5 \cdot M_{\text{max}}}{2.5 \cdot M_{\text{max}} + 3 \cdot M_2 + 4 \cdot M_3 + 3 \cdot M_4} + 2 \cdot h = 3000 / \frac{12.5 \cdot 0.41}{2.5 \cdot 0.41 + 3 \cdot 0.13 + 4 \cdot 0.04 + 3 \cdot 0.06} + 2 \cdot 190 = 1421 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,\text{crit}} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} \cdot I_2 \cdot G_{0,05} \cdot I_t}}{l_{\text{ef}} \cdot W_1} = \frac{\pi \sqrt{11200 \cdot 9.234e+07 \cdot 540 \cdot 1.642e+08}}{1421 \cdot 1.083e+06} = 618.29 \text{ N/mm}^2 \quad (6.31)$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{f_{m,1,k}}{\sigma_{m,\text{crit}}}} = \sqrt{\frac{32.00}{618.29}} = 0.227 \quad (6.30)$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = 0.227 \leq 0.75 \rightarrow k_{\text{crit}} = 1.000 \quad (6.34)$$

$$\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,1,d}} = \frac{0.37}{1.000 \cdot 27.55} = 0.01 \leq 1.00 \quad (6.33) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,1,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{0.37}{1.000 \cdot 27.55} \right)^2 + \frac{14.40}{0.87 \cdot 19.17} = 0.87 \leq 1.00 \quad (6.35) - \text{OK}$$

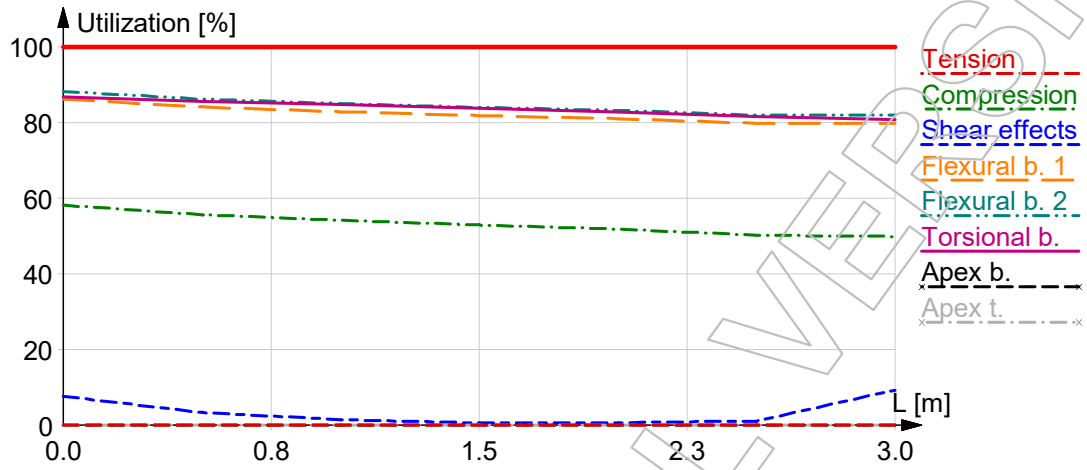
Bending at apex - 6.4.3

Not relevant

Tension at apex - 6.4.3

Not relevant

Summary



Vedlegg I.9 – Liste Resultater C.20.1 Alternativ B

Max. of load combinations, Bars, Internal forces, MinMax, Ultimate - for selected objects

Max.	ID	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	x	Comb
[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[mm]	[-]
N (+)	C.20.1	-381286.396	135.362	-680.912	-19080.455	86365.019	206621.003	2750.000	LC23ULS
Ty' (+)	C.20.1	-448879.771	1010.984	1967.634	11727.346	-348750.122	789913.019	0.000	LC24ULS
Tz' (+)	C.20.1	-442177.079	-505.481	2312.301	13631.385	-824866.506	-40628.788	0.000	LC21ULS
Mt (+)	C.20.1	-383772.161	-1036.681	-48.547	19478.506	-69742.475	-120952.123	625.000	LC23ULS
My' (+)	C.20.1	-392104.532	-736.557	-2951.155	3811.654	957342.395	-181493.504	0.000	LC22ULS
Mz' (+)	C.20.1	-448879.771	1010.984	1967.634	11727.346	-348750.122	789913.019	0.000	LC24ULS
N (-)	C.20.1	-492359.868	250.909	1023.505	11883.933	-177617.213	405571.703	0.000	LC8ULS
Ty' (-)	C.20.1	-385225.356	-2714.888	-2677.257	8889.730	491963.542	-1210145.278	0.000	LC23ULS
Tz' (-)	C.20.1	-387922.183	-164.921	-4407.155	-15089.476	-1036219.444	206878.479	3000.000	LC22ULS
Mt (-)	C.20.1	-381805.822	111.877	-108.952	-19347.713	134146.825	181476.848	2625.000	LC23ULS
My' (-)	C.20.1	-387922.183	-164.921	-4407.155	-15089.476	-1036219.444	206878.479	3000.000	LC22ULS
Mz' (-)	C.20.1	-385225.356	-2714.888	-2677.257	8889.730	491963.542	-1210145.278	0.000	LC23ULS

Max. of load combinations, Bars, Internal forces, MinMax, Frequent - for selected objects

Max.	ID	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	x	Comb
[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[mm]	[-]
N (+)	C.20.1	-237796.370	-48.671	-1090.758	-7185.288	-147294.806	134408.888	3000.000	LC7SfLS
Ty' (+)	C.20.1	-251394.386	16.679	-27.672	591.944	145.635	28514.628	1250.000	LC8SfLS
Tz' (+)	C.20.1	-255579.503	-403.371	348.478	6164.613	-115376.935	-76999.420	0.000	LC5SfLS
Mt (+)	C.20.1	-246372.768	-293.125	-28.207	6329.956	-739.490	-15091.064	500.000	LC7SfLS
My' (+)	C.20.1	-248905.481	-434.659	-331.211	4895.930	119229.543	-95795.226	0.000	LC6SfLS
Mz' (+)	C.20.1	-263310.738	-125.707	-987.400	-7597.671	-128751.010	148480.788	3000.000	LC1SfLS
N (-)	C.20.1	-277091.977	-466.201	13.022	6122.821	1147.397	-97103.370	0.000	LC1SfLS
Ty' (-)	C.20.1	-247994.040	-697.730	-300.517	5611.389	58557.957	-232429.977	0.000	LC7SfLS
Tz' (-)	C.20.1	-238629.431	-112.038	-1306.218	-7434.480	-233608.826	133200.225	3000.000	LC6SfLS
Mt (-)	C.20.1	-263310.738	-125.707	-987.400	-7597.671	-128751.010	148480.788	3000.000	LC1SfLS
My' (-)	C.20.1	-238629.431	-112.038	-1306.218	-7434.480	-233608.826	133200.225	3000.000	LC6SfLS
Mz' (-)	C.20.1	-247994.040	-697.730	-300.517	5611.389	58557.957	-232429.977	0.000	LC7SfLS

Max. of load combinations, Bars, End forces, Ultimate - for selected objects

ID	End	Max.	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	Comb
[-]	[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[-]
C.20.1	Start (+)	N	-385225.356	-2714.888	-2677.257	8889.730	491963.542	-1210145.278	LC23ULS
		Ty'	-448879.771	1010.984	1967.634	11727.346	-348750.122	789913.019	LC24ULS
		Tz'	-442177.079	-505.481	2312.301	13631.385	-824866.506	-40628.788	LC21ULS
		Mt	-442177.079	-505.481	2312.301	13631.385	-824866.506	-40628.788	LC21ULS
		My'	-392104.532	-736.557	-2951.155	3811.654	957342.395	-181493.504	LC22ULS
		Mz'	-448879.771	1010.984	1967.634	11727.346	-348750.122	789913.019	LC24ULS
	End (+)	N	-381662.982	305.894	-2842.288	-13465.237	-391367.406	220129.976	LC23ULS
		Ty'	-381662.982	305.894	-2842.288	-13465.237	-391367.406	220129.976	LC23ULS
		Tz'	-404655.512	-233.334	1811.054	-6531.031	734159.095	238220.782	LC21ULS
		Mt	-411149.030	180.273	325.127	-2465.900	108670.467	-32220.580	LC24ULS
		My'	-404655.512	-233.334	1811.054	-6531.031	734159.095	238220.782	LC21ULS
		Mz'	-454473.470	-237.353	384.704	-9840.673	356379.566	261376.397	LC5ULS
	Start (-)	N	-492359.868	250.909	1023.505	11883.933	-177617.213	405571.703	LC8ULS
		Ty'	-385225.356	-2714.888	-2677.257	8889.730	491963.542	-1210145.278	LC23ULS
Tz'		-392104.532	-736.557	-2951.155	3811.654	957342.395	-181493.504	LC22ULS	
Mt		-392104.532	-736.557	-2951.155	3811.654	957342.395	-181493.504	LC22ULS	
My'		-442177.079	-505.481	2312.301	13631.385	-824866.506	-40628.788	LC21ULS	
Mz'		-385225.356	-2714.888	-2677.257	8889.730	491963.542	-1210145.278	LC23ULS	

