

Massivtre – et fullverdig alternativ til tradisjonell byggemetode?

Cross Laminated Timber – a full-fledged alternative to traditional building methods?

Trondheim Mai 2019

Navn studenter:

Marius Ross Glasø

Erik Husby

Intern veileder:

Laurina C. Felius

Ekstern veileder:

Erlend Leander Johansen

Prosjektnr:

26 - 2019

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Prosjektbeskrivelse

I starten av februar 2019 fikk vi fem ulike oppgaver å velge mellom fra Erlend Johansen i Splitkon AS. Fire av dem konsentrerte seg om ulike deler av et bygg av massivtre, mens den siste var fokusert på detaljløsninger. Planen var å se på ulike løsninger og finne ut hvordan de ulike konstruksjonsdelene med massivtre kunne brukes for å oppnå de beste løsningene.

Etter litt diskusjon med intern veileder og oss selv ble vi enige om å endre oppgaven til å undersøke hvorfor man skal velge massivtre, sammenlignet med tradisjonell byggemetode. Vi valgte å se på yttervegger, og i hovedsak sammenligne med bindingsverk. Videre utformet vi to eksempelvegger hvor vi bestemte omtrent lik u-verdi, slik at de hadde samme utgangspunkt.

Det som rapporten skal svare på er om yttervegg av massivtre er et fullverdig alternativ til tradisjonell byggemetode, hvor det vil være hovedfokus på bindingsverk av tre. Det vil også bli sett på forskjeller mellom massivtre og betong/stål, som for det meste blir brukt i større bygg i dag. For å finne ut dette må vi se på hvor gode egenskaper bindingsverk og massivtre har, med tanke på U-verdi, kuldebroer, materialegenskaper, bæreevne, monteringseffektivitet, brann, miljø og pris.

Resultatmålet vil være å bidra med informasjon slik at entreprenører og andre vil ta i bruk massivtre i mye større grad enn nå. De skal kunne ha mulighet for å sammenligne, slik at man ser hva som er fordelene og ulempene med massivtre. Et annet resultat vil være at leverandører har mulighet til å se på tiltak som de kan foreta seg for å øke interessen for massivtre.

Stikkord fra prosjektet:

- Massivtre
- Yttervegg
- Glava Pluss System
- Materialegenskaper
- U-verdi
- Kuldebro
- Passivhus
- Miljøvennlig
- Pris

Forord

Bacheloroppgaven er det avsluttende faget i 6. og siste semesteret ved bachelor i byggingeniør på NTNU. Oppgaven tilsvarer 20 studiepoeng, noe som utgjør omtrent 500 timer per student. Vi er to studenter som hadde husbyggingsteknikk som spesialisering i 5. semestret. Der ble vi for første gang introdusert for massivtre, noe som virket interessant for begge to.

Det ble tidlig i prosessen avklart at vi ville skrive om massivtre. Siden vi hadde god kjennskap til Consto Midt Norge AS, som vi visste skulle sette opp et bygg i massivtre, ble det et naturlig valg å ta kontakt med dem. Der ble vi satt i kontakt med Splitkon AS som stod for leveransen av massivtre til Constos prosjekt på Skjetlein videregående skole rett utenfor Trondheim. I midten av desember 2018 møtte vi Splitkon for første gang, og ble introdusert for Erlend Leander Johansen som skulle være vår eksterne veileder i løpet av bacheloroppgaven. På møtet ble det avklart at vi ville få oppgaven på nyåret, som dreide seg om massivtre. Denne ble av ulike årsaker endret til å handle om bindingsverk og massivtre.

Vi har begge svennebrev som tømrer, slik at vi hadde god kjennskap til bindingsverk fra før av. Men vi har tilegnet oss mer kompetanse om massivtre og spesielt innenfor yttervegger. Det som interesserte oss veldig på forhånd var hvordan massivtre var i forhold til klima. Dette er et tema som er aktuelt for tiden, og det å få mer kompetanse rundt et slikt klimavennlig produkt vil være fornuftig for fremtiden.

