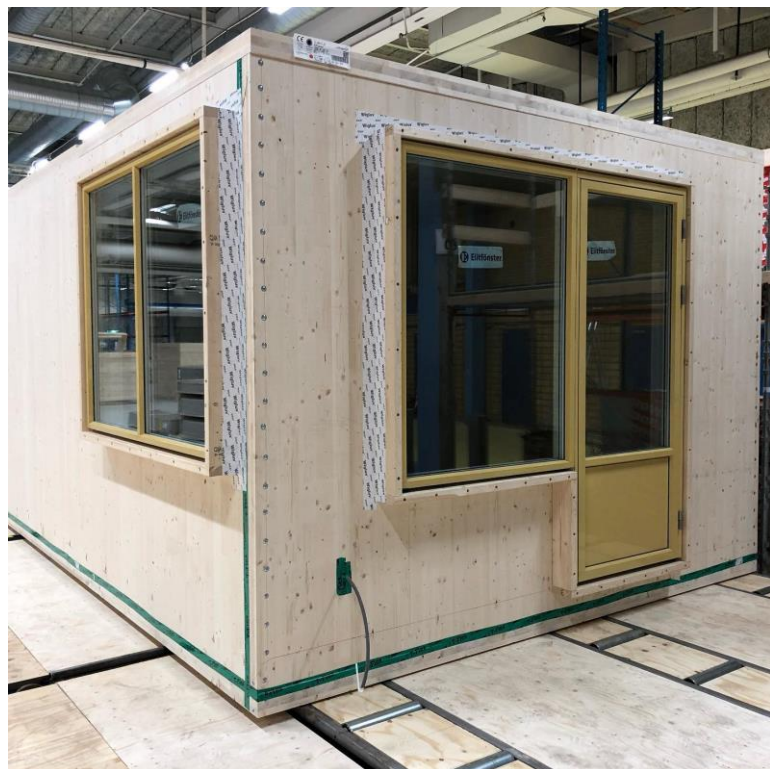


Massivtre moduler – fremtidens bærekraftige byggesystem?

Kan massivtre moduler som byggesystem konkurrere med bindingsverk i høye bygg?



Nøkkelord: Massivtre (KL-tre),
materialeegenskaper, miljø

Prosjektnr.: 20 – 2020

Prosjektdeltakere:

Joar Svindland

Abdullah Habibi

Intern veileder: Terje K Fossheim

Ekstern kontakt :Green Advisers AS

Det grønne skiftet

De siste årene har det blitt økt fokus i verden på miljø og bruk av bærekraftige byggematerialer. Bygg- og anleggsbransjen står for 40% av klimagassutslippene i verden. Tre er et viktig materiale for å løse fremtidens klimaendringer,

Massivtre modul, [bilde er hentet fra Nock Massiva Trähus]

, og etterspørselen etter tre er derfor økende. Trevirke har også mange gode egenskaper som gjør det til et Allsidig byggemateriale, deriblant stor styrke i forhold til vekten. Samtidig er trevirke lett å fremstille og gjenbruke. Tidligere studier har vist at bruk av massivtre i stedet for betong og stål vil redusere klimagassutslippene med nesten 50%.

Derfor blir massivtre trukket frem som et svært miljøgunstig byggesystem

Massivtre moduler som bærekraftig byggesystem

Massivtre har bedre styrkeegenskaper enn bindingsverk. Disse egenskapene gjør det mulig å bygge høyere og med større spenn enn med tradisjonelt bindingsverk. Det er enklere å oppnå en kuldebrofri konstruksjon ved å isolere kontinuerlig på utsiden av massivtreelementene uten gjennomgående stendere.

Fordeler med massivtre:

- Miljøvennlig
- Praktisk
- Mindre byggetid
- Godt inneklima
- Gode brannegenskaper
- Minimerer kuldebroer
- Større motstandsdyktighet mot muggvekst
- Kan brukes i høye bygg
- Gode bæreevner
- Energibesparelse
- Stor grad av frihet med tanke på tekniske installasjoner

Tradisjonell bindingsverk moduler

Tradisjonelle bindingsverkmoduler er en velkjent byggemetode i Norge, men denne byggemetoden byr på noen utfordringer, blant annet når det gjelder brannproblematikk, bæreevne, mindre motstandsdyktighet mot muggvekst og større kuldebroer pga. gjennomgående stendere.

Disse utfordringene kan enklere løses ved bruk av massivtre moduler. Bindingsverkmoduler gir andre fordeler, deriblant lavere vekt, lavere pris, slankere vegger, og det er enklere å skjule tekniske installasjoner.

Hvorfor er massivtre lite brukt i Norge?

Kunnskap

Det krever kompetanse å bygge med massivtre, og det har vært mangel på forskning på massivtre i Norge, enda materialet har vært i bruk i mange år allerede. De siste årene har forskningsmengden økt, men forskningen har stort sett vært rettet mot massivtreets miljøeffekter. Mangel på dokumenterte løsninger som tilfredsstiller krav til brann og lyd er hovedutfordringen knyttet til bygging med massivtre.

Dersom det utarbeides standarder for massivtre i Norge, vil entreprenører i større grad ta i bruk materialet. Erfaringer fra ulike prosjekter hvor det er brukt massivtre gir et godt forskningsgrunnlag.

Tilgjengelighet:

Det er få massivtre produsenter i Norge, og disse klarer ikke å dekke forbruket til den norske byggebransjen. Det er med andre ord magelende lokal produksjon i Norge.

Høy byggeaktivitet i Norge sammenlignet med i resten av Europa har ført til økt import av prefabrikkerte elementer og trebaserte moduler fra Øst-Europa, hvor både materialer og arbeidskraft er billigere, noe som fører til lavere projektkostnader. Massivtre er et materiale for fremtiden, men det krever altså mer forskning fremover. Norske skoger er bærekraftige, siden volumtilveksten er nesten dobbelt så mye som hogstvolumet.

Det er med andre ord stort potensiale for å øke bruken av trematerialer her til lands

Hva skal til for at flere norske entreprenører tar i bruk massivtre?

For at flere norske entreprenører skal ta i bruk massivtre i sine prosjekter må både kunnskapen og tilgjengeligheten økes. Det vil også være nødvendig med flere norske massivtreprodusenter for å dekke forbruket til den norske byggebransjen og for å bringe kunnskapen videre til entreprenører. Når kunnskap og tilgjengelighet øker, vil mange entreprenører velge å bruke teknologien istedenfor betong og stål. En annen faktor som setter begrensning for de fleste entreprenører er pris. Pris er en avgjørende faktor i byggeprosjekter. Derfor er det færre som velger massivtre selv om det i mange tilfeller vil være en mer hensiktsmessig byggemetode. Hvis det blir større tilgang og konkurranse for massivtremoduler i Norge, vil sannsynligvis prisen gå ned i over tid, noe som vil være viktig for å gjøre moduler av massivtre konkurransedyktige overfor bindingsverkmoduler.



Studentleiligheter er oppført i massivtremoduler i Örebro kommune i Sverige [bilde hentet fra Nock Massiva Trähus]

Institutt for bygg- og miljøteknikk

Sammenligning av massivtre- og bindingsverkmoduler–egenskaper og knutepunkter

Comparison of CLT and timber frame modules –Characteristics and connections

Prosjektnr: 20 – 2020

Intern veileder: Terje K Fossheim

Ekstern kontakt: Green Advisers AS

Prosjektdeltakere:

Joar Svindland

Abdullah Habibi

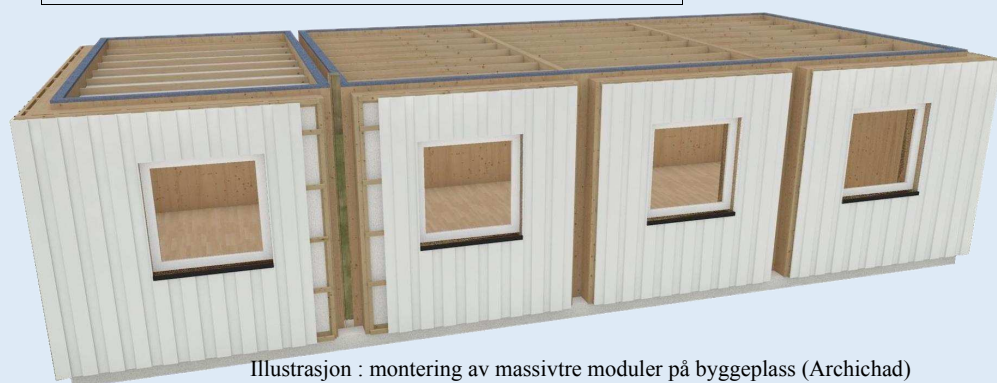
Prosjektmål

- Danne et oversiktlig bilde over de positive og negative sidene med modulbygg når det brukes henholdsvis massivtre og bindingsverk.
- Lære mer om hvordan moduler produseres og monteres
- Øke kunnskapen om moduler og massivtre som bærekraftig byggesystem
- Generelt få bedre forståelse for byggteknikk og byggetekniske utfordringer knyttet til massivtre moduler
- Få bedre forståelse for hvordan valg av materialer påvirker klimaet

Prosjektbeskrivelse

I denne oppgaven skal gruppen gjøre en sammenligning av moduler med massivtre og moduler med bindingsverk. Hovedfokuset vil være på de ulike egenskapene ved bruk av henholdsvis massivtre og bindingsverk i modulene, samt oppbygging av modulene og sammenføyningene mellom modulene.

Videre skal gruppen utarbeide arbeidstegninger og byggetekniske løsninger og sammenføyninger for moduler i hovedsak ved bruk av massivtre.



Illustrasjon : montering av massivtre moduler på byggeplass (Archichad)

Modulløsning

- Basert på «bokssystemet»
- Ikke behov for ekstra bæresystem
- Høy fleksibilitet
- Uten dampspærre
- Vind sperreduk
- Glava Pluss system
- Parapet monteres på byggeplass



Massivtre modul, [bilde : Nock Massiva Trähus]



Bindingsverk modul, [bilde : House by US]

Fordeler med massivtre moduler

- Miljøvennlig
- Praktisk
- Mindre byggetid
- Godt inneklima
- Gode brannegenskaper
- Minimerer kuldebroer
- større motstandsdyktighet mot muggvekst
- Kan benyttes i høye bygg
- Gode bæreevner
- Energibesparelse
- stor grad av frihet med tanke på tekniske installasjoner

Fordeler med bindingsverk moduler

- Velkjent byggemetode
- Velkjent dokumenterte løsninger
- Miljøvennlig
- Lav pris
- Skjuler tekniske installasjoner
- Lav egen vekt
- Slankere vegger

Konklusjon

Det kommer fram at både moduler av massivtre og bindingsverk har sine fordeler og ulemper, og disse må tas i betraktning tidlig i prosjektet slik at det mest hensiktsmessige materialet blir valgt. Massivtre moduler har stor lastbærende funksjon og god brannmotstand, noe som gjør det trygt å bruke i store og høye bygninger. Massivtre moduler kan isoleres kontinuerlig på utsiden uten gjennomgående stendere, noe som vil gi en kuldefri konstruksjon, men det å bruke bindingsverk vil en få en slankere yttervegg. Bindingsverk moduler er litt billigere i per kvadrat meter pris enn massivtre moduler

Forslag til massivtremoduler

VEDLEGG 3

ABDULLAH HABIBI, JOAR SVINDLAND

Innhold

1. Innledning.....	2
2. Begrunnelser for valg	3
2.1 Generelt.....	3
2.2 Størrelsen på modulene	3
2.3 Konstruksjonsprinsipp	3
2.4 Vindsperre og dampsperre.....	4
2.5 Yttervegger	4
2.6 Innervegger	5
2.7 Etasjeskiller.....	5
2.8 Dekke, 1. Etasje	5
2.9 Forankringsmetoder	6
2.10 Frakt av moduler	6
3. Montering av moduler	7
4. Tegningsliste: Planer og snitt.....	10
5. Tegningsliste: Detaljer	10
6. Kommentarer til tegningene	26
7. Kildehenvisning.....	28

1. Innledning

Etter å ha sammenlignet moduler av massivtre og bindingsverk er det tid for å presentere et forslag til hvordan moduler kan bygges med massivtre. Målet har vært å velge så fleksible løsninger som mulig, slik at modulene kan tilpasses forskjellige brann-, lyd- og energikrav. Valgte bygningsdeler oppfyller likevel gjeldende minimumsverdier som fremgår av TEK17. Et annet mål er å presentere et forslag til moduler som kan bygges videre på og implementeres i fremtidige byggeprosjekter med modulbygg.