ID	End	Max.	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	Comb
[-]	[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[-]
	End (-)	N	-458369.580	10.811	-506.852	-7401.595	-18913.610	99111.579	LC8UULS
		Ty'	-454473.470	-237.353	384.704	-9840.673	356379.566	261376.397	LC5UULS
		Tz'	-387922.183	-164.921	-4407.155	-15089.476	-1036219.444	206878.479	LC22UULS
		Mt	-387922.183	-164.921	-4407.155	-15089.476	-1036219.444	206878.479	LC22UULS
		My'	-387922.183	-164.921	-4407.155	-15089.476	-1036219.444	206878.479	LC22UULS
		Mz'	-411149.030	180.273	325.127	-2465.900	108670.467	-32220.580	LC24UULS

Max. of load combinations, Bars, End forces, Frequent - for selected objects

ID	End	Max.	N	Ty'	Tz'	Mt	My'	Mz'	Comb
[-]	[-]	[-]	[N]	[N]	[N]	[Nmm]	[Nmm]	[Nmm]	[-]
C.20.1	Start (+)	N	-247994.040	-697.730	-300.517	5611.389	58557.957	-232429.977	LC7SfLS
		Ty'	-256467.304	-201.766	308.570	5872.402	-53287.690	33254.163	LC8SfLS
		Tz'	-255579.503	-403.371	348.478	6164.613	-115376.935	-76999.420	LC5SfLS
		Mt	-255579.503	-403.371	348.478	6164.613	-115376.935	-76999.420	LC5SfLS
		My'	-248905.481	-434.659	-331.211	4895.930	119229.543	-95795.226	LC6SfLS
		Mz'	-256467.304	-201.766	308.570	5872.402	-53287.690	33254.163	LC8SfLS
	End (+)	N	-237796.370	-48.671	-1090.758	-7185.288	-147294.806	134408.888	LC7SfLS
		Ty'	-237796.370	-48.671	-1090.758	-7185.288	-147294.806	134408.888	LC7SfLS
		Tz'	-240862.899	-121.287	-487.422	-6331.173	933.011	137484.424	LC5SfLS
		Mt	-241726.935	-66.326	-691.347	-5816.330	-82706.844	101827.726	LC8SfLS
		My'	-240862.899	-121.287	-487.422	-6331.173	933.011	137484.424	LC5SfLS
		Mz'	-263310.738	-125.707	-987.400	-7597.671	-128751.010	148480.788	LC1SfLS
	Start (-)	N	-277091.977	-466.201	13.022	6122.821	1147.397	-97103.370	LC1SfLS
		Ty'	-247994.040	-697.730	-300.517	5611.389	58557.957	-232429.977	LC7SfLS
		Tz'	-248905.481	-434.659	-331.211	4895.930	119229.543	-95795.226	LC6SfLS
		Mt	-248905.481	-434.659	-331.211	4895.930	119229.543	-95795.226	LC6SfLS
		My'	-255579.503	-403.371	348.478	6164.613	-115376.935	-76999.420	LC5SfLS
		Mz'	-247994.040	-697.730	-300.517	5611.389	58557.957	-232429.977	LC7SfLS
	End (-)	N	-263310.738	-125.707	-987.400	-7597.671	-128751.010	148480.788	LC1SfLS
		Ty'	-263310.738	-125.707	-987.400	-7597.671	-128751.010	148480.788	LC1SfLS
		Tz'	-238629.431	-112.038	-1306.218	-7434.480	-233608.826	133200.225	LC6SfLS
		Mt	-263310.738	-125.707	-987.400	-7597.671	-128751.010	148480.788	LC1SfLS
		My'	-238629.431	-112.038	-1306.218	-7434.480	-233608.826	133200.225	LC6SfLS
		Mz'	-241726.935	-66.326	-691.347	-5816.330	-82706.844	101827.726	LC8SfLS

Max. of load combinations, Bars, Stresses Sigma x' (+), Ultimate - for selected objects

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
C.20.1	-6.994	0.000	LC23UULS
	-7.348	125.000	LC23UULS
	-7.348	125.000	LC23UULS
	-7.551	250.000	LC23UULS
	-7.551	250.000	LC23UULS
	-7.680	375.000	LC23UULS
	-7.680	375.000	LC23UULS
	-7.758	500.000	LC23UULS
	-7.758	500.000	LC23UULS
	-7.825	625.000	LC23UULS
	-7.825	625.000	LC23UULS
	-7.871	750.000	LC23UULS
	-7.871	750.000	LC23UULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-7.899	875.000	LC23UULS
	-7.899	875.000	LC23UULS
	-7.889	1000.000	LC23UULS
	-7.889	1000.000	LC23UULS
	-7.881	1125.000	LC23UULS
	-7.881	1125.000	LC23UULS
	-7.879	1250.000	LC23UULS
	-7.879	1250.000	LC23UULS
	-7.877	1375.000	LC23UULS
	-7.877	1375.000	LC23UULS
	-7.876	1500.000	LC23UULS
	-7.876	1500.000	LC23UULS
	-7.871	1625.000	LC23UULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-7.871	1625.000	LC23ULS
	-7.865	1750.000	LC23ULS
	-7.865	1750.000	LC23ULS
	-7.853	1875.000	LC23ULS
	-7.853	1875.000	LC23ULS
	-7.837	2000.000	LC23ULS
	-7.837	2000.000	LC23ULS
	-7.833	2125.000	LC23ULS
	-7.833	2125.000	LC23ULS
	-7.841	2250.000	LC23ULS
	-7.841	2250.000	LC23ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-7.787	2375.000	LC23ULS
	-7.787	2375.000	LC23ULS
	-7.748	2500.000	LC23ULS
	-7.748	2500.000	LC23ULS
	-7.714	2625.000	LC23ULS
	-7.714	2625.000	LC23ULS
	-7.715	2750.000	LC23ULS
	-7.715	2750.000	LC23ULS
	-7.652	2875.000	LC22ULS
	-7.652	2875.000	LC22ULS
	-7.329	3000.000	LC22ULS

Max. of load combinations, Bars, Stresses Sigma x' (+), Frequent - for selected objects

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
C.20.1	-4.960	0.000	LC7SfLS
	-5.016	125.000	LC7SfLS
	-5.016	125.000	LC7SfLS
	-5.043	250.000	LC7SfLS
	-5.043	250.000	LC7SfLS
	-5.071	375.000	LC7SfLS
	-5.071	375.000	LC7SfLS
	-5.075	500.000	LC6SfLS
	-5.075	500.000	LC6SfLS
	-5.071	625.000	LC6SfLS
	-5.071	625.000	LC6SfLS
	-5.068	750.000	LC6SfLS
	-5.068	750.000	LC6SfLS
	-5.059	875.000	LC7SfLS
	-5.059	875.000	LC7SfLS
	-5.052	1000.000	LC7SfLS
	-5.052	1000.000	LC7SfLS
	-5.044	1125.000	LC7SfLS
	-5.044	1125.000	LC7SfLS
	-5.038	1250.000	LC7SfLS
	-5.038	1250.000	LC7SfLS
	-5.030	1375.000	LC7SfLS
	-5.030	1375.000	LC7SfLS
	-5.022	1500.000	LC7SfLS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-5.022	1500.000	LC7SfLS
	-5.011	1625.000	LC7SfLS
	-5.011	1625.000	LC7SfLS
	-4.999	1750.000	LC7SfLS
	-4.999	1750.000	LC7SfLS
	-4.983	1875.000	LC7SfLS
	-4.983	1875.000	LC7SfLS
	-4.965	2000.000	LC7SfLS
	-4.965	2000.000	LC7SfLS
	-4.955	2125.000	LC7SfLS
	-4.955	2125.000	LC7SfLS
	-4.953	2250.000	LC7SfLS
	-4.953	2250.000	LC7SfLS
	-4.915	2375.000	LC7SfLS
	-4.915	2375.000	LC7SfLS
	-4.887	2500.000	LC7SfLS
	-4.887	2500.000	LC7SfLS
	-4.862	2625.000	LC7SfLS
	-4.862	2625.000	LC7SfLS
	-4.850	2750.000	LC7SfLS
	-4.850	2750.000	LC7SfLS
	-4.834	2875.000	LC6SfLS
	-4.834	2875.000	LC6SfLS
	-4.727	3000.000	LC6SfLS

Max. of load combinations, Bars, Stresses Sigma x' (-), Ultimate - for selected objects