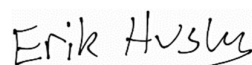
En spesiell takk til:

- Laurina C. Felius, intern veileder v/NTNU
- Erlend Leander Johansen, eksterne veileder v/Splitkon AS
- Hege Husby, byggingeniør v/Consto AS
- Morten Stamnes, produksjonsleder v/Consto AS
- Andreas Breen, daglig leder v/Breen Consulting
- John Kåre Sundstrøm v/Glava AS
- Helene Solheim

Trondheim, 20. mai 2019



Marius Ross Glasø



Erik Husby

Abstract

This report focuses on cross-laminated timber (CLT) and how this building method is compared to others. It is chosen to look more at the difference in outer wall in respectively wood framing and CLT in this report. Where it is made two example walls, one in wood framing and one in CLT. This way it has been easier to compare both walls characteristic. Wood framing is the most common way to build houses in Norway and tall buildings are often built in concrete and steel. But is there a way we could start building in CLT, which is a climate friendly construction method? Environment and greenhouse gas emissions is a massive concern today, and therefore it's important to find more environmentally friendly ways to build. The building sector stands for 40% of all greenhouse gas emissions in the world, a reduction in this sector will be a massive benefit for the earth. Studies have shown that support system built in CLT can lower CO₂ emissions with around 50 % compared to concrete and steel.

Most of the information is collected by literature search, but there has been subjects where it has been calculated by the project group themselves. The goal of this report has been to collect information and examine if cross-laminated timber is a construction method for the future. It has been looked at how CLT scores in subjects like, U-value, thermal bridge, support system, assembly efficiency, fire attributes, environment and costs.

Cross-laminated timber was in almost every subject either better than or just as good as wood frame. One of the two subjects CLT was not as good as wood frame was support system. Wood frame had a bit more capacity, but there are several things that is better with CLT. Cross-laminated timber has the same capacity all over the wall, while wood frame has only the capacity where the columns are. The other thing was the price, CLT was roughly 13% more expensive than wood frame in our example. For most customers, costs are the subject that matters the most when they are going to choose their building method, therefore it is easy to avoid it. To increase use of CLT it is necessary to find a way to lower the costs. The availability of cross-laminated timber in Norway is the biggest issue for the price. There are just a few suppliers with a limited capacity in Norway, so most CLT gets imported from other countries.

CLT was a bit more expensive in this example, but if the wall needs a lower u-value it is much easier with CLT than wood frame. By increasing the insulation thickness the CLT-wall gets only a minor increase of costs, but since wood frame is built in another way, there will be more

work to increase its thickness and, more expensive, it may even go past CLT when it comes to costs. If so, CLT is definitely a worthy alternative to traditional building methods.

Splitkon AS has invested and built the world's largest CLT-factory just outside of Oslo. This factory may cover the need of CLT in Norway today, but when it gets more common, the capacity will get too low. Capacity to produce CLT is an important factor for increasing the use of it, instead of other building methods. When the capacity is sufficient, and there are other suppliers who manufactures CLT in Norway, the price will naturally go down because of the competition and more efficient production. Throughout this research it is discovered lack of competence around cross-laminated timber, there are only a few places to collect information from and the knowledge is not widespread.

Even though cross-laminated timber already is a fully-fledged alternative to traditional building methods, there is a few things who needs to be done to increase the use of it. It is necessary to increase the competence of the contractors. Norway will need more manufacturers to produce elements around the country. These two things will probably decrease some of the costs for CLT. And when the price gets at a reasonable level and engineers are competent enough there is no reason not to choose CLT as building method in new buildings.