Modulene har kompakte tak og kan enkelt utformes med andre dimensjoner og innervegg-løsninger for å tilpasses ulike bygningstyper. Gruppen har dog hatt et ønske om at modulene skal være spesielt godt egnet for flermannsboliger og kontorer. Modulenes lengde er basert på spennvidden for massivtreelementene (i dette tilfellet 160 mm tykke elementer). Ved å kombinere modulene med et søyle-bjelke-system kan større lengder oppnås.

Det er først designet fire typer moduler, hvilket er tilstrekkelig til å bygge et fleretasjes modulbygg av hvilken som helst størrelse. Deretter er disse modulene satt sammen til en bygning for å bedre illustrere alt av knutepunkter. Bygningen består av syv «bokser» som alle tar utgangspunkt i de fire modultypene.

2. Begrunnelser for valg

2.1 Generelt

Modulene er utformet med tanke på høy fleksibilitet når det gjelder valg av bygningsdeler, slik at man lett skal kunne tilpasse vegger og dekker ut ifra gjeldende lyd- og brannklasser. Noen prinsipper er likevel grunnleggende for løsningene som presenteres: For det første består etasjeskillerne av et dekke og en himling som er separert fra hverandre med et hulrom. For det andre er innerveggene tenkt å være todelte, slik at hver modul konstrueres med sin halvdel av veggen.

Tegningene baserer seg på anvisninger og figurer fra Byggforsk, datablad fra Rothoblaas, KLH og Holzforschung Austria, amerikanske og svenske massivtrehåndbøker, samt tilsendte tegninger fra modulprodusenter (se kildehenvisningen for aktuelle titler).

Alle tegninger i dette vedlegget er tegnet ved hjelp av programmet ArchiCAD. Dersom det er noe usikkerhet rundt tegningene så er dette nærmere forklart i en etterfølgende tekstdel.

2.2 Størrelsen på modulene

Størrelsen på modulene er basert på maksimal lovlig bredde ved transport på norske veier (3,25 meter uten dispensasjon), spennvidde for dekker av massivtre (for tykkelse 160 mm er spennvidden 4,7 meter (5)) og vanlig produksjonsbredde for massivtreelementer (standard er 1,2 meter, men elementer produseres vanligvis med bredde opp til 3,0 meter). Å produsere moduler med massivtreelementer på ca. 3 meter er ideelt med tanke på overnevnte punkter, men også fordi færrest mulig skjøter gir en enklere og mer lufttett konstruksjon.

For modulenes totale bredde og lengde må man ta med innervegger, isolasjon og kledning i beregningene. Modulene gruppen har kommet frem til er bare et eksempel, for modulene må tross alt prosjekteres med hensyn på hvert enkelt prosjekt.

Det er valgt å begrense høyden til modulene ved å ikke ta med parapet (denne monteres i stedet på byggeplass), dette for å gjøre modulene mer fleksible med tanke på transport.

2.3 Konstruksjonsprinsipp

Løsningene som her presenteres baserer seg på «bokssystemet» som forklart i rapporten. Dette innebærer at massivtreveggene i 1.etasje er montert i fundamentet, etasjeskilleren monteres over disse veggene, og veggene i etasjen over monteres i etasjeskilleren osv. Da kan vegger og dekker dimensjoneres slik at det ikke er behov for noe ekstra bæresystem, eller det går an å kombinere dette med et søyle-bjelkesystem.

Forskjellige løsninger ble vurdert før gruppen kom frem til det de anså som det beste. Først ble mulighetene for vegghengt dekke vurdert, men dette ble ansett som en mer komplisert og usikker løsning av konstruksjonsmessige grunner, da de vegghengte dekkene enten må skrus fast i veggene, eller holdes oppe av bjelker som igjen er skrudd fast i veggene. Siden massivtreelementer ikke er helt jevne ville dette også føre til små gliper mellom dekkene og veggen, hvilket er problematisk med tanke på lydisolering mellom modulene.

Gruppen kom til slutt frem til en løsning hvor høye limtresøyler er plassert mellom modulene i horisontal retning. Disse søylene må konstrueres spesielt slik at konstruksjonen blir lufttett og med elastiske overganger som forhindrer flanketransmisjon mellom modulene.

For alle overganger mellom massivtreelementer benyttes det egnede tettelister for å oppnå god luft- og damptetthet. Disse kan være laget av filt, laftevatt eller gummi (10).

Mellom dekker og vegger brukes det vibrasjonsdempende klosser for å redusere flanketransmisjonen mellom etasjene. Eksempler på produkter som kan brukes til sistnevnte er Xylofon fra Rothoblaas eller Sylomer fra Getzner Werkstoffe GmbH.

2.4 Vindsperre og dampsperre

Det er valgt en løsning uten dampsperre, da god tetting av skjøtene vurderes som godt nok i de fleste tilfeller, men dampsperre kan benyttes i tillegg til de presenterte løsningene.

Det er valgt vindsperre i form av duk. Dette er kanskje det enkleste med tanke på transport, da vindsperren lett kan skyves eller brettes til siden under transport. Det vil også være enkelt å gjøre resterende arbeid på byggeplassen (teipe skjøtene mellom massivtreelementene og sette inn isolasjon i hulrommet), hvilket vil være noe mer komplisert med vindsperreplater, da egne plater må kappes og monteres som en del av tettingsarbeidet.

2.5 Yttervegger

Ytterveggene består av 100 mm tykke massivtreelementer som er bærende, med isolert stenderverk på utsiden.

Det er valgt stendere med dimensjonen 90x200 mm. Det er tatt utgangspunkt i Glava sitt Pluss System, men et annet tilsvarende system kan benyttes. Stenderne består av en kjerne av stuket mineralull og endekanter av vanlig konstruksjonsvirke. Bredden og oppbyggingen gjør det enklere å feste stenderne med vanlige skruer mot en flate, i dette tilfellet mot massivtreelementene. Stenderne har også bedre isoleringsevne enn konstruksjonsvirke, og gir en bortimot kuldebrofri konstruksjon (17).

Alternativt til mineralullisolasjon går det an å bruke polystyrenplater eller trefiberplater, gitt at platene har de nødvendige egenskapene for å oppfylle brannkravene. Da kan isolasjonen monteres direkte på massivtreelementene uten bruk av stendere.

Av hensyn til vannavrenning er det valgt krysslekting utenfor vindsperren. Kledningen er stående (tømmermannskledning), noe som gjør det lettere å skjule horisontale overganger mellom modulene.

Ytterveggene må utføres med vindsperre som stikker ut forbi modulen både horisontalt og vertikalt, dette for å gjøre det enkelt med skjøting og teiping mellom modulene.

2.6 Innervegger

Innerveggene i hver modul består av ett enkelt massivtreelement med tykkelse 100 mm. Når modulen så settes sammen med nabomodulen får man en dobbel veggkonstruksjon som kan ivareta kravene til lyd og brann. Hulrommet mellom elementene blir da 110 mm, og 100 mm av hulrommet isoleres med mineralullisolasjon.

I dette tilfellet er innerveggens funksjon å være en lydsille- og branncellebegrensende vegg mellom de ulike boenhetene. For denne veggen er $R_w \geq 54$ dB, som antas å være tilstrekkelig for å oppfylle kravene mellom boenheter (11). Når det gjelder brannkrav henvises det til den delen av rapporten som omhandler brannsikkerhet for massivtrekonstruksjoner. Det samme gjelder for massivtreetasjeskilleren.

2.7 Etasjeskiller

Dekket i etasjeskilleren består av 160 mm massivtre, 48x98 mm tilfarere (mineralullisolasjon mellom tilfarerne), 22 mm sponplater og 15 mm parkett.

Himlingen er frittstående, og består av 13 mm lydstråleminskende kledning (dobbel lag), 48x73/98/123 mm himlingsbjelker (dimensjonen avhenger av spennvidde) som er skrudd fast i massivtreveggene, og et 200 mm hulrom (minimumskrav) med 150 mm isolasjon. Størrelsen på dette hulrommet bestemmes ut ifra behovet for tekniske installasjoner.

Himlingen er helt separat fra resten av etasjeskilleren – mens dekket er montert nederst i modulen er himlingen montert øverst. Dette skal gi modulene tilstrekkelig stivhet under transport. Dersom ønskelig kan tekniske installasjoner monteres i hulrommet over himlingen før modulene sendes fra fabrikk.

Etasjeskillerens oppbygging er basert på flere tabeller fra SINTEF Byggforsk (5), og er ment å vise en prinsipløsning for hvordan etasjeskillere kan bygges opp både på over- og undersiden for å tilfredsstille lydkrav.

2.8 Dekke, 1. Etasje

Grunnet fuktpåkjenning kreves det en annen løsning for dekket i 1. etasje enn for de øvrige dekkene. Gruppen har ikke kjennskap til noen prosjekter med massivtre hvor det er brukt noe annet enn betong mot terreng, og løsninger med kryperom er ofte mindre gunstige med tanke på fukt.

Et ventilert kryperom vil kanskje løse problemene med fukt, men den isolasjonstykkelsen som kreves på undersiden av massivtredekket gjør at gulvet i 1. etasje kommer nokså høyt opp sammenlignet med betongplate på mark. Gruppen har derfor valgt å gå for nettopp plate på mark i 1. etasje, da dette er en velkjent og sikker løsning.

2.9 Forankringsmetoder

Modulene er festet i hverandre ved hjelp av vinkelbeslag og skruer. Massivtreveggene i 1. etasje er forankret i fundamentet ved hjelp av en metallplate (15). Dette anses som gunstig når prefabrikkerte moduler og elementer skal forankres, da det ikke er nødvendig å fjerne utvendig isolasjon eller svill, og fordi metallplaten ikke kommer i konflikt med vindsperre eller radonmembran.

2.10 Frakt av moduler

Modulene må pakkes inn med plast før transport for å unngå skitt og fukt. Moduler med store åpninger (manglende vegger eller dekker) kan avstives ved hjelp av bord eller bjelker av konstruksjonsvirke som skrus eller spikres fast horisontalt, vertikalt eller diagonalt, avhengig av modulens utforming.



Transport: Modulene pakkes inn med plast og stabiliseres med bord av konstruksjonsvirke før transport (18).

3. Montering av moduler

Modulbygget består av fire forskjellige moduler. Dette er tilstrekkelig for å sette sammen en firkantet bygning over flere etasjer. Ved fundament og tak må hver enkelt modul tilpasses, pga. bjelkelag mot fundamentet og parapet/isolasjon/taktekning som monteres på taket.



Modul 1: Denne modulen utgjør én enhet (ett rom). Utvendig isolasjon og kledning er fjernet på to av sidene med tanke på sammenkobling med andre moduler.



Modul 2: Mangler én innervegg for å kunne bygge en større enhet ved å koble sammen med andre moduler.



Modul 3: Mangler to innervegger. Brukes også for å bygge større enheter.

Vedlegg 3



Modul 4: Samme prinsipp som "Modul 2", men her er det i stedet motstående vegg som mangler.

Modulene fraktes fra fabrikkken til byggeplassen hvor de heises på plass. Alle de vertikale overgangene mellom modulene (som vist på bildet under) teipes for å sikre lufttetthet, deretter fylles hulrommet med isolasjon før lekter og kledning legges på utsiden.



Overgangene mellom etasjene må også tettes (som vist på bildet under). Først teipes skjøtene (den blå stripen viser de vibrasjonsdempende klossene), deretter dyttes det inn mineralullisolasjon i hulrommet før vindsperren tettes ved hjelp av lekter på inn- og utsiden. Til slutt legges resterende kledning på utsiden.



Vedlegg 3



Bildet viser det horisontale partiet som oppstår etter at modulene er løftet oppå hverandre. Først må overgangene teipes, isolasjon må dyttes inn og vindsperren sammenføres, deretter kan dekkbord legges på utsiden.