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
C.20.1	-10.510	0.000	LC8ULS
	-10.373	125.000	LC8ULS
	-10.373	125.000	LC8ULS
	-10.276	250.000	LC8ULS
	-10.276	250.000	LC8ULS
	-10.236	375.000	LC8ULS
	-10.236	375.000	LC8ULS
	-10.183	500.000	LC8ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-10.183	500.000	LC8ULS
	-10.134	625.000	LC8ULS
	-10.134	625.000	LC8ULS
	-10.088	750.000	LC8ULS
	-10.088	750.000	LC8ULS
	-10.047	875.000	LC8ULS
	-10.047	875.000	LC8ULS
	-10.008	1000.000	LC8ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-10.008	1000.000	LC8ULS
	-9.971	1125.000	LC8ULS
	-9.971	1125.000	LC8ULS
	-9.935	1250.000	LC8ULS
	-9.935	1250.000	LC8ULS
	-9.902	1375.000	LC8ULS
	-9.902	1375.000	LC8ULS
	-9.879	1500.000	LC8ULS
	-9.879	1500.000	LC8ULS
	-9.857	1625.000	LC8ULS
	-9.857	1625.000	LC8ULS
	-9.836	1750.000	LC8ULS
	-9.836	1750.000	LC8ULS
	-9.817	1875.000	LC8ULS
	-9.817	1875.000	LC8ULS
	-9.798	2000.000	LC8ULS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-9.798	2000.000	LC8ULS
	-9.756	2125.000	LC8ULS
	-9.756	2125.000	LC8ULS
	-9.680	2250.000	LC8ULS
	-9.680	2250.000	LC8ULS
	-9.673	2375.000	LC8ULS
	-9.673	2375.000	LC8ULS
	-9.650	2500.000	LC8ULS
	-9.650	2500.000	LC8ULS
	-9.642	2625.000	LC5ULS
	-9.642	2625.000	LC5ULS
	-9.649	2750.000	LC5ULS
	-9.649	2750.000	LC5ULS
	-9.689	2875.000	LC5ULS
	-9.689	2875.000	LC5ULS
	-9.742	3000.000	LC5ULS

Max. of load combinations, Bars, Stresses Sigma x' (-), Frequent - for selected objects

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
C.20.1	-5.785	0.000	LC1SfLS
	-5.740	125.000	LC1SfLS
	-5.740	125.000	LC1SfLS
	-5.710	250.000	LC1SfLS
	-5.710	250.000	LC1SfLS
	-5.705	375.000	LC1SfLS
	-5.705	375.000	LC1SfLS
	-5.702	500.000	LC1SfLS
	-5.702	500.000	LC1SfLS
	-5.698	625.000	LC1SfLS
	-5.698	625.000	LC1SfLS
	-5.691	750.000	LC1SfLS
	-5.691	750.000	LC1SfLS
	-5.682	875.000	LC1SfLS
	-5.682	875.000	LC1SfLS
	-5.672	1000.000	LC1SfLS
	-5.672	1000.000	LC1SfLS
	-5.664	1125.000	LC1SfLS
	-5.664	1125.000	LC1SfLS
	-5.654	1250.000	LC1SfLS
	-5.654	1250.000	LC1SfLS
	-5.645	1375.000	LC1SfLS
	-5.645	1375.000	LC1SfLS
	-5.636	1500.000	LC1SfLS

ID	Sigma x'	x	Comb
[-]	[N/mm2]	[mm]	[-]
	-5.636	1500.000	LC1SfLS
	-5.627	1625.000	LC1SfLS
	-5.627	1625.000	LC1SfLS
	-5.618	1750.000	LC1SfLS
	-5.618	1750.000	LC1SfLS
	-5.612	1875.000	LC1SfLS
	-5.612	1875.000	LC1SfLS
	-5.605	2000.000	LC1SfLS
	-5.605	2000.000	LC1SfLS
	-5.586	2125.000	LC1SfLS
	-5.586	2125.000	LC1SfLS
	-5.555	2250.000	LC1SfLS
	-5.555	2250.000	LC1SfLS
	-5.564	2375.000	LC1SfLS
	-5.564	2375.000	LC1SfLS
	-5.560	2500.000	LC1SfLS
	-5.560	2500.000	LC1SfLS
	-5.556	2625.000	LC1SfLS
	-5.556	2625.000	LC1SfLS
	-5.538	2750.000	LC1SfLS
	-5.538	2750.000	LC1SfLS
	-5.522	2875.000	LC1SfLS
	-5.522	2875.000	LC1SfLS
	-5.600	3000.000	LC1SfLS

Vedlegg I.10 – Liste Resultater TP.8 Alternativ B

Max. of load combinations, Shells, Internal forces (Extract), Ultimate - for selected objects

ID	Max.	Elem	Node	Mx'	My'	Mx'y'	Nx'	Ny'	Nx'y'	Tx'z'
[-]	[-]	[-]	[-]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
TP.8.1	Mx' (+)	913	109794	9.468	0.000	0.000	-206.403	0.135	-0.503	0.009
	My' (+)	874	108092	0.609	0.928	-0.167	-96.029	1.068	-5.241	-0.009
	Mx'y' (+)	976	111796	-2.143	-0.715	0.920	-103.742	0.511	3.362	0.006
	Nx' (+)	979	107516	-1.139	-0.507	-0.633	-64.701	-4.278	-2.661	0.008
	Ny' (+)	891	109598	-8.486	-0.566	0.000	-234.073	4.373	-1.351	0.009
	Nx'y' (+)	907	111015	-3.980	0.000	0.341	-155.046	-1.103	5.414	0.001
	Tx'z' (+)	979	107516	-2.638	-1.336	-1.451	-66.120	-5.791	-3.536	0.023
	Ty'z' (+)	977	107512	-0.919	-0.128	-0.290	-85.006	2.837	-3.625	0.015
	Mx' (-)	879	109798	-17.220	-0.016	0.037	-239.656	1.618	-0.381	0.009
	My' (-)	874	108092	-4.408	-1.629	-0.544	-90.065	1.083	-5.333	0.013
	Mx'y' (-)	979	107516	-2.638	-1.336	-1.451	-66.120	-5.791	-3.536	0.023
	Nx' (-)	879	109798	-15.384	-0.016	0.037	-241.806	1.575	-1.176	0.008
	Ny' (-)	979	107516	-1.282	-0.582	-0.728	-79.868	-7.027	-4.339	0.009
	Nx'y' (-)	874	108407	-4.171	0.033	-0.469	-131.604	1.051	-7.696	0.001
	Tx'z' (-)	976	111401	5.465	0.050	0.209	-144.924	0.818	2.274	-0.018
	Ty'z' (-)	966	107484	1.163	0.142	-0.004	-87.504	-3.884	-2.183	0.008

Ty'z'	Comb
[N/mm]	[-]
0.000	LC22ULS
-0.000	LC21ULS
-0.001	LC22ULS
0.000	LC23ULS
0.000	LC6ULS
-0.000	LC23ULS
0.004	LC22ULS
0.019	LC22ULS
0.000	LC6ULS
-0.002	LC22ULS
0.004	LC22ULS
0.000	LC8ULS
-0.000	LC8ULS
0.001	LC8ULS
-0.001	LC21ULS
-0.012	LC22ULS

Max. of load combinations, Shells, Internal forces (Extract), Frequent - for selected objects

ID	Max.	Elem	Node	Mx'	My'	Mx'y'	Nx'	Ny'	Nx'y'	Tx'z'
[-]	[-]	[-]	[-]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
TP.8.1	Mx' (+)	913	109794	4.456	0.000	0.000	-140.934	0.090	-0.346	0.005
	My' (+)	870	111138	-0.787	0.185	0.073	-90.177	0.359	2.004	-0.000
	Mx'y' (+)	976	111796	-0.395	-0.203	0.281	-68.080	0.469	1.548	0.004

Ty'z'	Comb
[N/mm]	[-]
0.000	LC1SfLS
-0.000	LC5SfLS
0.000	LC6SfLS

ID	Max.	Elem	Node	Mx'	My'	Mx'y'	Nx'	Ny'	Nx'y'	Tx'z'
[-]	[-]	[-]	[-]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[Nmm/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]	[N/mm]
	Nx' (+)	979	107516	-0.708	-0.318	-0.401	-42.668	-3.417	-1.944	0.005
	Ny' (+)	891	109598	-4.820	-0.348	0.000	-139.869	2.631	-0.789	0.005
	Nx'y' (+)	907	111015	-2.645	0.000	0.252	-107.992	0.515	2.727	0.001
	Tx'z' (+)	977	107512	-0.430	-0.018	-0.162	-51.444	1.790	-2.297	0.007
	Ty'z' (+)	977	107512	-0.430	-0.018	-0.162	-51.444	1.790	-2.297	0.007
	Mx' (-)	879	109798	-9.418	-0.013	0.023	-143.181	0.965	-0.202	0.005
	My' (-)	979	107516	-0.911	-0.415	-0.506	-42.871	-3.621	-2.060	0.007
	Mx'y' (-)	979	107516	-0.911	-0.415	-0.506	-42.871	-3.621	-2.060	0.007
	Nx' (-)	879	109798	-9.418	-0.013	0.023	-143.181	0.965	-0.202	0.005
	Ny' (-)	979	107516	-0.779	-0.352	-0.443	-47.377	-3.990	-2.270	0.005
	Nx'y' (-)	874	108407	-2.549	0.020	-0.288	-75.767	0.607	-4.259	0.001
	Tx'z' (-)	976	111401	0.318	0.024	0.158	-85.445	0.460	1.663	-0.003
	Ty'z' (-)	976	111792	-0.009	-0.017	0.115	-80.773	0.086	1.034	0.004