Innholdsfortegnelse

Prosjektbeskrivelse	i
Forord.....	ii
Summary	iii
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål	1
1.3 Problemstilling	2
1.4 Omfang og avgrensninger	2
1.5 Historie om yttervegger	3
Langhus	3
Palisadebygninger	4
Stavbygninger	4
Grindverk.....	4
Laftehus	4
Reisverk.....	5
Bindingsverk.....	5
1.6 Historie om massivtre	7
Hva er massivtre?.....	7
Massivtre i Norge.....	8
2. Metode	9
3. Teori.....	11
3.1 U-verdi	11
3.2 Kuldebroer.....	13
Geometrisk kuldebro	13
Konstruktiv kuldebro	13
3.3 Materialelegenskaper.....	14

Lyd og Vibrasjoner	14
Levetid.....	14
3.4 Bæreevne.....	15
Fasthetsklasse	15
Massivtre som veggelementer	15
3.5 Monteringseffektivitet.....	16
Produksjonstid	16
Montering på byggeplass.....	17
3.6 Brann.....	17
Brannkrav	17
Brannegenskapene til massivtre.....	18
Termisk nedbrytning av tre	19
Brannforløp.....	19
3.7 Miljø.....	20
Klimagassutslipp.....	20
Energibruk	21
Innemiljø.....	23
Passivhus	23
3.8 Pris	25
4. Analyse og resultater.....	28
4.1 U-verdi	28
4.2 Kuldebro.....	29
Geometrisk kuldebro	29
Konstruktiv kuldebro	30
4.3 Materialelegenskaper.....	30
Lyd og vibrasjoner	30
Levetid.....	31
4.4 Bæreevne.....	31

4.5 Monteringseffektivitet.....	33
4.6 Brann.....	34
4.7 Miljø.....	34
4.8 Pris	37
5. Drøfting	38
6. Forskning og utvikling	43
6.1 Glava Pluss System.....	43
6.2 Komponenter	44
Glava Pluss Stender	44
Glava Plussplate.....	45
6.3 Løsninger.....	45
Montering på elementer av massivtre	46
Utvendig hjørneløsning	46
Innvendig hjørneløsning	46
Løsning når vinduer og dører monteres i plusstenderen	47
Parapet med plusstender 2	47
Avslutning ved raft, takutstikk m.m.....	48
7. Konklusjon	49
8. Referanseliste	50
9. Tabell-liste	55
10. Figurliste.....	56
11. Vedlegg	57

1. Innledning

Under første del av oppgaven ser vi nærmere på bakgrunn og historie rundt husbygging. Her vil også problemstillingen bli forklart, samt at gruppen vurderer omfanget og avgrensinger i rapporten.

1.1 Bakgrunn

Verden går framover og man utvikler nye måter å gjøre alt på raskere enn noen gang. For ikke lenge siden var alle biler store klimaverstinger med høye CO₂-utslipp. Det meste gikk på bensin eller diesel. Nå selges det derimot store mengder el-biler, og Norge har som mål at i 2025 skal alle nye biler være nullutslippsbiler. Men i det store bildet hjelper det ikke å kun minske CO₂-utslippene til bilene. Byggebransjen står for mye av utslippene i hele verden, og man vil være avhengig av at denne bransjen bidrar til å minske klimaavtrykket. 40 % av energibruken i Norge kommer fra nettopp byggebransjen [1].

Massivtre er en klimavennlig måte å bygge på [2]. Det er også mulig å bruke massivtre som bærende yttervegg. Massivtre kan dermed i stor grad brukes til alle slags bygg, fra en liten enebolig til store boligkompleks. Massivtre ble for første gang brukt i Norge for litt over 20 år siden. Bruken har ikke eksplodert etter dette, og fram til nå har det meste blitt produsert i utlandet. Først nå i 2019 har Splitkon AS bygget en fabrikk like utenfor Oslo. Denne massivtrefabrikken er verdens største [2].

Slik det er nå bygger man de fleste eneboliger i trevirke i form av bindingsverk, og høye bygninger blir stort sett bygget i betong og stål. Hovedmotivasjonen i denne oppgaven er å finne ut om det er mulig å bygge enda mer i massivtre, både eneboliger og høye bygg. Det vil bli satt lys på hva som er fordelene og ulempene med massivtre.