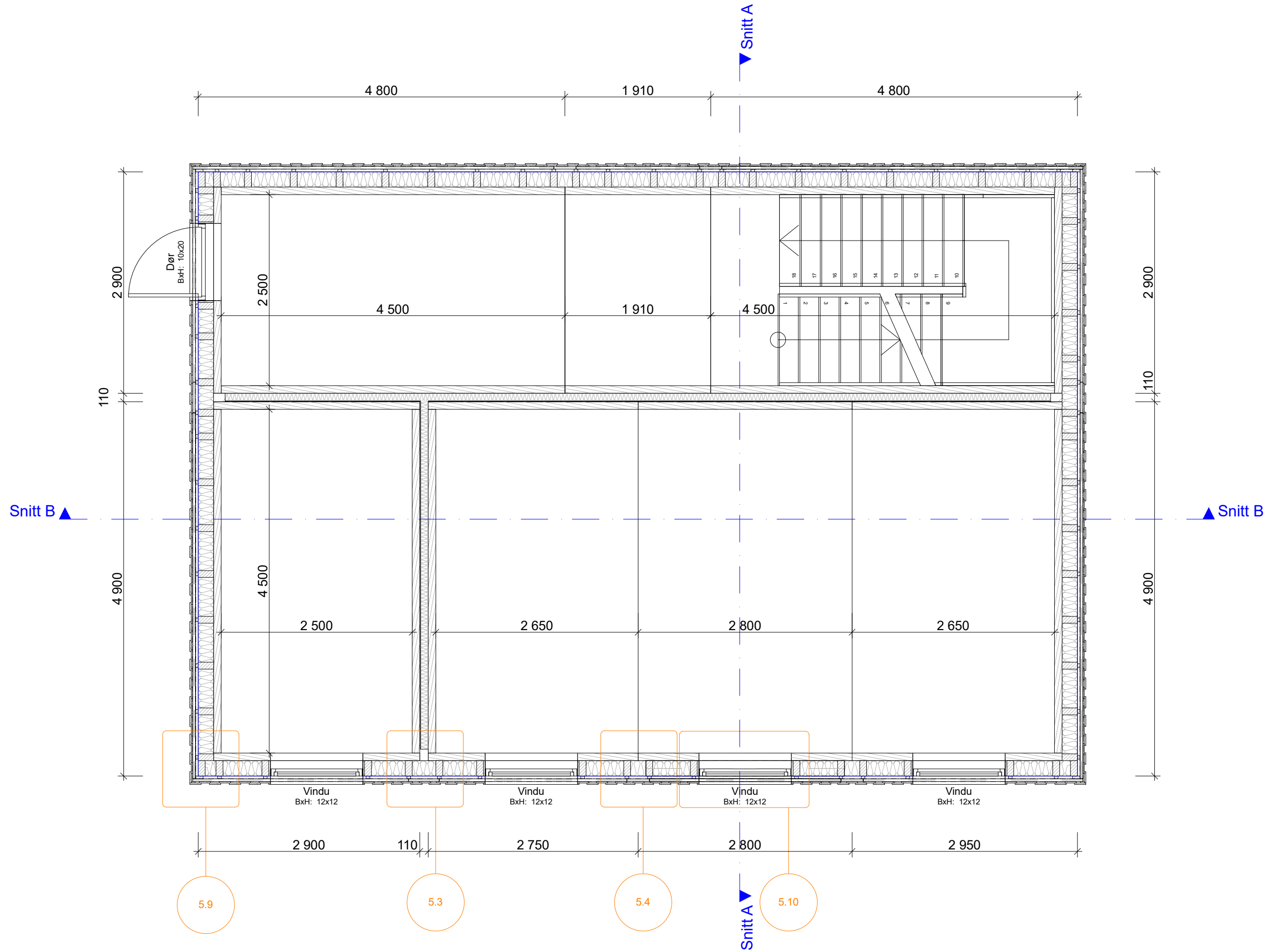
Bildet viser et eksempel på hvordan et ferdig bygg over to etasjer kan se ut ved bruk av de fire modultypene. Det blir tatt utgangspunkt i dette bygget når plantegninger og detaljer tegnes.

4. Tegningsliste: Planer og snitt

4.1 Plan 1. etasje	11
4.2 Takplan	12
4.3 Snitt A	13
4.4 Snitt B	14

5. Tegningsliste: Detaljer

5.1 Fundament/dekke/yttervegg	15
5.2 Yttervegg/etasjeskiller/yttervegg	16
5.3 Yttervegg/innervegg/yttervegg	17
5.4 Yttervegg/yttervegg	18
5.5 Yttervegg/tak	19
5.6 Tak/innervegg	20
5.7 Innervegg/etasjeskiller/innervegg	21
5.8 Innervegg/dekke/fundament	22
5.9 Hjørne	23
5.10 Vindusdetalj (horisontal)	24
5.11 Vindusdetalj (vertikal)	25

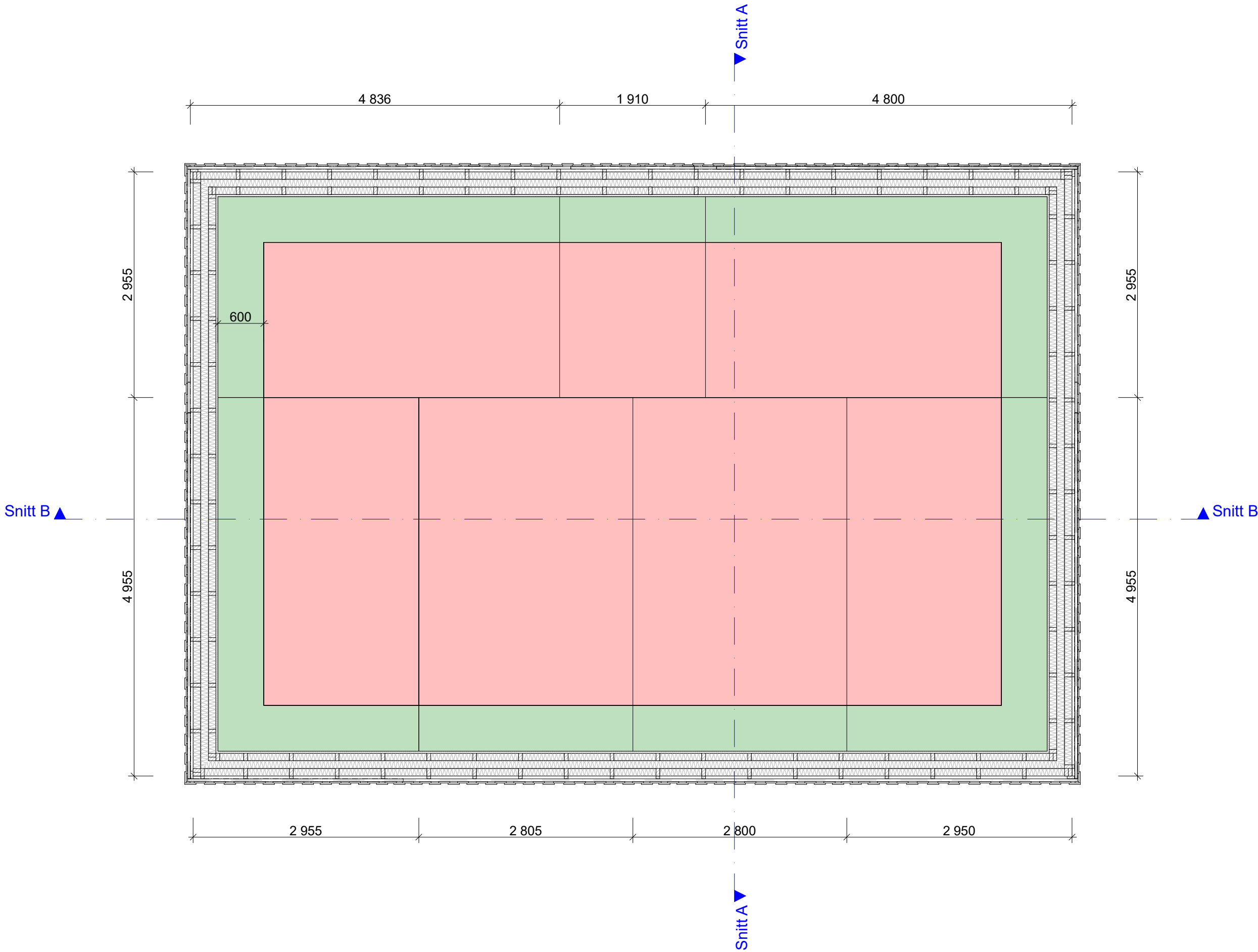


TEGNFORKLARING

Monteres på byggeplass

*Utvendige mål til utkant av bindingsverk og overgangene mellom modulene.

Prosjekt.: Bacheloroppgave	Prosjektnr.: 2020-20	Tegningsnr.: 4.1	Dato 02.05.2020
Type tegning: 1. Etasje	Målestokk 1:50		



TEGNFORKLARING:



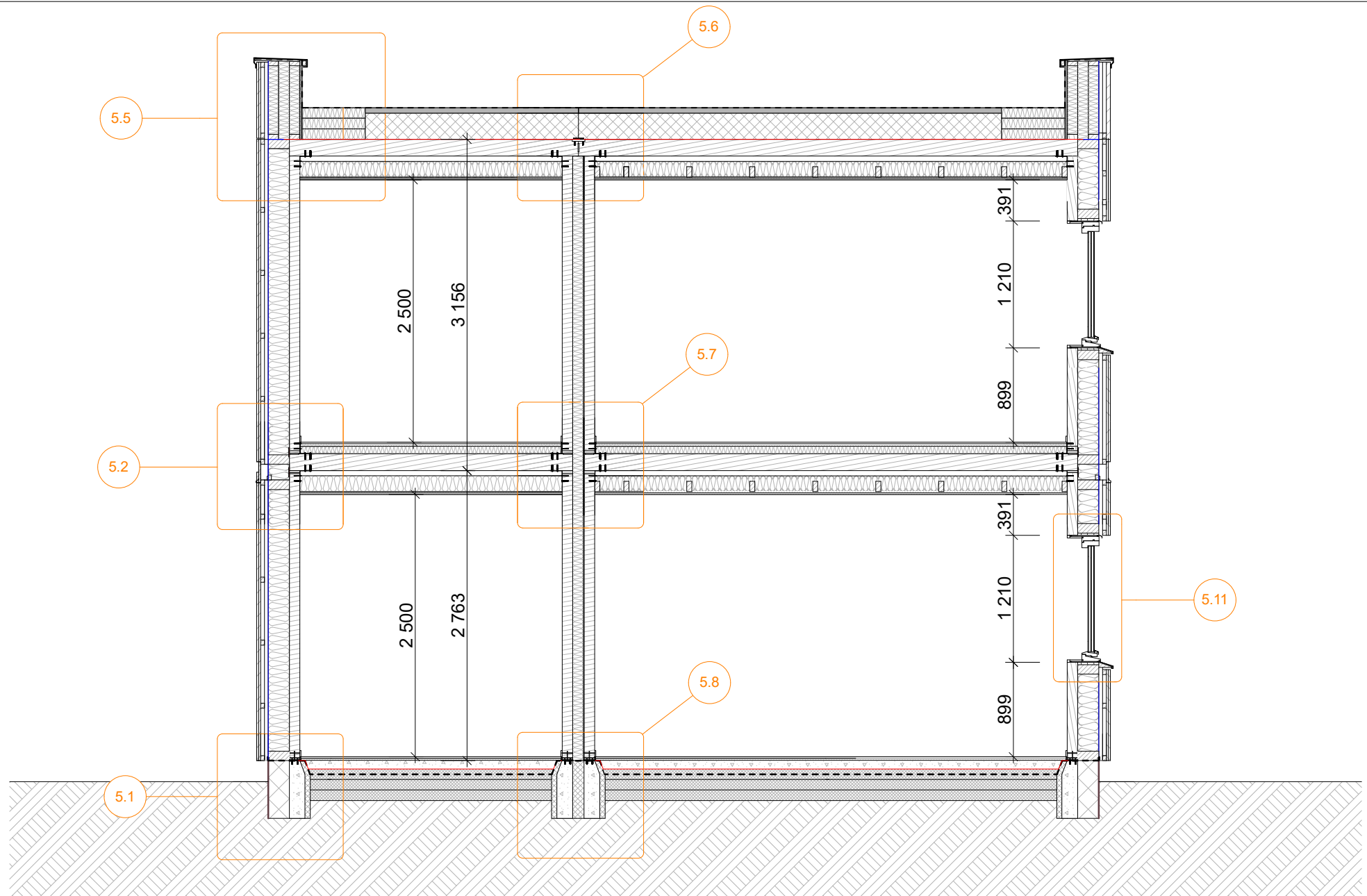
Ubrennbar isolasjon



Brennbar isolasjon

*Utvendige mål til utkant av bindingsverk og overgangene mellom modulene.