Ty'z'	Comb
[N/mm]	[-]
-0.000	LC7SfLS
0.000	LC1SfLS
-0.000	LC1SfLS
0.005	LC6SfLS
0.005	LC6SfLS
0.000	LC1SfLS
0.000	LC6SfLS
0.000	LC6SfLS
0.000	LC1SfLS
-0.000	LC1SfLS
0.001	LC1SfLS
-0.000	LC5SfLS
-0.003	LC6SfLS

Max. of load combinations, Shells, Stresses, membrane (Extract), Ultimate - for selected objects

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
TP.8.1	Sigma x' (+)	Top	979	107516	-2.186	-0.184	-0.108	0.001	0.000	2.109
		Membrane	979	107516	-2.204	-0.193	-0.118	0.001	0.000	2.124
		Bottom	979	107516	-2.222	-0.202	-0.128	0.001	0.000	2.139
	Sigma y' (+)	Top	979	107516	-2.149	-0.139	-0.084	0.000	0.000	2.088
		Membrane	979	107516	-2.157	-0.143	-0.089	0.000	0.000	2.095
		Bottom	979	107516	-2.164	-0.146	-0.093	0.000	0.000	2.101
	Tau x'y' (+)	Top	891	109598	-7.746	0.150	-0.045	0.000	0.000	7.822

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
-0.178	-2.192	LC22ULS
-0.186	-2.211	LC22ULS
-0.194	-2.230	LC22ULS
-0.136	-2.153	LC23ULS
-0.139	-2.161	LC23ULS
-0.142	-2.169	LC23ULS
0.150	-7.746	LC6ULS

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
		Membrane	891	109598	-7.802	0.146	-0.045	0.000	0.000	7.877
		Bottom	891	109598	-7.859	0.142	-0.045	0.000	0.000	7.931
	Tau x'z' (+)	Top	907	111015	-5.142	-0.037	0.178	0.000	-0.000	5.133
		Membrane	907	111015	-5.168	-0.037	0.180	0.000	-0.000	5.159
		Bottom	907	111015	-5.195	-0.037	0.183	0.000	-0.000	5.186
	Tau y'z' (+)	Top	977	107512	-2.827	0.095	-0.119	0.001	0.001	2.884
		Membrane	977	107512	-2.834	0.095	-0.121	0.001	0.001	2.890
		Bottom	977	107512	-2.840	0.094	-0.123	0.001	0.001	2.895
	Sigma vm (+)	Top	879	109796	-7.950	0.123	-0.042	0.000	-0.000	8.012
		Membrane	879	109796	-8.029	0.120	-0.042	0.000	-0.000	8.090
		Bottom	879	109796	-8.108	0.117	-0.042	0.000	-0.000	8.168
	Sigma 1 (+)	Top	891	109598	-7.746	0.150	-0.045	0.000	0.000	7.822
		Membrane	891	109598	-7.802	0.146	-0.045	0.000	0.000	7.877
		Bottom	891	109598	-7.859	0.142	-0.045	0.000	0.000	7.931
	Sigma 2 (+)	Top	979	107516	-2.149	-0.139	-0.084	0.000	0.000	2.088
		Membrane	979	107516	-2.157	-0.143	-0.089	0.000	0.000	2.095
		Bottom	979	107516	-2.164	-0.146	-0.093	0.000	0.000	2.101
	Sigma x' (-)	Top	976	111401	-4.867	0.027	0.074	-0.001	-0.000	4.882
		Membrane	976	111401	-4.831	0.027	0.076	-0.001	-0.000	4.846
		Bottom	976	111401	-4.794	0.028	0.077	-0.001	-0.000	4.810
	Sigma y' (-)	Top	879	109798	-7.958	0.053	-0.039	0.000	0.000	7.984
		Membrane	879	109798	-8.060	0.052	-0.039	0.000	0.000	8.087
		Bottom	879	109798	-8.163	0.052	-0.039	0.000	0.000	8.189
	Tau x'y' (-)	Top	979	107516	-2.654	-0.230	-0.140	0.000	-0.000	2.558

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
0.146	-7.803	LC6ULS
0.142	-7.859	LC6ULS
-0.031	-5.148	LC23ULS
-0.030	-5.175	LC23ULS
-0.030	-5.201	LC23ULS
0.100	-2.832	LC22ULS
0.100	-2.839	LC22ULS
0.099	-2.845	LC22ULS
0.123	-7.950	LC8ULS
0.120	-8.029	LC8ULS
0.117	-8.108	LC8ULS
0.150	-7.746	LC6ULS
0.146	-7.803	LC6ULS
0.142	-7.859	LC6ULS
-0.136	-2.153	LC23ULS
-0.139	-2.161	LC23ULS
-0.142	-2.169	LC23ULS
0.028	-4.868	LC21ULS
0.028	-4.832	LC21ULS
0.029	-4.796	LC21ULS
0.053	-7.958	LC8ULS
0.053	-8.060	LC8ULS
0.053	-8.163	LC8ULS
-0.222	-2.662	LC8ULS

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
	Tau x'z' (-)	Membrane	979	107516	-2.662	-0.234	-0.145	0.000	-0.000	2.566
		Bottom	979	107516	-2.671	-0.238	-0.149	0.000	-0.000	2.573
	Tau y'z' (-)	Top	874	108407	-4.359	0.035	-0.253	0.000	0.000	4.398
		Membrane	874	108407	-4.387	0.035	-0.257	0.000	0.000	4.427
	Sigma vm (-)	Bottom	874	108407	-4.415	0.035	-0.260	0.000	0.000	4.455
		Top	966	107484	-2.925	-0.130	-0.073	0.000	-0.001	2.864
	Sigma 1 (-)	Membrane	966	107484	-2.917	-0.129	-0.073	0.000	-0.001	2.857
		Bottom	966	107484	-2.909	-0.129	-0.073	0.000	-0.001	2.850
	Sigma 2 (-)	Top	979	107516	-2.149	-0.139	-0.084	0.000	0.000	2.088
		Membrane	979	107516	-2.157	-0.143	-0.089	0.000	0.000	2.095
		Bottom	979	107516	-2.164	-0.146	-0.093	0.000	0.000	2.101
		Top	979	107516	-2.654	-0.230	-0.140	0.000	-0.000	2.558
		Membrane	979	107516	-2.662	-0.234	-0.145	0.000	-0.000	2.566
		Bottom	979	107516	-2.671	-0.238	-0.149	0.000	-0.000	2.573
		Top	879	109798	-7.958	0.053	-0.039	0.000	0.000	7.984
		Membrane	879	109798	-8.060	0.052	-0.039	0.000	0.000	8.087
		Bottom	879	109798	-8.163	0.052	-0.039	0.000	0.000	8.189

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
-0.226	-2.671	LC8ULS
-0.229	-2.680	LC8ULS
0.049	-4.374	LC8ULS
0.050	-4.402	LC8ULS
0.050	-4.430	LC8ULS
-0.129	-2.926	LC22ULS
-0.128	-2.919	LC22ULS
-0.127	-2.911	LC22ULS
-0.136	-2.153	LC23ULS
-0.139	-2.161	LC23ULS
-0.142	-2.169	LC23ULS
-0.222	-2.662	LC8ULS
-0.226	-2.671	LC8ULS
-0.229	-2.680	LC8ULS
0.053	-7.958	LC8ULS
0.053	-8.060	LC8ULS
0.053	-8.163	LC8ULS

Max. of load combinations, Shells, Stresses, membrane (Extract), Frequent - for selected objects

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
TP.8.1	Sigma x' (+)	Top	977	107512	-1.712	0.060	-0.075	0.000	0.000	1.747
		Membrane	977	107512	-1.715	0.060	-0.077	0.000	0.000	1.750
		Bottom	977	107512	-1.718	0.060	-0.078	0.000	0.000	1.753

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
0.063	-1.715	LC6SfLS
0.063	-1.718	LC6SfLS
0.063	-1.721	LC6SfLS