1.2 Formål

Formålet med denne oppgaven er å se på bruken av massivtre i Norge. De fleste undersøkelser tilsier at massivtre har store fordeler når det gjelder klimagassutslipp. Men det er fortsatt veldig lite utbredt og man ønsker å se på hva som skal til for at flere benytter seg av denne byggemetoden. Det vil være til fordel for alle å få samlet informasjonen rundt massivtre ned i en rapport. Da vil man kunne lese denne rapporten for å finne ut om fordelene med å benytte massivtre i sine bygg.

Det har også vært ønskelig for bachelorgruppen å tilegne seg mer kunnskap om massivtre. Dersom massivtre skal bli mer utbredt i Norge trenger vi fagfolk med kompetanse om produktet. Dette er det ønskelig for gruppemedlemmene å opparbeide seg. Rapporten vil og kunne brukes av ingeniører eller andre som ønsker mer kompetanse innen fagfeltet.

1.3 Problemstilling

Problemstillingen til denne rapporten er om en yttervegg av massivtre er et fullverdig alternativ til tradisjonell byggemetode, hvor det vil være hovedfokus på bindingsverk av tre. Det vil også bli sett noe på hvordan egenskapene til massivtre er sammenlignet med egenskapene til betong og stål. I tillegg er det tre delproblemstillinger:

1. Hvordan er brannegenskapene til massivtre i forhold til andre byggemetoder?
2. Vil en yttervegg i massivtre kunne konkurrere i pris?
3. Kan massivtre brukes i stedet for stål og betong i høye bygg?

1.4 Omfang og avgrensninger

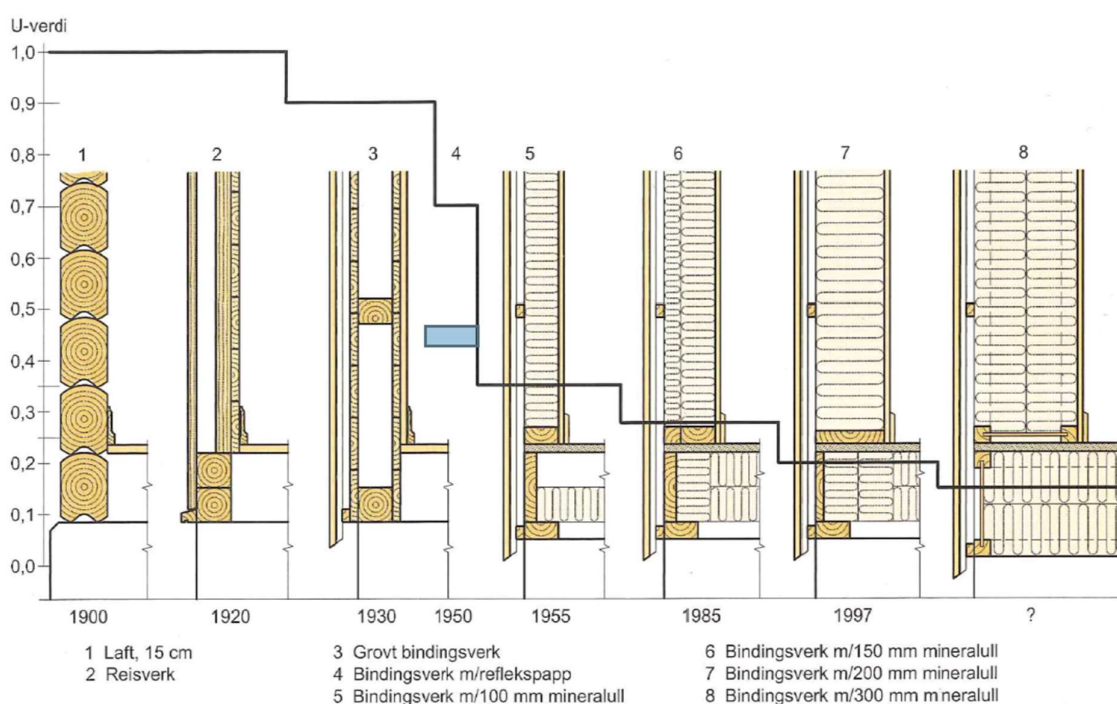
I denne oppgaven vil gruppen se på yttervegg i bindingsverk av tre, og sammenligne det med massivtre. Begge vil være innenfor U-verdi kravet til Byggteknisk forskrift 17 [3]. Ved å sammenligne to yttervegger med tilnærmet lik U-verdi vil man kunne se på fordeler og ulemper ved å velge massivtre kontra bindingsverk. Dette med tanke på kuldebroer, materialegenskaper, bæreevne, brann, miljø og pris. Massivtre og bindingsverk har stort sett de samme egenskapene rundt miljø, det er dermed fokusert på massivtre mot betong og stål for å se helheten.