Prosjekt: Bacheloroppgave	Prosjektnr.: 2020-20	Tegningsnr.: 4.2	Dato 02.05.2020
Type tegning: Takplan			Målestokk 1:50



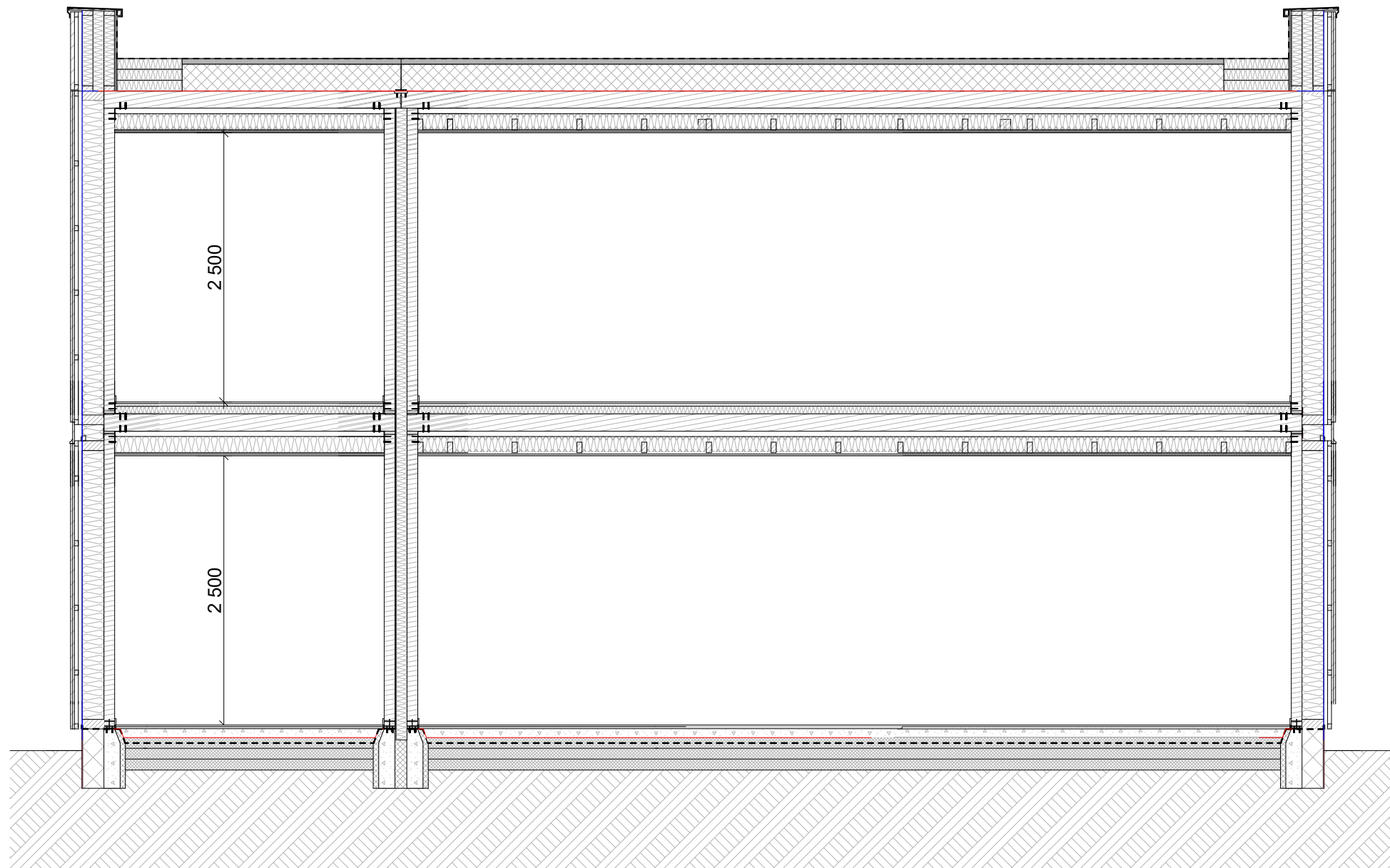
TEGNFORKLARING:

— Vindsperre

— Dampsperre

--- Taktekning / Radonmembran

Prosjekt:
BacheloroppgaveProsjektnr.:
2020-20Tegningsnr.:
4.3Dato
02.05.2020Type tegning:
Snitt AMålestokk
1:50



TEGNFORKLARING:

— Vindsperre

— Dampsperre

--- Taktekning / Radonmembran

Prosjekt:

Bacheloroppgave

Prosjektnr.:

2020-20

Tegningsnr.:

4.5

Dato

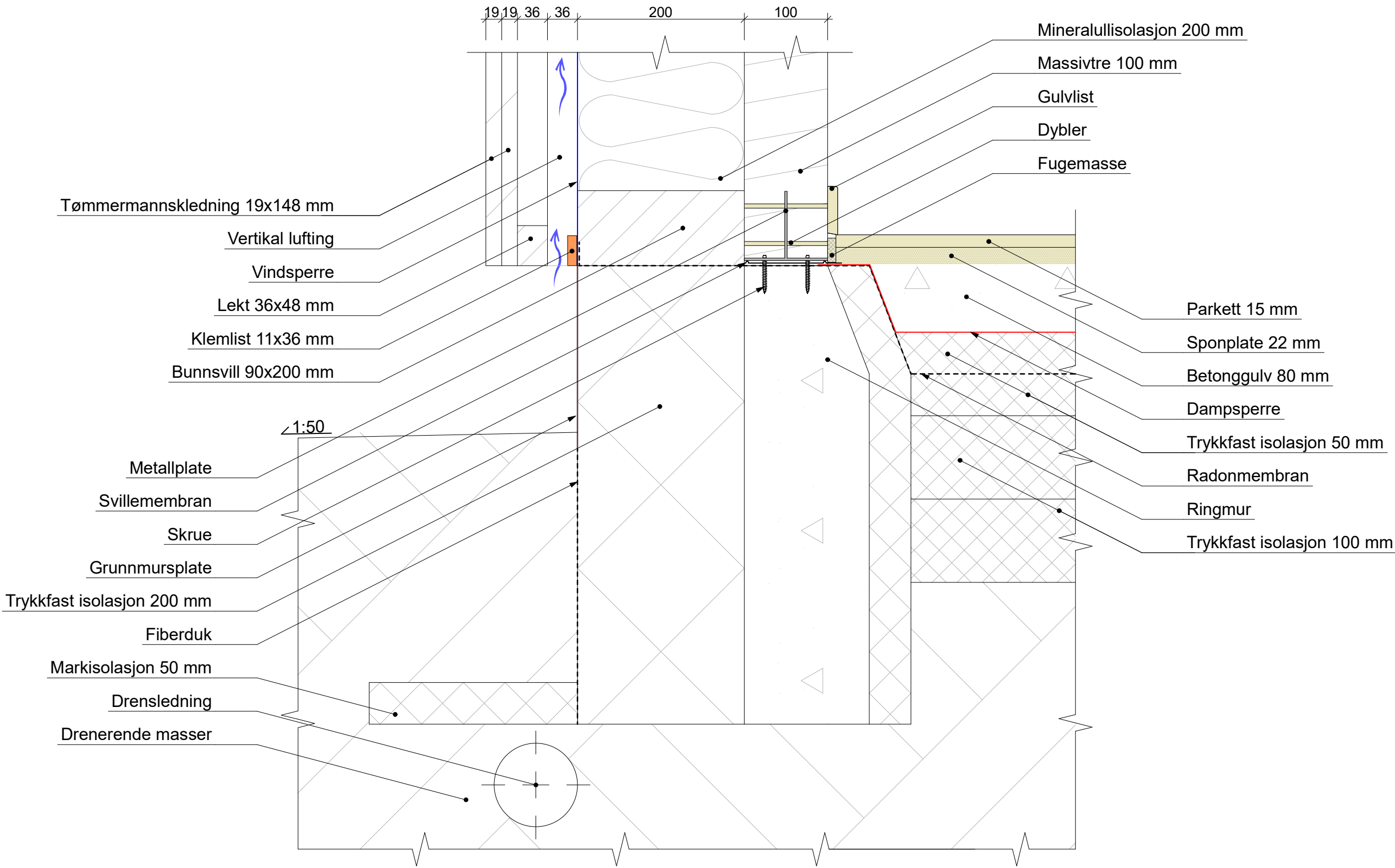
02.05.2020

Type tegning:

Snitt B

Målestokk

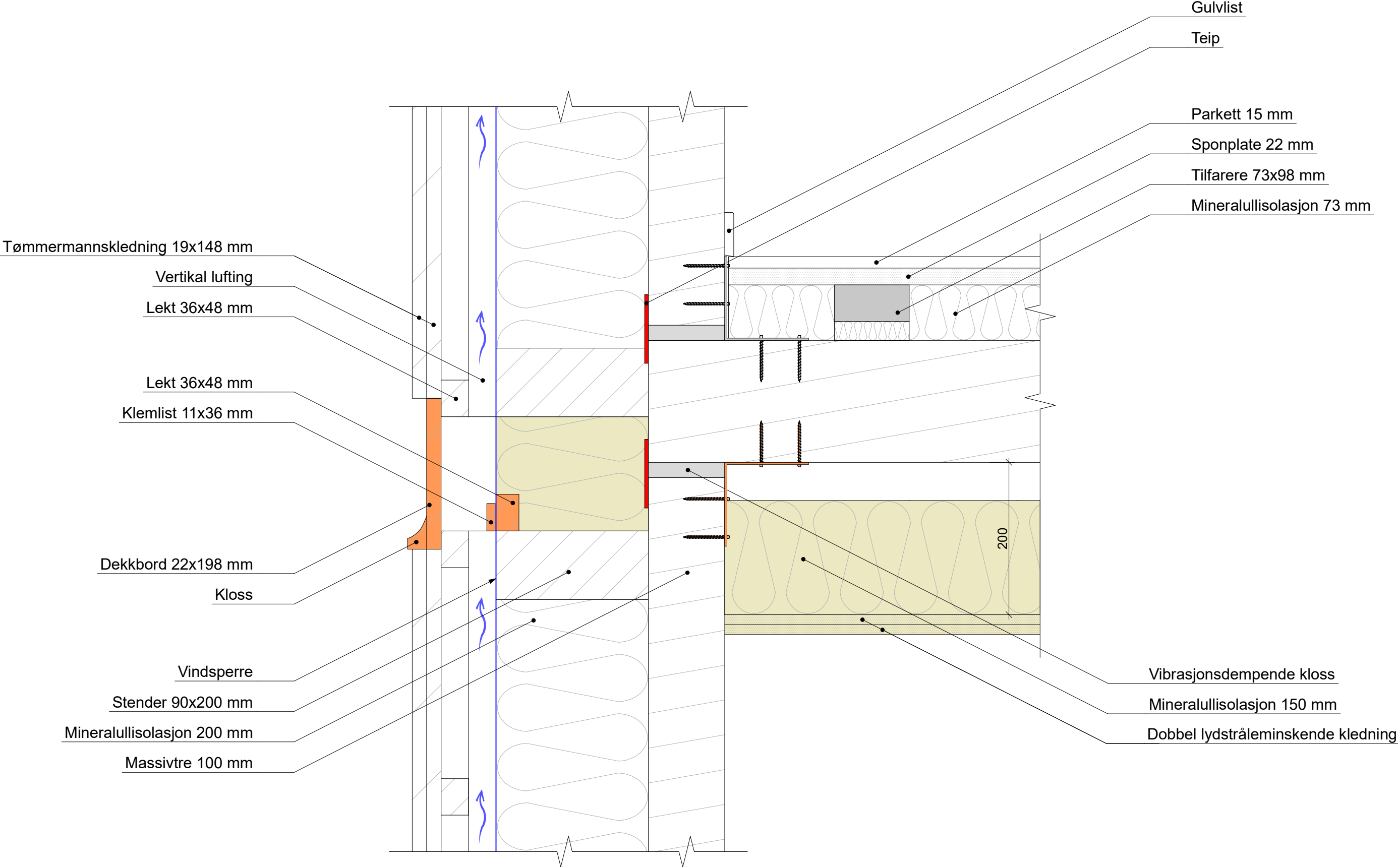
1:50



TEGNFORKLARING:

Monteres på byggeplass

Prosjekt:	Prosjektnr.:	Tegningsnr.:	Dato
Bacheloroppgave	2020-20	5.1	07.05.2020
Type tegning:	Målestokk		
Fundament/dekke/yttervegg	1:5		



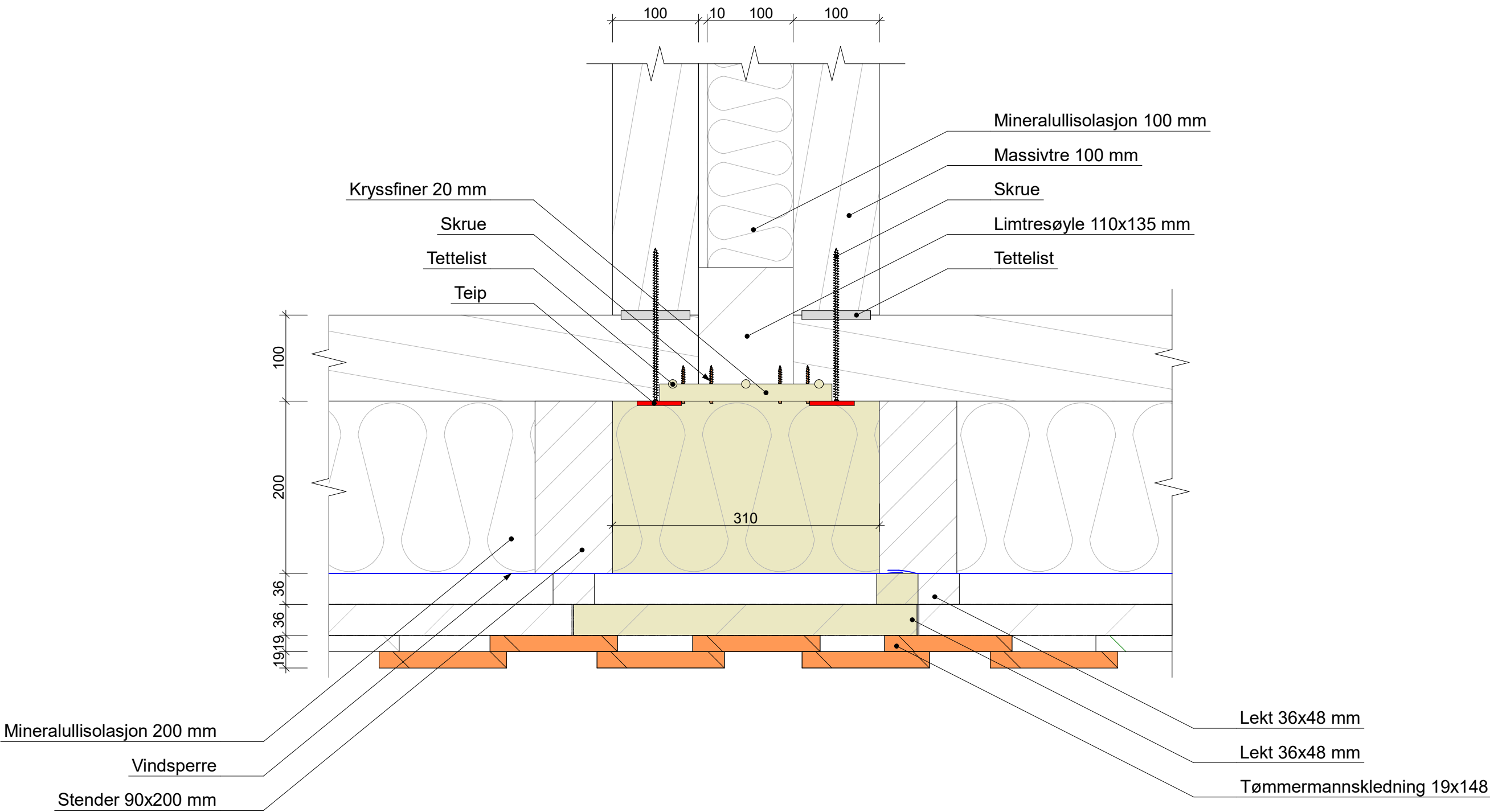
TEGNFORKLARING:

Teip over skjøter



Monteres på byggeplass

Prosjekt.: Bacheloroppgave	Prosjektnr.: 2020-20	Tegningsnr.: 5.2	Dato 07.05.2020
Type tegning: Yttervegg/etasjeskiller/yttervegg			Målestokk 1:5



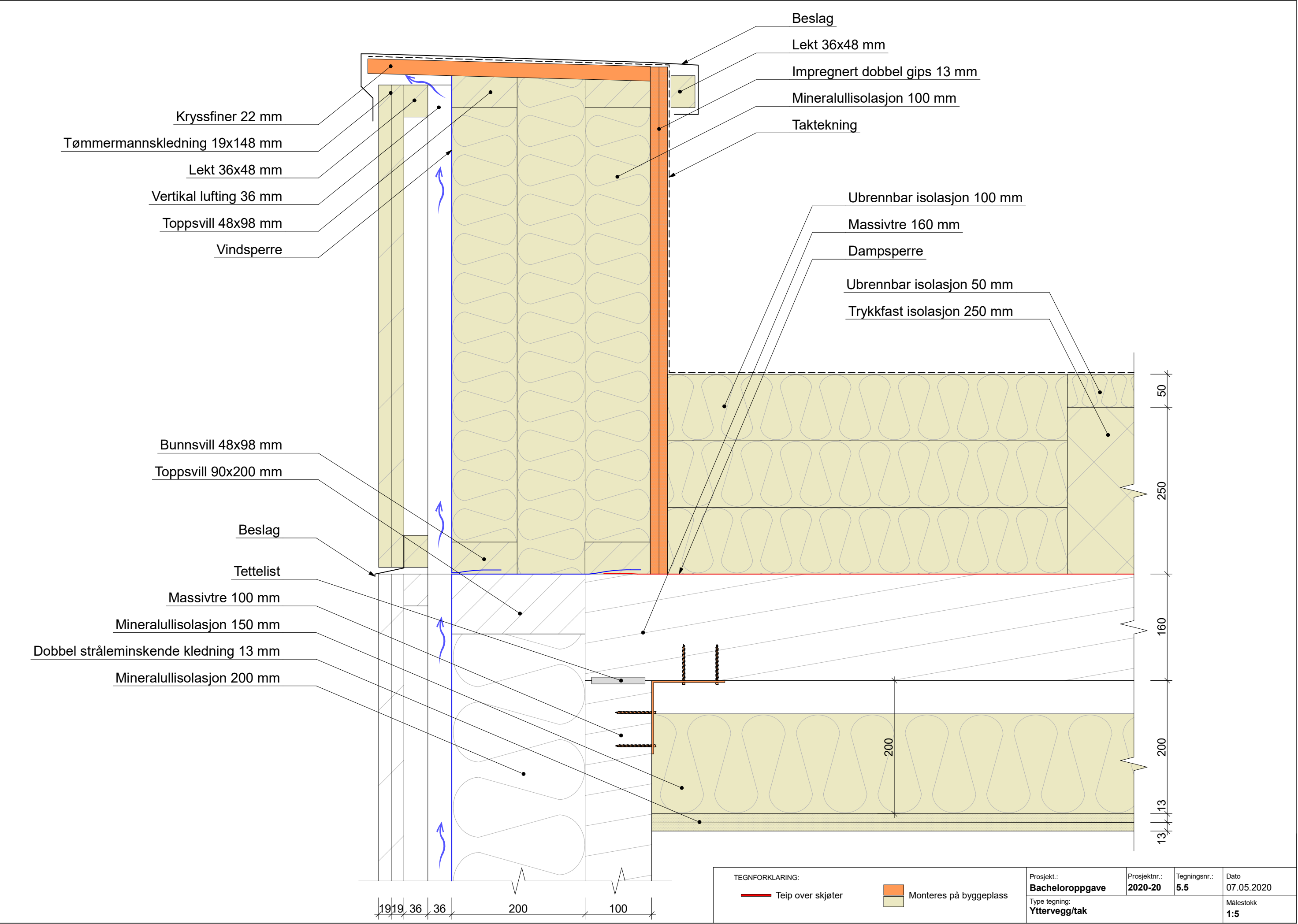
TEGNFORKLARING:

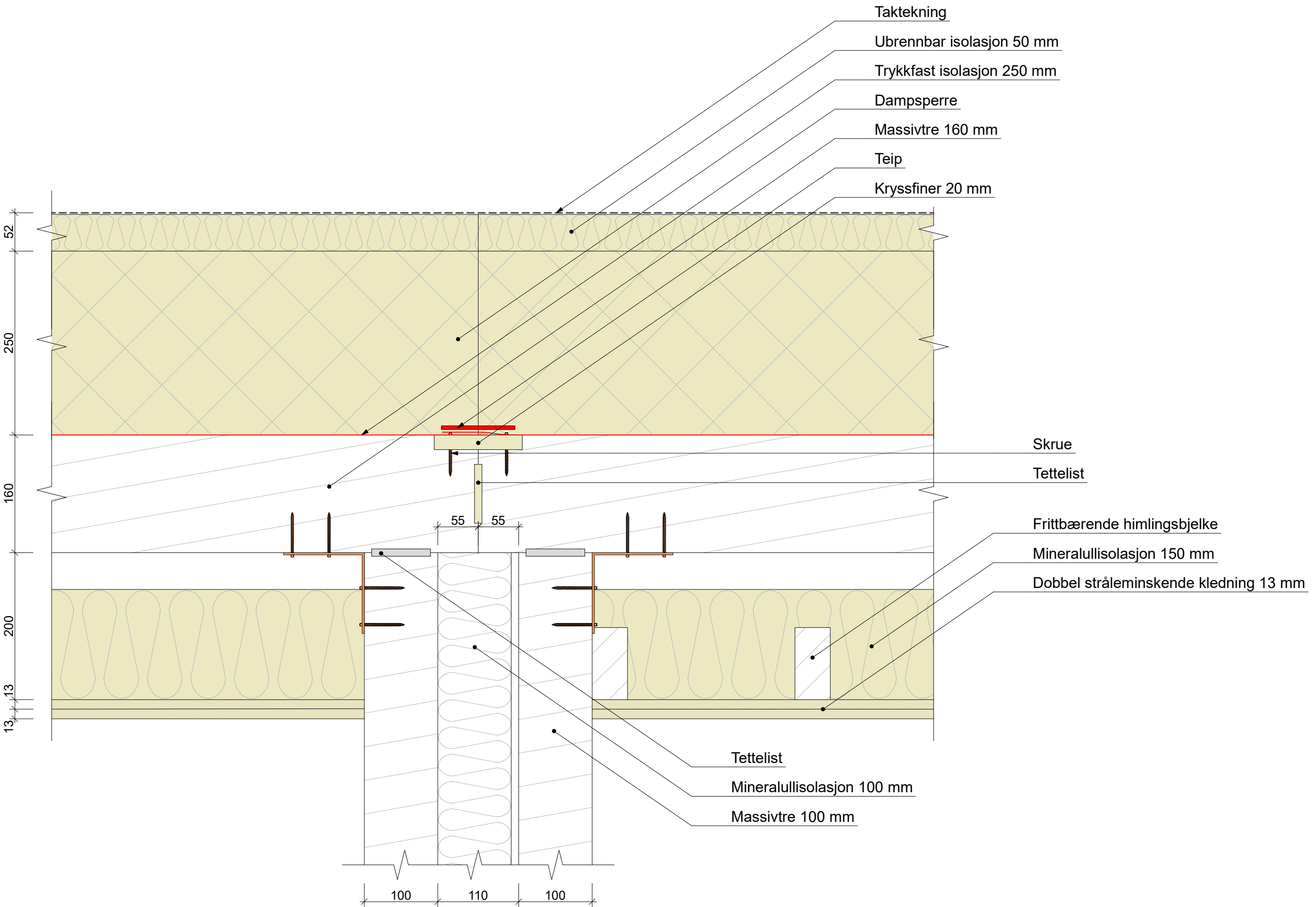
- Teip over skjøter
- Monteres på byggeplass