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
	Sigma y' (+)	Top	979	107516	-1.418	-0.112	-0.062	0.000	-0.000	1.369
		Membrane	979	107516	-1.422	-0.114	-0.065	0.000	-0.000	1.373
		Bottom	979	107516	-1.427	-0.116	-0.067	0.000	-0.000	1.378
	Tau x'y' (+)	Top	891	109598	-4.630	0.090	-0.026	0.000	0.000	4.676
		Membrane	891	109598	-4.662	0.088	-0.026	0.000	0.000	4.707
		Bottom	891	109598	-4.694	0.085	-0.026	0.000	0.000	4.738
	Tau x'z' (+)	Top	907	111015	-3.582	0.017	0.089	0.000	-0.000	3.594
		Membrane	907	111015	-3.600	0.017	0.091	0.000	-0.000	3.612
		Bottom	907	111015	-3.617	0.017	0.093	0.000	-0.000	3.630
	Tau y'z' (+)	Top	977	107512	-1.712	0.060	-0.075	0.000	0.000	1.747
		Membrane	977	107512	-1.715	0.060	-0.077	0.000	0.000	1.750
		Bottom	977	107512	-1.718	0.060	-0.078	0.000	0.000	1.753
	Sigma vm (+)	Top	879	109796	-4.705	0.076	-0.008	0.000	-0.000	4.744
		Membrane	879	109796	-4.754	0.074	-0.008	0.000	-0.000	4.791
		Bottom	879	109796	-4.802	0.073	-0.008	0.000	-0.000	4.839
	Sigma 1 (+)	Top	891	109598	-4.630	0.090	-0.026	0.000	0.000	4.676
		Membrane	891	109598	-4.662	0.088	-0.026	0.000	0.000	4.707
		Bottom	891	109598	-4.694	0.085	-0.026	0.000	0.000	4.738
	Sigma 2 (+)	Top	979	107516	-1.418	-0.112	-0.062	0.000	-0.000	1.369
		Membrane	979	107516	-1.422	-0.114	-0.065	0.000	-0.000	1.373
		Bottom	979	107516	-1.427	-0.116	-0.067	0.000	-0.000	1.378
	Sigma x' (-)	Top	976	111401	-2.850	0.015	0.054	-0.000	-0.000	2.859
		Membrane	976	111401	-2.848	0.015	0.055	-0.000	-0.000	2.857
		Bottom	976	111401	-2.846	0.015	0.056	-0.000	-0.000	2.855

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
-0.109	-1.420	LC7SfLS
-0.111	-1.425	LC7SfLS
-0.113	-1.430	LC7SfLS
0.090	-4.630	LC1SfLS
0.088	-4.662	LC1SfLS
0.086	-4.695	LC1SfLS
0.019	-3.584	LC1SfLS
0.019	-3.602	LC1SfLS
0.020	-3.620	LC1SfLS
0.063	-1.715	LC6SfLS
0.063	-1.718	LC6SfLS
0.063	-1.721	LC6SfLS
0.076	-4.705	LC1SfLS
0.074	-4.754	LC1SfLS
0.073	-4.802	LC1SfLS
0.090	-4.630	LC1SfLS
0.088	-4.662	LC1SfLS
0.086	-4.695	LC1SfLS
-0.109	-1.420	LC7SfLS
-0.111	-1.425	LC7SfLS
-0.113	-1.430	LC7SfLS
0.016	-2.851	LC5SfLS
0.016	-2.849	LC5SfLS
0.017	-2.847	LC5SfLS

ID	Max.	Plane	Elem	Node	Sigma x'	Sigma y'	Tau x'y'	Tau x'z'	Tau y'z'	Sigma vm
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]	[N/mm2]
Sigma y' (-)		Top	879	109798	-4.710	0.032	-0.007	0.000	0.000	4.726
		Membrane	879	109798	-4.773	0.032	-0.007	0.000	0.000	4.789
		Bottom	879	109798	-4.835	0.032	-0.007	0.000	0.000	4.852
Tau x'y' (-)		Top	979	107516	-1.574	-0.131	-0.073	0.000	-0.000	1.518
		Membrane	979	107516	-1.579	-0.133	-0.076	0.000	-0.000	1.523
		Bottom	979	107516	-1.584	-0.135	-0.079	0.000	-0.000	1.527
Tau x'z' (-)		Top	874	108407	-2.509	0.020	-0.140	0.000	0.000	2.530
		Membrane	874	108407	-2.526	0.020	-0.142	0.000	0.000	2.548
		Bottom	874	108407	-2.543	0.020	-0.144	0.000	0.000	2.565
Tau y'z' (-)		Top	976	111792	-2.692	0.003	0.034	0.000	-0.000	2.694
		Membrane	976	111792	-2.692	0.003	0.034	0.000	-0.000	2.695
		Bottom	976	111792	-2.692	0.003	0.035	0.000	-0.000	2.695
Sigma vm (-)		Top	979	107516	-1.418	-0.112	-0.062	0.000	-0.000	1.369
		Membrane	979	107516	-1.422	-0.114	-0.065	0.000	-0.000	1.373
		Bottom	979	107516	-1.427	-0.116	-0.067	0.000	-0.000	1.378
Sigma 1 (-)		Top	979	107516	-1.574	-0.131	-0.073	0.000	-0.000	1.518
		Membrane	979	107516	-1.579	-0.133	-0.076	0.000	-0.000	1.523
		Bottom	979	107516	-1.584	-0.135	-0.079	0.000	-0.000	1.527
Sigma 2 (-)		Top	879	109798	-4.710	0.032	-0.007	0.000	0.000	4.726
		Membrane	879	109798	-4.773	0.032	-0.007	0.000	0.000	4.789
		Bottom	879	109798	-4.835	0.032	-0.007	0.000	0.000	4.852

Sigma 1	Sigma 2	Comb
[N/mm2]	[N/mm2]	[-]
0.032	-4.710	LC1SfLS
0.032	-4.773	LC1SfLS
0.032	-4.835	LC1SfLS
-0.127	-1.578	LC1SfLS
-0.129	-1.583	LC1SfLS
-0.131	-1.589	LC1SfLS
0.028	-2.516	LC1SfLS
0.028	-2.533	LC1SfLS
0.028	-2.551	LC1SfLS
0.003	-2.693	LC6SfLS
0.003	-2.693	LC6SfLS
0.003	-2.693	LC6SfLS
-0.109	-1.420	LC7SfLS
-0.111	-1.425	LC7SfLS
-0.113	-1.430	LC7SfLS
-0.127	-1.578	LC1SfLS
-0.129	-1.583	LC1SfLS
-0.131	-1.589	LC1SfLS
0.032	-4.710	LC1SfLS
0.032	-4.773	LC1SfLS
0.032	-4.835	LC1SfLS

**Vedlegg I.11 – Kontroll av dimensjonert
golvbjelke (B.8.1) Alternativ C**

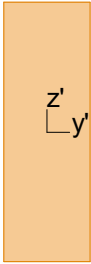
B.8.1 Maximum of load combinations

GL 32c

(Glued laminated), Service class 1

$E_{0,05}$	=	11200 N/mm ²	$f_{t,90,k}$	=	0.50 N/mm ²
$G_{0,05}$	=	540 N/mm ²	$f_{c,0,k}$	=	24.50 N/mm ²
Y_M	=	1.15	$f_{c,90,k}$	=	2.50 N/mm ²
$Y_{M,acc./seis.}$	=	1.00	$f_{v,k}$	=	3.50 N/mm ²
k_{sys}	=	1.00			

Glulam 90x270

	A	=	24300 mm ²	$f_{t,0,k}$	=	21.12 N/mm ²
	W_1	=	1.094e+06 mm ³	$f_{m,1,k}$	=	34.66 N/mm ²
	W_2	=	3.645e+05 mm ³	$f_{m,2,k}$	=	35.20 N/mm ²
	i_1	=	78 mm			
	i_2	=	26 mm			
	I_2	=	1.640e+07 mm ⁴			
	I_t	=	5.183e+07 mm ⁴			

Combined bending and axial tension - 6.2.3

LC: 'LC5ULS', $k_{mod} = 0.90$, $x = 7905.98$ mm

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.06}{16.53} + \frac{23.30}{27.13} + 0.70 \frac{0.01}{27.55} = 0.86 \leq 1.00 \quad (6.17) - \text{OK}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{0.06}{16.53} + 0.70 \frac{23.30}{27.13} + \frac{0.01}{27.55} = 0.61 \leq 1.00 \quad (6.18) - \text{OK}$$

Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

Not relevant

Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8

LC: 'LC5ULS', $k_{mod} = 0.90$, $x = 7905.98$ mm

$$\tau_d = 1.38 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 2.74 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2