For å få et bedre grunnlag til å sammenligne massivtre og bindingsverk har gruppen tegnet et eksempelhus i de to ulike materialene. Dette vil gjøre det lettere å vurdere de ulike egenskapene. I tillegg vil gruppen se på fordelene og ulempene til massivtre mot betong og stål, som ofte blir brukt i høye bygg. På denne måten vil man få svar på om massivtre kan være et fullverdig alternativ til for eksempel en boligblokk.

Tidlig i prosessen ble det oppdaget at det var lite informasjon å oppdrive om massivtre. Splitkon AS som er en stor leverandør, bruker svenske og canadiske oppslagsverk under deres arbeid.

1.5 Historie om yttervegger

Trevirke er et materiale som er brukt til det aller meste oppgjennom historien. Norge har stor tilgang på tre, og vi har rike trehustradisjoner. Det har vært stor utvikling innen trehusbyggingen gjennom flere hundre år. Endringene i hvordan trevirke er blitt brukt opp gjennom årene reflekterer mye rundt bruksbetingelsene, og de spesielle klimaforholdene i landet. Endringer i stilarter og moteretninger har også påvirket hvordan trehus er blitt bygd. I tillegg har økonomi og levestandard vært med å påvirke utviklingen. Trehus er en viktig del av norsk kultur, og det er kun USA og Canada som har hatt en like stor andel av trehus som i Norge [4].



Figur 1 – Oversikt over U-verdi i utviklingen av yttervegg [4]

Langhus

Langhus stammer fra steinalderen, (ca. 1800 f.Kr.) og ble benyttet gjennom både bronsealderen og jernalderen (til ca. år 1000 e.Kr.). De var ofte 20-30 meter lange, hvor bærekonstruksjonen besto av naturvokste og parstilte stopler som sto i hull i bakken. For å unngå råte i nederste del av stolpen, ble den nederste delen ofte brent. Dette forsinket utviklingen av råte. Veggene besto som regel av flettverk av kvister med leirklining, en blanding av leire, halm og kumøkk. Det ble også bruk torv og stående trevirke. På Sørvest- og Vestlandet ble det også benyttet lave steinmurer som vegger, mye på grunn av de store nedbørmengdene. Takene var trolig lagd av

trestokker som ble dekt av torv. Det ble stort sett brukt naturemner som ble skåret, hogd eller bearbeidet på annen måte. Denne måten å bygge på finnes enkelte steder fortsatt, som for eksempel i fjøs i Sørvest-Norge [4].

Palisadebygninger

Denne måten å bygge hus på stammer fra vikingtiden (ca. 790 e.Kr. til ca 1100 e.Kr.) og tidlig middelalder (1066-1130 e.Kr.). Palisadeveggene besto av planker eller kløyvde stokker som ble slått ned i bakken side om side. Disse husene var forholdsvis lite utbredt i Norge da de fort fikk omfattende soppskader [4].