Prosjekt.: Bacheloroppgave	Prosjektnr.: 2020-20	Tegningsnr.: 5.3	Dato 07.05.2020
Type tegning: Yttervegg/innervegg/yttervegg			Målestokk 1:5

 Teip over skjøter

Prosjekt: Bacheloroppgave	Prosjektnr.: 2020-20	Tegningsnr.: 5.4	Dato 07.05.2020
Type tegning: Yttervegg/yttervegg			Målestokk 1:5



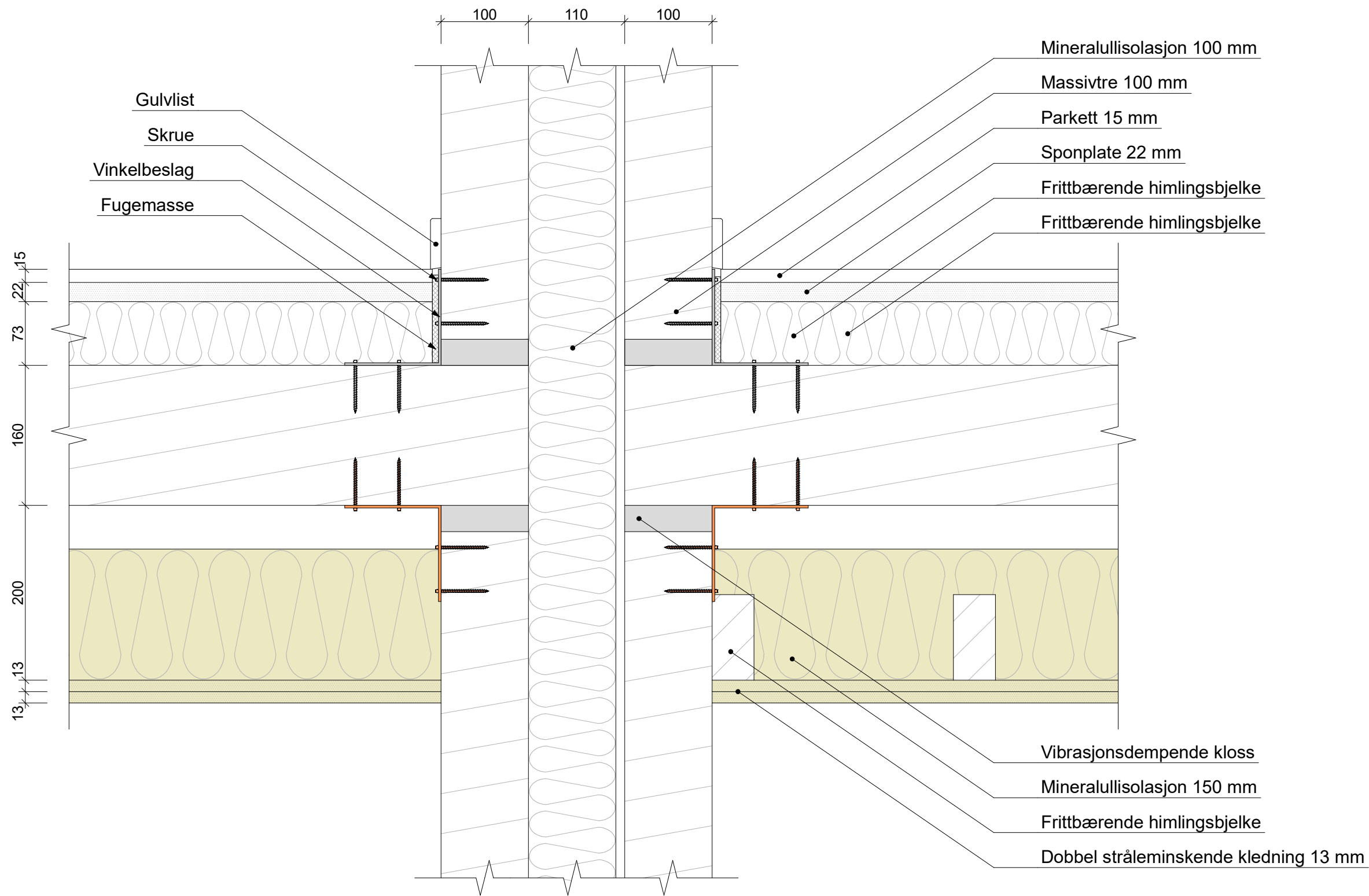


TEGNFORKLARING:

— Teip over skjøter

Monteres på byggeplass

Prosjekt.: Bacheloroppgave	Prosjektnr.: 2020-20	Tegningsnr.: 5.6	Dato: 07.05.2020
Type tegning: Tak/innervegg	Målestokk: 1:5		



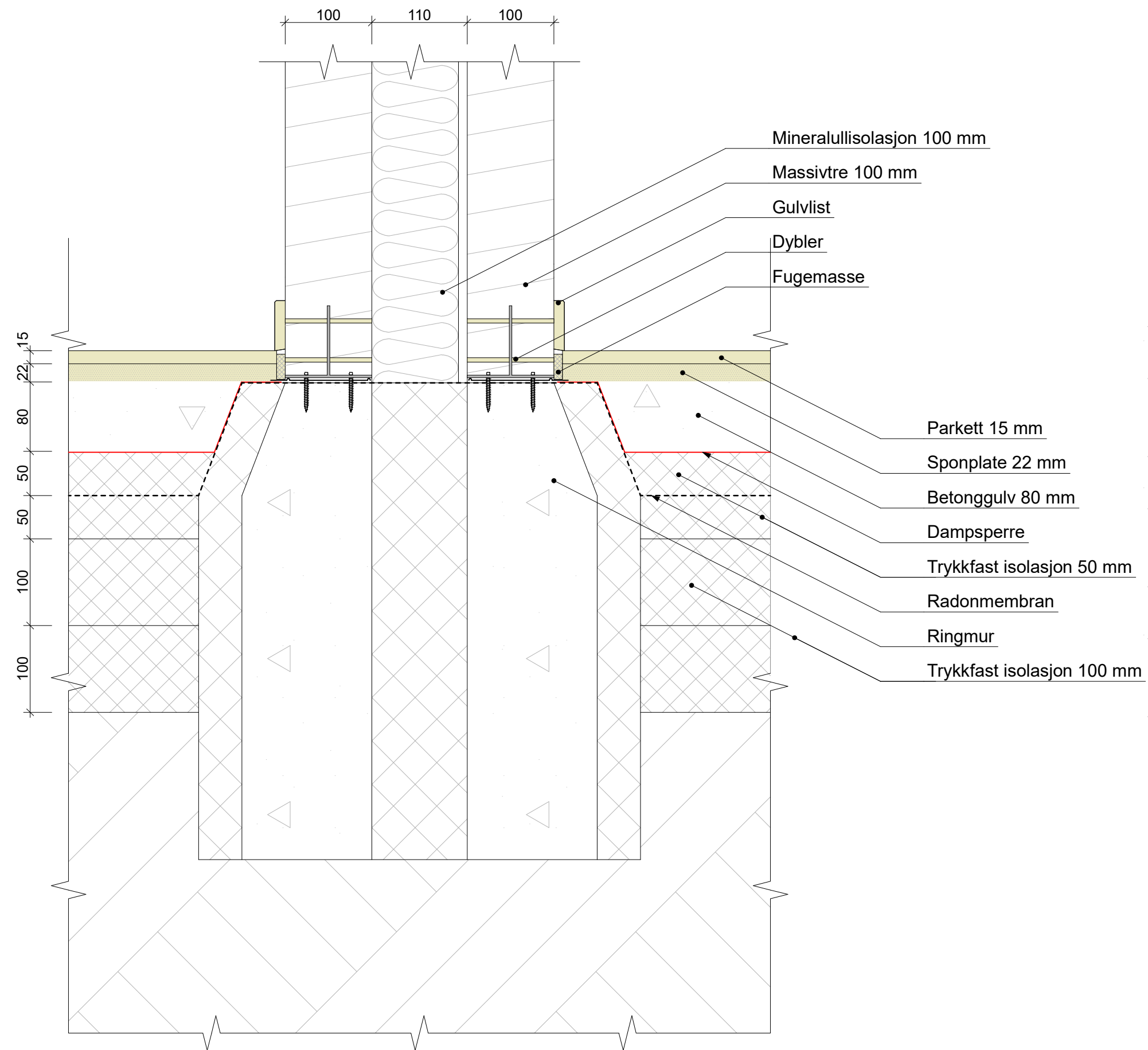
TEGNFORKLARING:

Teip over skjøter



Monteres på byggeplass

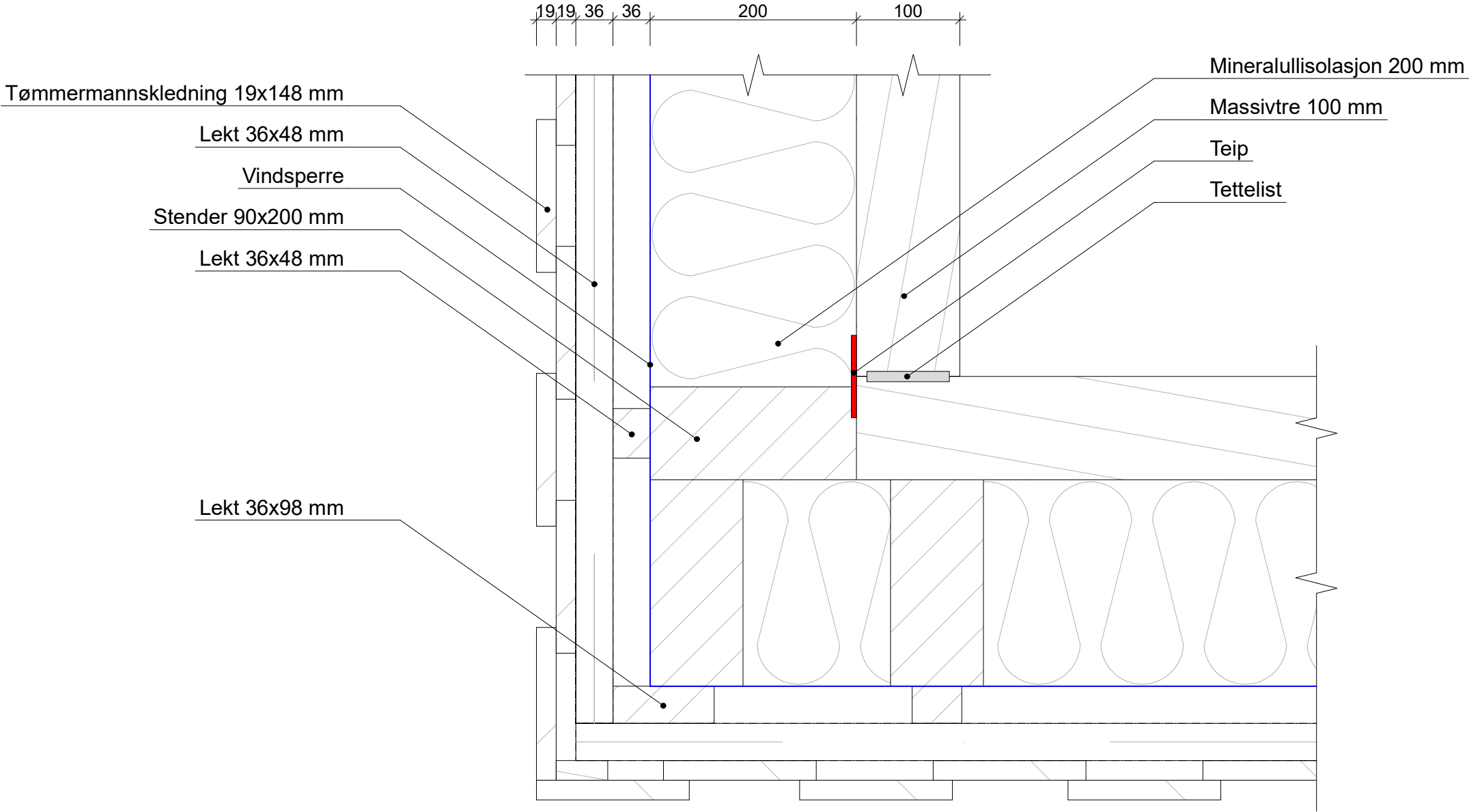
Prosjekt: Bacheloroppgave	Prosjektnr.: 2020-20	Tegningsnr.: 5.7	Dato 07.05.2020
Type tegning: Innervegg/etasjeskiller/innervegg			Målestokk 1:5