Not relevant

Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2

Not relevant

Lateral torsional buckling - 6.3.3

LC: 'LC5ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 7905.98$ mm

$$I_{\text{ef}} = I / \frac{12.5 \cdot M_{\text{max}}}{2.5 \cdot M_{\text{max}} + 3 \cdot M_2 + 4 \cdot M_3 + 3 \cdot M_4} + 2 \cdot h =$$
$$= 7906 / \frac{12.5 \cdot 25.47}{2.5 \cdot 25.47 + 3 \cdot 11.45 + 4 \cdot 15.17 + 3 \cdot 2.84} + 2 \cdot 270 = 4692 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{m,crit}} = \frac{\pi \sqrt{E_{0.05} \cdot I_2 \cdot G_{0.05} \cdot I_t}}{I_{\text{ef}} \cdot W_1} = \frac{\pi \sqrt{11200 \cdot 1.640\text{e}+07 \cdot 540 \cdot 5.183\text{e}+07}}{4692 \cdot 1.094\text{e}+06} = 43.90 \text{ N/mm}^2 \quad (6.31)$$

$$\lambda_{\text{rel,m}} = \sqrt{\frac{f_{\text{m,1,k}}}{\sigma_{\text{m,crit}}}} = \sqrt{\frac{32.00}{43.90}} = 0.854 \quad (6.30)$$

$$0.75 \leq \lambda_{\text{rel,m}} = 0.854 < 1.40 \rightarrow k_{\text{crit}} = 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{\text{rel,m}} = 1.56 - 0.75 \cdot 0.854 = 0.920 \quad (6.34)$$

$$\frac{\sigma_{\text{m,1,d}}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{\text{m,1,d}}} = \frac{23.30}{0.920 \cdot 27.13} = 0.93 \leq 1.00 \quad (6.33) - \text{OK}$$

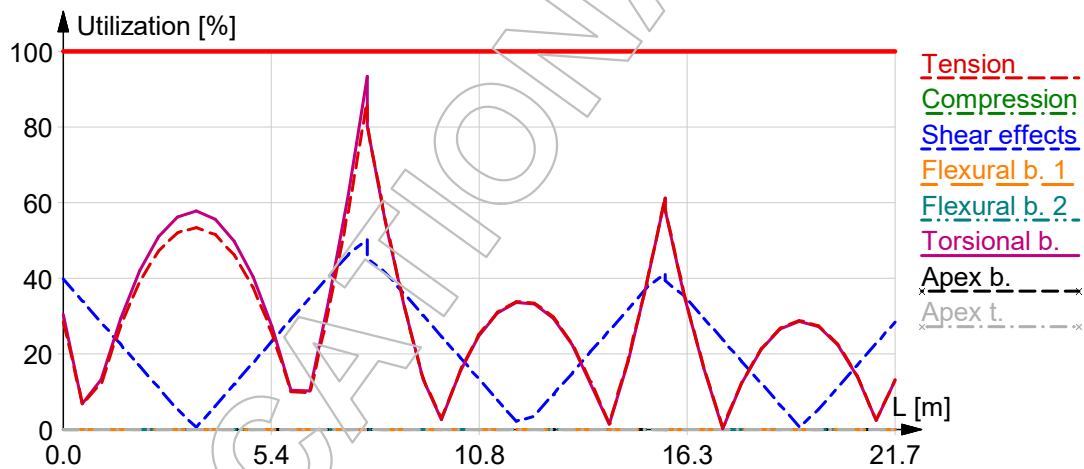
Bending at apex - 6.4.3

Not relevant

Tension at apex - 6.4.3

Not relevant

Summary



**Vedlegg I.12 – Kontroll av dimensjonert
stender (C.28.1) Alternativ C**

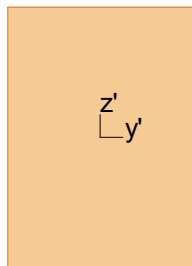
C.28.1 Maximum of load combinations

C30

(Solid), Service class 1

$E_{0,05}$	= 8000 N/mm ²	$f_{t,90,k}$	= 0.40 N/mm ²
$G_{0,05}$	= 500 N/mm ²	$f_{c,0,k}$	= 24.00 N/mm ²
Y_M	= 1.25	$f_{c,90,k}$	= 2.70 N/mm ²
$Y_{M,acc./seis.}$	= 1.00	$f_{v,k}$	= 4.00 N/mm ²
k_{sys}	= 1.00		

Sawn lumber 125x175



A	= 21875 mm ²	$f_{t,0,k}$	= 19.00 N/mm ²
W_1	= 6.380e+05 mm ³	$f_{m,1,k}$	= 30.00 N/mm ²
W_2	= 4.557e+05 mm ³	$f_{m,2,k}$	= 31.11 N/mm ²
i_1	= 51 mm		
i_2	= 36 mm		
I_2	= 2.848e+07 mm ⁴		
I_t	= 6.388e+07 mm ⁴		

Combined bending and axial tension - 6.2.3

Not relevant

Combined bending and axial compression - 6.1.4, 6.2.4

LC: 'LC5ULS', $k_{mod} = 0.90$, $x = 3000.00$ mm

$$\sigma_{c,0,d} = 4.92 \text{ N/mm}^2 \leq f_{c,0,d} = 17.28 \text{ N/mm}^2 \quad (6.2) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{4.92}{17.28} \right)^2 + \frac{5.41}{21.60} + 0.70 \frac{0.02}{22.40} = 0.33 \leq 1.00 \quad (6.19) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \left(\frac{4.92}{17.28} \right)^2 + 0.70 \frac{5.41}{21.60} + \frac{0.02}{22.40} = 0.26 \leq 1.00 \quad (6.20) - \text{OK}$$

Combined shear and torsion - 6.1.7, 6.1.8

LC: 'LC5ULS', $k_{mod} = 0.90$, $x = 2000.00$ mm

$$\tau_d = 0.17 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 2.88 \text{ N/mm}^2 \quad (6.13) - \text{OK}$$

Flexural buckling around axis 1 - 6.3.2

LC: 'LC5ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 3000.00$ mm

$$\beta_c = 0.2 \quad (6.29)$$

$$\lambda_1 = \frac{l_0}{i_1} = \frac{3000}{51} = 59.38$$

$$\lambda_{\text{rel},1} = \frac{\lambda_1}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{59.38}{\pi} \sqrt{\frac{24.00}{8000}} = 1.035 \quad (6.21)$$

$$k_1 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},1} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},1}^2 \right) = 0.5 \left(1 + 0.2 (1.035 - 0.3) + 1.035^2 \right) = 1.110 \quad (6.27)$$

$$k_{c,1} = \frac{1}{k_1 + \sqrt{k_1^2 - \lambda_{\text{rel},1}^2}} = \frac{1}{1.110 + \sqrt{1.110^2 - 1.035^2}} = 0.663 \quad (6.25)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,1} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{4.92}{0.663 \cdot 17.28} + \frac{5.41}{21.60} + 0.70 \cdot \frac{0.02}{22.40} = 0.68 \leq 1.00 \quad (6.23) - \text{OK}$$

Flexural buckling around axis 2 - 6.3.2

LC: 'LC5ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 3000.00$ mm

$$\beta_c = 0.2 \quad (6.29)$$

$$\lambda_2 = \frac{l_0}{i_2} = \frac{3000}{36} = 83.14$$

$$\lambda_{\text{rel},2} = \frac{\lambda_2}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{83.14}{\pi} \sqrt{\frac{24.00}{8000}} = 1.449 \quad (6.22)$$

$$k_2 = 0.5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},2} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},2}^2 \right) = 0.5 \left(1 + 0.2 (1.449 - 0.3) + 1.449^2 \right) = 1.665 \quad (6.28)$$

$$k_{c,2} = \frac{1}{k_2 + \sqrt{k_2^2 - \lambda_{\text{rel},2}^2}} = \frac{1}{1.665 + \sqrt{1.665^2 - 1.449^2}} = 0.402 \quad (6.26)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,1,d}}{f_{m,1,d}} + \frac{\sigma_{m,2,d}}{f_{m,2,d}} = \frac{4.92}{0.402 \cdot 17.28} + 0.70 \cdot \frac{5.41}{21.60} + \frac{0.02}{22.40} = 0.88 \leq 1.00 \quad (6.24) - \text{OK}$$

Lateral torsional buckling - 6.3.3

LC: 'LC5ULS', $k_{\text{mod}} = 0.90$, $x = 3000.00$ mm

$$l_{\text{ef}} = l / \frac{12.5 \cdot M_{\text{max}}}{2.5 \cdot M_{\text{max}} + 3 \cdot M_2 + 4 \cdot M_3 + 3 \cdot M_4} + 2 \cdot h = 3000 / \frac{12.5 \cdot 3.45}{2.5 \cdot 3.45 + 3 \cdot 0.32 + 4 \cdot 0.94 + 3 \cdot 2.19} + 2 \cdot 175 = 1735 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,\text{crit}} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} \cdot I_2 \cdot G_{0,05} \cdot I_t}}{l_{\text{ef}} \cdot W_1} = \frac{\pi \sqrt{8000 \cdot 2.848e+07 \cdot 500 \cdot 6.388e+07}}{1735 \cdot 6.380e+05} = 242.08 \text{ N/mm}^2 \quad (6.31)$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = \sqrt{\frac{f_{m,1,k}}{\sigma_{m,\text{crit}}}} = \sqrt{\frac{30.00}{242.08}} = 0.352 \quad (6.30)$$

$$\lambda_{\text{rel},m} = 0.352 \leq 0.75 \rightarrow k_{\text{crit}} = 1.000 \quad (6.34)$$

$$\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,1,d}} = \frac{5.41}{1.000 \cdot 21.60} = 0.25 \leq 1.00 \quad (6.33) - \text{OK}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,1,d}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{m,1,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,2} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{5.41}{1.000 \cdot 21.60} \right)^2 + \frac{4.92}{0.40 \cdot 17.28} = 0.77 \leq 1.00 \quad (6.35) - \text{OK}$$