Stavbygninger

Stavbygninger regnes som en videreutvikling av palisadebygningen. Denne metoden er mest kjent fra stavkirker, og innebærer hjørnestaver (stavtømmer) som er felt inn i bunnsvill og toppsvill. Det er stavene som bærer konstruksjonen. Mellom stavene fylles veggen med stående, brede planker (tiler). Tilene har not og fjær for å gi tilstrekkelig tetthet, og går i fra bakkeplan til takkonstruksjonen. Det ble også laget spor i svillene og stavene som tilene ble lagt inn i. Denne typen vegg kalles stavvegg (som også ga navnet til stavkirker). Veggene ble av og til lagt direkte på bakken, men for det meste så ble de plassert på en mur av naturstein [4].

Grindverk

Denne gamle konstruksjonsmåten antas å være en videreutvikling av forhistoriske byggemåter for langhus hvor folk og fe bodde under ett tak. Det er antatt funnet spor tilbake til bronsealderen, av ca. 3000 år gamle grindbygde hus. Grindverk har også blitt benyttet i enkelte stavkirker. Det brukes i byggverk som ikke krever for mye isolasjon og tetthet, som naust, uthus og andre sekundærbygninger som låver og vedboder. Konstruksjonen består av to eller flere rammer (grinder) som er satt sammen av to staver, en tverrstav (bete) og skråstrevere. Veggene ble kledd med bjørkeris, einer, flettverk eller bord for å holde ute slagregn og vind [5].

Laftehus

Konstruksjonen består av liggende tømmerstokker som er felt sammen i hjørnene. Denne sammenføyingen kalles nov eller laft. Fugen mellom stakkene er tilpasset slik at tettingen blir best mulig. Veggen tar opp alle laster fra taket da konstruksjonen går fra tak til gulv. Lafting er

kjent i Norge siden 900-tallet, hvor deler av Gokstadskipet er det eldste eksempelet på bruk av selve teknikken. Denne måten å bygge på var dominerende frem til slutten av 1800-tallet, da mer rasjonelle treløsninger begynte å overta. Opp gjennom årene så ble sammenføyningene og andre detaljer forskjellige. Man kan få en god indikasjon på når huset er bygget ved å se på hvordan det er laftet. På slutten av 1800-tallet kom plankelaft(maskinlaft). Det ble mer vanlig med maskinell bearbeiding av tømmeret, da fikk man et mer rektangulært tverrsnitt på laftestokken, og not- og fjærforbindelsen i medfaret. I kyststrøkene ble laftehusene tidlig beskyttet mot slagregn ved å kle lafteveggene med trepanel. Det bygges fortsatt laftehus, men det er først og fremst innen hyttebygging [4].

Reisverk

Reisverk ble fra slutten av 1700-tallet bygd med stolper og sviller, ofte i dimensjon 3" x 7". Her ble mellomrommet fylt med 3" dobbeltpløyd plank som ble satt i et spor i topp- og bunnsvillen, og i plan med innsiden av konstruksjonen. Det er tydelige likheter med stavkonstruksjonen. Til slutt så droppet man stolpene helt, og reiste veggen av bærende 3" eller 2 1/2" pløyde planker mellom 5"-, eller 4"-sviller med spor. På utsiden av reisverket ble det montert to lag impregnert papp før skråbånd og spikerslag ble satt på. Vindpapp ble vanlig fra slutten av 1800-tallet. På innsiden ble det lagt to lag med ull- eller cellulosepapp. Både innsiden og utsiden ble oppført med veggpanel, mens noen eldre vegger kunne ha to lag på innsiden. Reisverk hadde en langt bedre fordel enn laftede vegger fordi veggen ikke trengte "å sette seg". Panelet kunne settes opp umiddelbart. Det var derimot svakere isoleringsevne i reisverk sammenlignet med laftverk [4].