TEGNFORKLARING:

Monteres på byggeplass

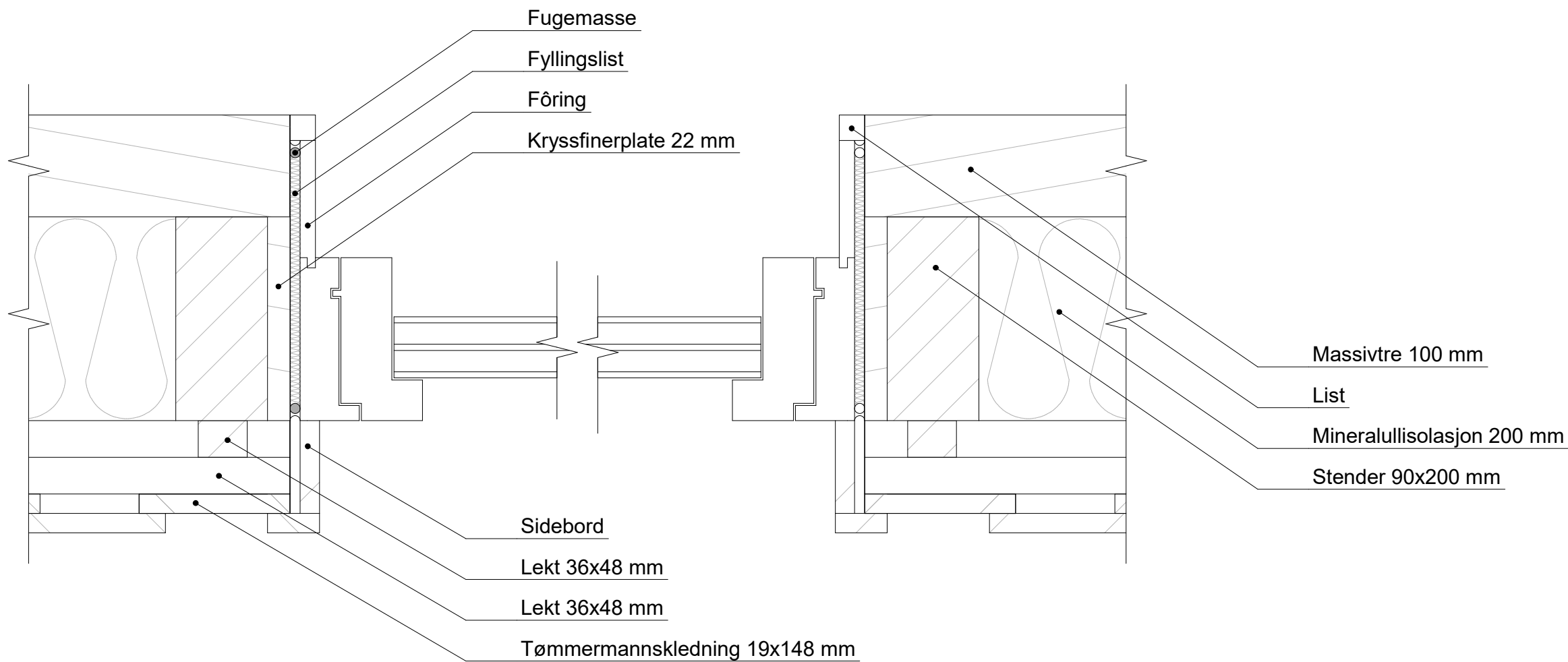
Prosjekt:	Prosjektnr.:	Tegningsnr.:	Dato
Bacheloroppgave	2020-20	5.8	07.05.2020
Type tegning:			Målestokk
Innervegg/dekke/fundament			1:5



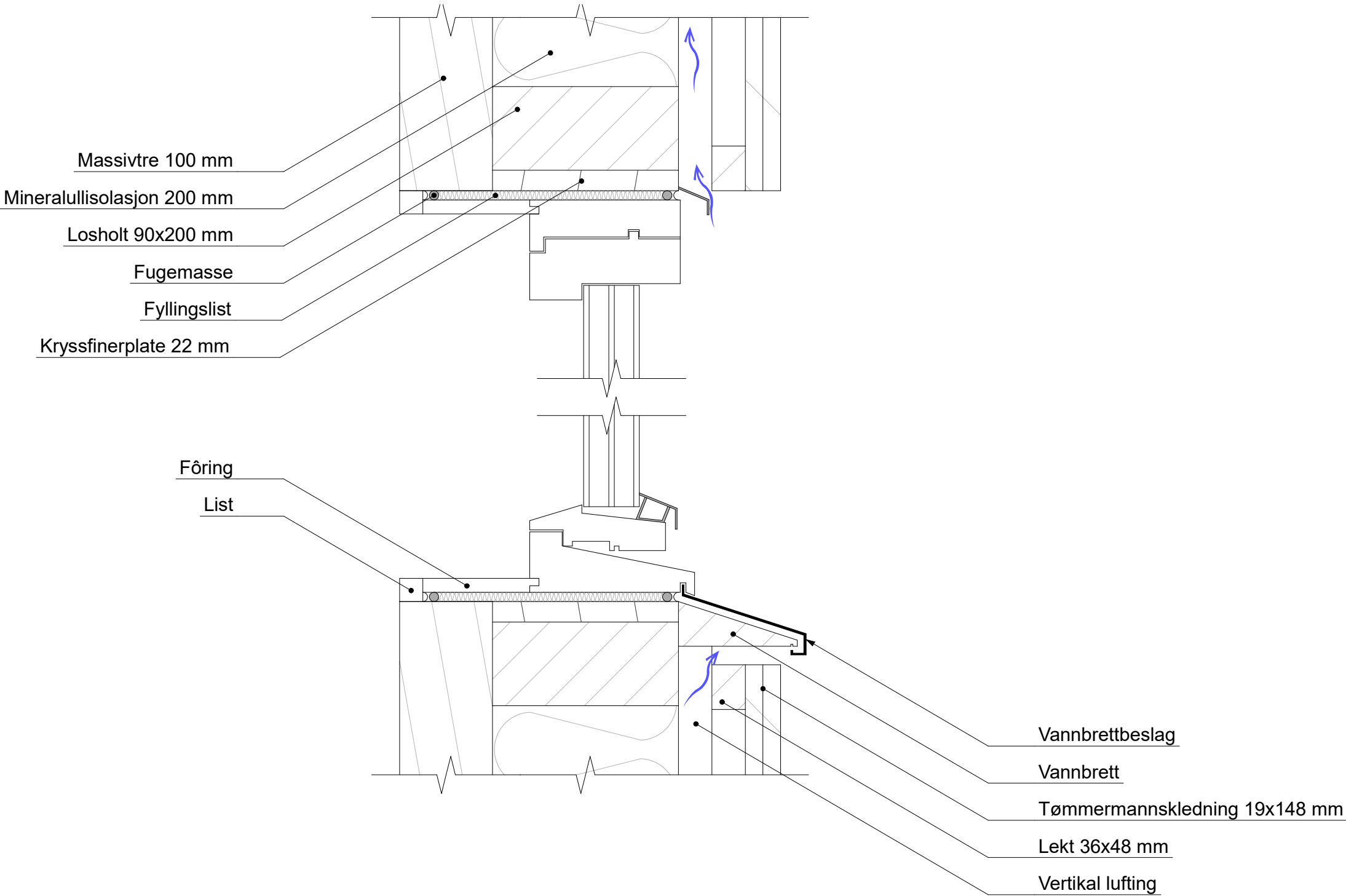
TEGNFORKLARING:

Teip over skjøter

Prosjekt.: Bacheloroppgave	Prosjektnr.: 2020-20	Tegningsnr.: 5.9	Dato 07.05.2020
Type tegning: Hjørne	Målestokk 1:5		



Prosjekt:	Prosjektnr.:	Tegningsnr.:	Dato
Bacheloroppgave	2020-20	5.10	07.05.2020
Type tegning:	Målestokk		
Vindusdetalj (horisontal)	1:5		



Prosjekt.: Bacheloroppgave	Prosjektnr.: 2020-20	Tegningsnr.: 3.11	Dato 07.05.2020
Type tegning: Vindusdetalj (vertikal)			Målestokk 1:5

6. Kommentarer til tegningene

Generelt for alle tegninger:

Når vinkelbeslag skal monteres for å sammenføre modulene må det være tilstrekkelig med tilkomst for de som skal utføre arbeidet, men andre deler av gulvet/himlingen kan likevel monteres på fabrikk.

Tegning 4.2 – Takplan

Antar at parapeten bygges på byggeplass av hensyn til transport (som beskrives ytterligere under kommentaren til tegning 5.5 og 5.6). Modulene kan også leveres med parapet ferdig fra fabrikk, eneste forskjellen da er at bunn- og toppsvill samt stendere må tilpasses hver enkelt modul.

Det samme gjelder for isolasjonen: Modulene kan leveres med ferdig isolasjon fra fabrikk, men akkurat i overgangene mellom modulene må det være mulig å komme til for å feste modulene og dampspærren.

Tegning 5.1 – Fundament/dekke/yttervegg

Før modulene fraktes til byggeplass må følgende forarbeid gjøres: Det må graves ut plass til grunnmur og isolasjon og fylles med drenerende masser, og tomten må generelt klargjøres med tilstrekkelig fall, Minimum 1:50, (3) slik at vannet renner vekk fra bygningen. Deretter støpes grunnmuren med utvendig isolasjon, og det legges isolasjon der gulvet skal støpes. Deretter legges radonmembran, et lag med 50 mm trykkfast isolasjon og dampspærre, og gulvet støpes over dette. Sville legges over grunnmuren (over radonmembranen), deretter skrus metallplaten fast i grunnmuren.

Modulene heises på plass (det må på forhånd freses spor i massivtreelementene til metallplatene). Deretter forankres massivtreelementene i metallplatene ved hjelp av enten dybler eller bolter. Fugemasse legges i overgangen mellom massivtreelementene og gulvet for å gjøre konstruksjonen helt lufttett. Deretter kan det resterende arbeidet gjøres på bygget, det vil si å legge sponplate, parkett og gulvlist.

Markisolasjonen må dimensjoneres ut ifra en helhetsvurdering om gulvet og ringmurens isolasjonsegenskaper, grunnforhold og hvor mye frost det er på stedet.

Musebånd vises ikke på tegningen, men monteres på fabrikk, like i overkant av der klemlist monteres på byggeplass.

Tegning 5.2 – Yttervegg/etasjeskiller/yttervegg

Etter at modulene er heist på plass teipes skjøtene for å sikre at konstruksjonen blir lufttett. Deretter dyttes isolasjon inn i det 150 mm høye hulrommet mellom modulene. Vindsperrene sammenføres ved hjelp av en lekt som festes i toppsvillen av den underliggende modulen og en klemlist som presser de to vindsperrene mot hverandre.

Kledningen tettes ved hjelp av dekkbord med dimensjonen 19x198 mm, og en tilhørende vinkelkloss for å lede bort vannet. Det er like fullt mulig å sette inn 200 mm lange bord med tømmermannskledning i stedet.

Tegning 5.3 – Yttervegg/innervegg/yttervegg

Etter at modulene er heist på plass skrus det en kryssfinerplate utenpå overgangene mellom modulene og limtresøylen (med tettelister på innsiden). Skjøtene teipes for å sikre at konstruksjonen blir helt lufttett. Deretter dyttes isolasjon inn i det 310 mm brede hulrommet mellom modulene. Vindsperrene sammenføres og teipes, og holdes på plass av en 36x48 mm stender som skrus fast i stenderen. Deretter monteres de horisontale lektene samt de resterende bordene med tømmermannskledning.

Tegning 5.4 – Yttervegg/yttervegg

Etter at modulene er heist på plass skrus de sammen ved hjelp av et kryssfinerbord som legges inni utfresningene i massivtreelementene. Deretter dyttes isolasjon inn i det 200 mm brede hulrommet mellom modulene. Vindsperrene sammenføres og teipes, og holdes på plass av en 36x48 mm stender som skrus fast i stenderen. Deretter monteres de horisontale lektene samt de resterende bordene med tømmermannskledning.