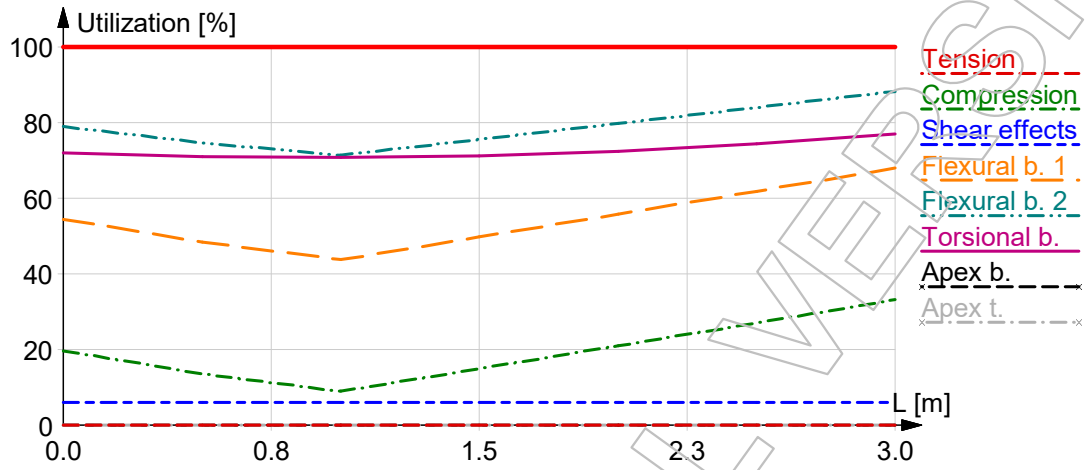
Bending at apex - 6.4.3

Not relevant

Tension at apex - 6.4.3

Not relevant

Summary



Vedlegg I.13 – Resultater for håndberegninger

ORIGIN := 1

Lastkombinasjoner NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, Dimensjonering NS-EN 1995-1-1:2004 +A1:2008+NA:2010, NS-EN 14080:2013+NA:2016

Dimensjonering utført etter eksempler ifra Håndbok 5, Trehus av Edvartsen og Ramstad for SINTEF

Laster, hentet ifra egne beregninger og NA:6.3.1.2 i NS.EN 1991-1-1

$g := 4.0 \frac{kN}{m^2}$	Egenlast, 3.2 Dekke og 0.8 Tak		
$q := 2.0 \frac{kN}{m^2}$	Nyttelast dekke		
$q_2 := 4.0 \frac{kN}{m^2}$	Nyttelast Balkong	$A_b := 628.8 m^2$	Areal balkong
$q_1 := 0.9 \frac{kN}{m^2}$	Nyttelast tak		
$s := 2.24 \frac{kN}{m^2}$	Snølast		
$w := 0.79 \frac{kN}{m^2}$	Vindlast		

Parametere:

$\gamma_{G.sup} := 1.35$	$k_{def1} := 0.6$	$k_{modp} := 0.6$	$k_{modk} := 0.9$	$\gamma_{Mk} := 1.25$
$\xi := 0.89$	$k_{def2} := 0.8$	$k_{modl} := 0.7$	$k_{mod\emptyset} := 1.0$	$\gamma_{ML} := 1.15$
$\gamma_{G.inf} := 1.00$	$k_{def3} := 2.0$	$k_{modh} := 0.8$		$\gamma_{MA} := 1.3$
$\gamma_{Q.1} := 1.5$	Hvis gunstig = 0			
$\gamma_{Q.i} := 1.5$	Hvis gunstig = 0			
$\psi_0 := 0.7$	$\psi_1 := 0.5$	$\psi_2 := 0.3$	Nyttelast	
$\psi_{0.s} := 0.7$	$\psi_{1.s} := 0.5$	$\psi_{2.s} := 0.2$	Snølast	Tabell:NA.A1.1
$\psi_{0.w} := 0.6$	$\psi_{1.w} := 0.2$	$\psi_{2.w} := 0$	Vindlast	

Tabell: NA.A1.2(B)

Tilfelle 1: 6.10a Nyttelast dominerende, vind- og snølast øvrig

$$\gamma_{G.sup} \cdot g + \gamma_{Q.1} \cdot \psi_0 \cdot q + \gamma_{Q.1} \cdot \psi_0 \cdot q_1 + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.s} \cdot s + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.w} \cdot w = 11.508 \frac{kN}{m^2}$$

Tilfelle 1: 6.10b

$$\gamma_{G.sup} \cdot \xi \cdot g + \gamma_{Q.1} \cdot q + \gamma_{Q.1} \cdot q_1 + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.s} \cdot s + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.w} \cdot w = 12.219 \frac{kN}{m^2}$$

Tilfelle 2: 6.10a Nyttelast permanent, snølast dominerende og vindlast øvrig

$$\gamma_{G.sup} \cdot g + \gamma_{Q.1} \cdot \psi_{0.s} \cdot s + \gamma_{G.sup} \cdot q_1 + \gamma_{G.sup} \cdot q + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.w} \cdot w = 12.378 \frac{kN}{m^2}$$

Tilfelle 2: 6.10b

$$\gamma_{G.sup} \cdot \xi \cdot g + \gamma_{Q.1} \cdot s + \gamma_{G.sup} \cdot \xi \cdot q_1 + \gamma_{G.sup} \cdot \xi \cdot q + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.w} \cdot w = 12.361 \frac{kN}{m^2}$$

Tilfelle 3: 6.10a Vindlast dominerende, nytte- og snølast øvrig

$$\gamma_{G.sup} \cdot g + \gamma_{Q.1} \cdot \psi_{0.w} \cdot w + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_0 \cdot q_1 + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.s} \cdot s + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_0 \cdot q = 11.508 \frac{kN}{m^2}$$

Tilfelle 3: 6.10b

$$\gamma_{G.sup} \cdot \xi \cdot g + \gamma_{Q.1} \cdot w + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_0 \cdot q_1 + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.s} \cdot s + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_0 \cdot q = 11.388 \frac{kN}{m^2}$$

Tilfelle 4: 6.10a Snø- og egenlast permanent, vind dominerende, nyttelast øvrig

$$\gamma_{G.sup} \cdot g + \gamma_{G.sup} \cdot s + \gamma_{Q.1} \cdot \psi_{0.w} \cdot w + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_0 \cdot q_1 + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_0 \cdot q = 12.18 \frac{kN}{m^2}$$

Tilfelle 4: 6.10b

$$\gamma_{G.sup} \cdot \xi \cdot g + \gamma_{G.sup} \cdot \xi \cdot s + \gamma_{Q.1} \cdot w + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_0 \cdot q_1 + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_0 \cdot q = 11.727 \frac{kN}{m^2}$$

Videre beregninger, hvis vi antar at søylene i konstruksjoner tar opp alle kreftene i vertikal retning og at det er x antall søyler i konstruksjonen som er gjennomgående (i realiteten må de skjøtes). Dimensjonert etter eksempler ifra Håndbok 5, Trehus av Edvartsen og Ramstad for SINTEF s. 447

$$A := 445 \text{ m}^2 \quad \text{Areal på et dekke} \quad S := 10 \quad \text{Antall søyler}$$

$$f_{c0k} := 24.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{CE L40c} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.15$$

$$f_{c0d} := \frac{(f_{c0k} \cdot k_{mod})}{\gamma_M} = 19.174 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Dimensjonerende trykkfasthet i fiberretning}$$

$$P := 12.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot A = (5.42 \cdot 10^3) \text{ kN} \quad P_s := \frac{P}{S} = 542.01 \text{ kN} \quad \text{Påkjenning per søyle}$$

$$b := 200 \text{ mm} \quad t := 200 \text{ mm} \quad \text{Søyledimensjon}$$

$$l_k := 2.700 \text{ m} \quad \text{Knekk lengde} \quad i := 0.29 \cdot t = 0.058 \text{ m} \quad \text{Tregghetsmoment}$$

$$\lambda := \frac{l_k}{i} = 46.552 \quad \text{Slankhet} \quad E_{0k} := 10800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Elastisitetsmodul i fiberretning}$$

$$\lambda_{rel} := \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0k}}{E_{0k}}} = 0.706 \quad \beta_c := 0.1$$

$$k_y := 0.5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2) = 0.769$$

$$k_{cy} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel}^2}} = 0.93$$

$$f_{c0\lambda} := k_{cy} \cdot f_{c0d} = (1.783 \cdot 10^7) \text{ Pa}$$

$$P_d := f_{c0\lambda} \cdot b \cdot t = 713.067 \text{ kN} \quad \text{Søylene's dimensjonerende kapasitet}$$

Fritt opplagt golvslike, dimensjonert etter byggforsklad 520.238 punkt 32, Regner per meter like.