Tegning 5.5 – Yttervegg/tak

Tegningen viser et forslag der parapeten og takisolasjonen monteres på byggeplassen. Dette valget er gjort for å begrense modulenes høyde med tanke på transport på norske veier. Det er like fullt mulig å montere både parapet og takisolasjon på fabrikk ved hjelp av de samme tegningene.

Stenderverket i parapeten er todelt, der det ytterste monteres i toppsvillen til stenderverket under, og det innerste monteres i massivtredekket. Bunnsvillen i det innerste stenderverket klemmer dessuten fast vind- og dampsperran.

Tegning 5.6 – Tak/innervegg

Etter at modulene er heist på plass skrus de fast ved hjelp av et kryssfinerbord på oppsiden, før dampsperran fra de to modulene sammenføres og teipes i skjøtene. Deretter monteres isolasjon og taktekning.

Det er ikke tatt hensyn til takfall på tegningene. Dette må vurderes for hvert enkelt prosjekt og størrelse/utforming av taket. Isolasjonslaget må bygges opp med en vinkel som gjør slik at vannet renner til avløp. Fallet bør være minst 1:40 (7).

Grunnen til at frittstående himlingsbjelker kun vises på ene siden er at retningen på bjelkene er forskjellige i modulene.

Tegning 5.7 – Innervegg/etasjeskiller/innervegg

Før modulene heises på plass må det 110 mm store hulrommet mellom modulene i horisontal retning tettes med 100 mm mineralullisolasjon.

Etter at modulene er heist på plass skrus overliggende og underliggende modul sammen med vinkelbeslag i overgangen innervegg/etasjeskiller. Deretter kan isolasjonen i himling og himlingskledningen monteres.

Tegning 5.8 – Innervegg/dekke/fundament

Se forklaringen for tegning 5.1

7. Kildehenvisning

SINTEF Byggforsk

1. SINTEF. 514.221 Fuktsikring av konstruksjoner mot grunnen [oppdatert January 2020; hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/248/fuktsikring_av_konstruksjoner_mot_grunnen
2. SINTEF. 520.706 Sikring mot radon ved nybygging [oppdatert Desember 2018; hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/326/sikring_mot_radon_ved_nybygging
3. SINTEF. 521.111 Golv på grunnen med ringmur. Utførelse [oppdatert June 2012; hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/328/golv_paa_grunnen_med_ringmur_utfoerelse
4. SINTEF. 522.511 Lydisolerende etasjeskillere med trebjelkelag i boliger [oppdatert February 2017; hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/338/lydisolerende_etasjeskillere_med_trebjelkelag_i_boliger
5. SINTEF. 522.891 Etasjeskillere i massivtre [oppdatert November 2019; hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/3367/etasjeskillere_i_massivtre
6. SINTEF. 523.701 Innsetting av vindu i vegger av bindingsverk [oppdatert March 2018; hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/369/innsetting_av_vindu_i_vegger_av_bindingsverk
7. SINTEF. 525.207 Kompakte tak [oppdatert April 2018; hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/387/kompakte_tak
8. SINTEF. 542.101 Stående trekledning [oppdatert October 2011; hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/472/542101_staaende_trekledning

Øvrig litteratur

9. DiBK. Byggteknisk forskrift, TEK17 [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
10. Treteknisk. Teknisk handbok: Hefte 2 Byggteknikk [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-2-Byggeteknikk.pdf>
11. Trefokus. Lydvegg [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: <http://www.trefokus.no/proff/artikler/a-bygge-med-tre/byggesystemer-for-massivtre/lydvegg>
12. KLH Massivholz GmbH. Component catalogue for cross laminated timber structures [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.klh.at/wp-content/uploads/2019/09/klh-construction-en.pdf>
13. Rothoblaas. Handbook for CLT buildings [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: <https://issuu.com/rothoblaas/docs/handbook-for-clt-buildings-en?e=18207635/56110450>

14. Holzforschung Austria. Construction with cross laminated timber in multi storey buildings [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: http://www.mm-holz.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Folder/Sonstige/Planungsbroschuere-Brettsperrholz_en.pdf
15. FPInnovations and Binational Softwood Lumber Council. CLT Handbook: U.S. Edition (Chapter 5) [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: https://www.seattle.gov/dpd/cms/groups/pan/@pan/documents/web_informational/dpds021903.pdf
16. Svensk trä. KL-trähandbok [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.svenskttra.se/siteassets/5-publikationer/pdfer/svt-kl-trahandbok-2017.pdf>
17. GLAVA. Pluss System [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: <https://www.glava.no/bygg/losninger/fasadesystemer/pluss-system/>
18. Astel modular. Referanser [hentet April 2020]. Tilgjengelig fra: <https://astelmodular.no/referanser/>

Fra: Erlend Leander Johansen <erlend.johansen@splitkon.no>
Sendt: tirsdag 24. mars 2020 11.31
Til: Abdullah Habibi
Emne: SV: Kostnader knyttet til Massivtre

Se mine svar i **rødt** nedenfor.

Med vennlig hilsen/Regards

Erlend Leander Johansen
Salgsingeniør/Sales Engineer

Tlf: +4748152008

Mail: erlend.johansen@splitkon.no

Web: www.splitkon.no



Splitkon AS | Industriveien 3 | N-3340 Åmot | Org. nr. NO 995806 797 MVA

Fra: Morten L. Johansen <morten.johansen@splitkon.no>
Sendt: fredag 20. mars 2020 18:01
Til: Erlend Leander Johansen <erlend.johansen@splitkon.no>
Emne: VS: Kostnader knyttet til Massivtre

Med vennlig hilsen

Morten Leander Johansen
Daglig Leder

Tlf: 41536688

Mail: morten.johansen@splitkon.no

Web: www.splitkon.no



Splitkon AS | Industriveien 3 | N-3340 Åmot | Org. nr. NO 995806 797 MVA

Fra: Abdullah Habibi <abdullha@stud.ntnu.no>
Sendt: fredag 20. mars 2020 15:50

Til: Morten L. Johansen <morten.johansen@splitkon.no>

Emne: Kostnader knyttet til Massivtre

Hei

Vi er to studenter ved NTNU i Trondheim som skriver bacheloroppgave der vi sammenligner moduler med bindingsverk kontra moduler med massivtre (KL-tre).

Vi i gruppa har tenkt å skrive et kapittel om kostnad i vår bachelor oppgave. Vi sliter med å finne informasjon om kostnader knyttet til massivtre.

Vi lurder derfor på hvor mye koster det å produsere massivtre elementer ?

Dette kan være kostnader for prosjektering, produksjon,montering ++++.

Kostnader kan også være knyttet til bestillingskrav, slik som brannsikkerhet, lydkrav og miljø.

Vi har også noen tilleggsspørsmål:

- Hva anser dere som den største utfordringen med å bruke massivtre i skandinavisk klima?

Det er per i dag ingen utfordringer knyttet til bruk av massivtre grunnet skandinavisk klima. Vi kjenner godt og tar hensyn til klimaet her. Fordi vi leverer et produkt med svært høye krav til finish og store volum er vi nødt til å være nøye med hensyn relatert til klima.

- Byr massivtre elementer på noen utfordringer som man ikke ser i elementer med bindingsverk?

Nei. Massivtre forenkler og effektiviserer produksjonen av bygningselementer. Ferdige veggelement kan bygges opp av kun massivtre, trykkfast isolasjon og kledning rett på isolasjon. Uten behov for egen dampspærre eller vindspærre. Elementer i massivtre er også mer stabile og tåler løfting og håndtering bedre enn elementer i bindingsverk.

- Har dere erfaring med å bygge i høyden med massivtre uten å benytte ekstra bæresystemer i form av søyler og bjelker av limtre/betong/stål osv.?

Som hovedregel er et primærbæresystem av limtre en viktig og god løsning for høye bygg i massivtre. Det gir bygget økt fleksibilitet og potensiale mtp fremtidig bruk. Vårt høyeste bygg uten et primærbæresystem i limtre er Blindernveien 6, studentboliger i Oslo:

<https://www.ove-skaar.no/prosjekter/paagaende-prosjekter/oversikt-paagaende-prosjekt/blindernveien-6>

<https://www.tu.no/artikler/her-blir-det-plass-til-320-studenter/438990>

Prosjekter i denne skalaen og høyden har normalt et bæresystem i limtre som bidrar. Limtreet er produsert med samme lim og prinsipper som massivtre.

- Er det dyrt å produsere massivtre elementer sammenlignet med elementer av bindingsverk?

Jeg anbefaler å bruke et 3-sjikts 100mm element til regnestykkene deres. I stort volum kan prisen på et slikt element ferdig prosjektert, produsert og levert være 650 kr/m². Da trenger man ikke dampsperre utenpå massivtreet.

Vi setter pris på all den hjelpen vi kan få! Vi vil også takke for at dere har tatt dere tiden til å lese dette og ser frem til å høre fra dere!

Med vennlig hilsen

Abdullah Habibi

Telefon: 405 83 449

E-post: abdullha@stud.ntnu.no

Sendt fra [E-post](#) for Windows 10

Generelt om massivtre moduler Splitkons perspektiv

Fra: [Erlend Leander Johansen](#)

Sendt: tirsdag 24. mars 2020 kl. 12.40

Til: [Abdullah Habibi](#)

Emne: SV: bacheloroppgave

Hei!

Satt og skrev nå. Beklager at det kom seint.

Generelt om modulbygging med massivtre kan jeg si at vi som produsent er oppmerksomme på at det ligger et stort potensiale i markedet for modulbygg til å benytte massivtre. Bruken av massivtre er i dag veldig bred, og det tar nok 10-15 år før markedet følger etter våre anbefalinger og retningslinjer for bruk og utnyttelse av elementene. Det blir litt som en datamaskin: Den kan brukes til alt mulig rart, men kun noen få oppgaver utnytter maskinens kraft og potensiale. På samme måte benyttes massivtre i dag til mye forskjellig. Alt fra høyhus til boliger og små kunstprosjekter.

Splitkon er i en situasjon der vi må prioritere prosjekter som gir oss høyest lønnsomhet, og da er volumprosjekter som serieproduksjon av elementer veldig aktuelle.

Med vennlig hilsen/Regards

Erlend Leander Johansen
Salgsingeniør/Sales Engineer

Tlf: +4748152008

Mail: erlend.johansen@splitkon.no

Web: www.splitkon.no



Splitkon AS | Industriveien 3 | N-3340 Åmot | Org. nr. NO 995806 797 MVA



Erlend Leander Johansen <erlend.johansen@splitkon.no>

26.03.2020 10.38



Til: Abdullah Habibi

På generelt grunnlag er massivtre veldig tidsaktuelt. Moduler og andre løsninger for å effektivisere prefabrikeringsløsningene våre er viktige ledd i den videre utviklingen av massivtre som produkt.

Med vennlig hilsen/Regards

Erlend Leander Johansen
Salgsingeniør/Sales Engineer

Tlf: +4748152008

Mail: erlend.johansen@splitkon.no

Web: www.splitkon.no



Splitkon AS | Industriveien 3 | N-3340 Åmot | Org. nr. NO 995806 797 MVA

Kostnader knyttet til massivtre

Fra: Erlend Leander Johansen <erlend.johansen@splitkon.no>

Sendt: Tuesday, March 24, 2020 1:02:26 PM

Til: Abdullah Habibi <abdullha@stud.ntnu.no>

Emne: SV: bacheloroppgave

I dag vurderes mange bygg kun ut ifra teoretiske m2-priser på ferdig modul. Bl.a er produksjonskostnadene og montasjekostnadene lavere for massivtre. Mange entreprenører ser nå at de får besparelser når de regner total kostnadene på store byggeprosjekter. For massivtre kan særlig prosjekteringskostnadene reduseres dersom det utarbeides standardelementer som kunder kan benytte når prosjektene designes. Jeg tror prisen jeg skreiv i den andre mailen kan reduseres ned mot 500-550 per m2 element med effektivisering av prosessene rundt selve produksjonen. Da vil prisen på elementene avhenge mer av lønnskostnader i produksjonen og råvarepris på skurlasta vi tar inn og lager elementer av.

Med vennlig hilsen/Regards

Erlend Leander Johansen
Salgsingeniør/Sales Engineer

Tlf: +4748152008

Mail: erlend.johansen@splitkon.no

Web: www.splitkon.no



Splitkon AS | Industriveien 3 | N-3340 Åmot | Org. nr. NO 995806 797 MVA