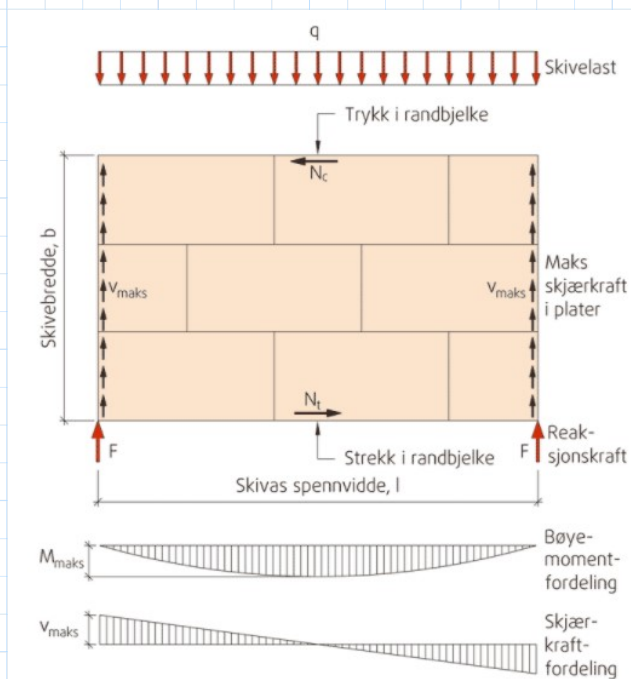
$$q_l := 12.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad l := 22 \text{ m} \quad b := 22 \text{ m}$$

$$M_{maks} := \frac{q_l \cdot l^2}{8} = 736.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_t := \frac{M_{maks}}{b} = 33.495 \text{ kN} \quad N_c := N_t$$

$$F := \frac{q_l \cdot l}{2} = 133.98 \text{ kN}$$

$$v_{maks} := \frac{F}{b} = 6.09 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Kontrollerer nedbøyning, Byggforskblad 520.238 kapittel 7.

Limtrebjelker 45x450 GL 30c

$$q_l := 12.18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Skivelast} \quad b := 22 \text{ m} \quad \text{Skivebredde} \quad l := 22 \text{ m} \quad \text{Spennvidde}$$

$$E := 13000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Elastisitetsmodul til GL 30c} \quad I := 341.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad \text{Treghetsmoment}$$

$$k_{def} := 0.8 \quad \text{Deformasjonsfaktor} \quad v_{maks} := 6.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Maks skjærkraft}$$

$$G := 240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Skjærmodul for kryssfiner} \quad t := 18 \text{ mm} \quad \text{Platetykkelse}$$

$$k_{g1} := 1.67 \cdot k_{def} = 1.336 \quad \text{For permanent, lang, hel eller halvårslast}$$

$$k_{g2} := k_{def} = 0.8 \quad \text{For kortids- og øyeblikklast}$$

$$x := 50 \text{ mm} \quad \text{Avstand ifra skjøt i randbjelken til plata}$$

$$u := u_m + u_v + u_s + u_r$$

$$u_m := \frac{5 \cdot q_l \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \cdot k_{def} = 6.691$$

$$u_v := \frac{v_{maks} \cdot l}{4 \cdot G \cdot t} \cdot k_{def} = 6.213 \text{ mm}$$

$$u_s := \frac{1}{3000} \cdot k_{g1}$$

$$u_r := 0.4 \cdot \frac{x \cdot (1 - 50)}{b \cdot l} \cdot k_{g1} \quad \text{Siden } u_s \text{ og } u_r \text{ er så små blir de neglisjert i disse beregningene}$$

Sjekker nedbøyning på midten for hver enkelt last, her i n bare en måte å si tilfeldig last

$$g = 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad s = 2.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad w = 0.79 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad q_{tot} := q + q_1 = 2.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\psi_{2.g} := 1 \quad \psi_{2.s} = 0.2 \quad \psi_{2.w} = 0 \quad \psi_2 = 0.3$$

$$F := \frac{n \cdot l}{2} \quad F_g := \frac{g \cdot l}{2} = 44 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad F_s := \frac{s \cdot l}{2} = 24.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad F_w := \frac{w \cdot l}{2} = 8.69 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$v_{maks} := \frac{F}{b} \quad v_{maks.g} := \frac{F_g}{b} = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad v_{maks.s} := \frac{F_s}{b} = 1.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad v_{maks.w} := \frac{F_w}{b} = 0.395 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{qtot} := \frac{q_{tot} \cdot l}{2} = 31.9 \frac{kN}{m}$$

$$v_{maks.qtot} := \frac{F_{qtot}}{b} = 1.45 \frac{kN}{m^2}$$

$$u_{fin} := u_{fin.g} + u_{fin.s} + u_{fin.w} + u_{fin.qtot}$$

$$u_{fin.n} := u_{inst.n} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

$$u_{inst.n} := \frac{5 \cdot n \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{v_{maks.n} \cdot l}{4 \cdot G \cdot t}$$

$$u_{fin.g} := \left(\frac{5 \cdot g \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{v_{maks.g} \cdot l}{4 \cdot G \cdot t} \right) \cdot (1 + \psi_{2.g} \cdot k_{def}) = 4.949$$

$$u_{fin.s} := \left(\frac{5 \cdot s \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{v_{maks.s} \cdot l}{4 \cdot G \cdot t} \right) \cdot (1 + \psi_{2.s} \cdot k_{def}) = 1.786$$

$$u_{fin.w} := \left(\frac{5 \cdot w \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{v_{maks.w} \cdot l}{4 \cdot G \cdot t} \right) \cdot (1 + \psi_{2.w} \cdot k_{def}) = 0.543$$

$$u_{fin.qtot} := \left(\frac{5 \cdot q_{tot} \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{v_{maks.qtot} \cdot l}{4 \cdot G \cdot t} \right) \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) = 2.472$$

$$u_{fin} := u_{fin.g} + u_{fin.s} + u_{fin.w} + u_{fin.qtot} = 9.749 \text{ mm}$$

Maks tillat nedbøyning: $\frac{22000 \text{ mm}}{3000} = 7.333 \text{ mm}$

9.75 > 7.33 IKKE OK

Antar størst moment i midten av dekket. Kontrollerer så hvilket lasttilfelle som blir dimensjonerende. Dimensjonert etter eksempler ifra Håndbok 5, Trehus av Edvartsen og Ramstad for SINTEF s.442.

$$F := \frac{q \cdot l}{2}$$

$$v_{maks} := \frac{F}{b}$$

$$M_{maks} := \frac{q \cdot l^2}{8}$$

$$M_{tilfelle.1b} := 12.219 \frac{22^2}{8} = 739.25 \quad \frac{kNm}{m}$$

$$M_{tilfelle.4a} := 12.18 \frac{22^2}{8} = 736.89 \quad \frac{kNm}{m}$$

$$F_{tilfelle.1b} := 12.219 \cdot \frac{22}{8} = 33.602$$

$$v_{tilfelle.1b} := \frac{33.602}{22} = 1.527$$

$$F_{tilfelle.4a} := 12.18 \cdot \frac{22}{8} = 33.495$$

$$v_{tilfelle.4a} := \frac{33.495}{22} = 1.523$$

Dim. bøyefasthet.

$$f_{md} := \frac{f_{mk} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$$

$$f_{mk.L} := 30 \frac{N}{mm^2} \quad k_h := 1.03 \quad \text{Høydefaktor}$$

$$f_{mk.k} := 30 \frac{N}{mm^2}$$

$$W_{bjelke} := 45 \text{ mm} \cdot \frac{(450 \text{ mm})^2}{6} = (1.519 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$f_{md.1b} := 30 \cdot \frac{0.6}{1.15} = 15.652$$

$$f_{md.4a} := 30 \cdot \frac{1.0}{1.15} = 26.087$$

$$W_{1b} := \frac{M_{tilfelle.1b} \cdot 10^6}{f_{md.1b} \cdot k_h} = 4.585 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$W_{4a} := \frac{M_{tilfelle.4a} \cdot 10^6}{f_{md.4a} \cdot k_h} = 2.742 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

Platen tar opp horisontale krefter som for eksempel vindkraft

Prinsipp for å dimensjonere plateelement av tre ved bruk av Naviers plateløsning

$w_0 := 0$ Deformasjon langs alle render $M_n := 0$ Moment langs alle render

$t := 600 \text{ mm}$ Platetykkelse $\nu := 0.3$ Tverrkontraksjonstall

$$E_{bjelke} := 13000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{plater} := 12000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{mid} := E_{bjelke} \cdot 0.88 + E_{plater} \cdot 0.12 = (1.288 \cdot 10^4) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$D := \frac{E_{mid} \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} = (2.548 \cdot 10^5) \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ Platestivhet}$$