Bindingsverk

Bindingsverk kom i bruk i Norge fra 1600-tallet, da mest i låver og sjøhus. Bindingsverk består av sviller, stolper(stendere), losholter, spikerslag og skråbånd. Avstanden mellom stenderne var ca. 1 meter. Åpningen imellom stenderne kalles fag eller fakk. Bindingsverket trenger utfylling i fagene og/eller kledning på én eller begge sider for at veggen skal være tett. Etter hvert ble det mer vanlig med utmurt bindingsverk i vanlige hus, spesielt i Oslo. Det kom påbud om at bindingsverket skulle mures ut som følge av en rekke bybranner på 1600-tallet. Tegl og kalkmørtel ble brukt til denne utmuringen [4].

På begynnelsen av 1900-tallet ble det større krav til varmeisolering og tetthet, da ble det vanlig å bruke rene trekonstruksjoner. Det ble for det meste brukt 4" x 4" stendere, mens de andre

delene som sviller, losholter og skråbåndene, kunne variere noe mer i størrelse. Det ble også lagt to lag med papp og to lag med panel på hver side, for å oppnå best mulig varmeisolasjon og tetthet. Etterhvert ble det mer vanlig å bruke sagflis, kutterspon og kiselgur i hulrommene i veggkonstruksjonen. Under andre verdenskrig ble det tillatt å bruke stendere av 2" x 4". Dette startet en utvikling som førte til mindre bruk av trelast. Det ble enklere sammenføyningsdetaljer, samt at bygningsplater ble viktige elementer. På samme tid ble mineralull innført som varmeisolasjonsmateriale. På grunn av dette ble det utover 1950-tallet en kraftig reduisering i varmetap, noe som økte komforten innendørs. Konsekvensen av varmere og tettere bygg var at konstruksjonsdelen ble mer utsatt for skader ved feil utførelse. Kjennskap til bygningsfysikk ble dermed svært viktig for å hindre kondensproblemer og innestengt fuktighet [4].

På slutten av 1960-tallet begynte man å bruke bindingsverk med dobbeltsvill, såkalt plattformkonstruksjon. Det ble også satt i gang en industrialisering av husproduksjon ved hjelp av prefabrikkerte elementer og seksjonshus. På 1980-, og 90-tallet ble det i takt med velstanden i Norge flere kompliserte bygninger som gjorde at man dreide litt bort fra bruk av ferdigproduserte enheter. Det ble fokusert mer på individuell tilpasning og systembygging på byggeplassen [4].

Bindingsverk med stenderverk og senteravstand på 60 cm er det som blir brukt i nye boliger. De siste femti årene har det vært sammenheng mellom tykkelsen på varmeisolasjonen og valg av dimensjoner på de bærende elementene i tak, vegger og bjelkelag. I nyere tid er det ofte isolasjonstykkelsene som er dimensjonerende. Dette på grunn av økende interesse for å bygge lavenergi- og passivhus. Det har i tillegg blitt større interesse for fabrikkproduserte elementer. Dette på grunn av ny teknologi ved fabrikkene, større vekt på kort byggetid og kostnadsreduksjoner. Når man bygger med prefabrikkerte elementer, er de mindre utsatt for fukt under bygging. Dermed unngår man mugg- og soppvekst i konstruksjonene. Det er mye på grunn av dette at man i senere tid har fått øynene opp for bruk av massivtre som bærende elementer i etasjeskillere og/eller tak og vegger. Man får kortet ned byggetiden under åpen himmel ganske kraftig, og man får et tett bygg etter kort tid [4].

1.6 Historie om massivtre

Elementer av massivtre, eller cross laminated timber (CLT), kommer fra Canada. Her var det på midten av 1970-tallet et stort behov for etablering av nye trebroer, samt rehabilitering av gamle. Man tok da i bruk prinsippet med tverrspente brodekker. Det er planker satt på høykant, som deretter blir stablet etter hverandre, og føyd sammen med gjennomgående stålstag. Dette ble en populær måte å bygge på, og den spredte seg videre til Europa. Her delte utviklingen seg i to. I den ene retningen startet en videreutvikling av brodekkene. I den andre retningen bygde man videre på tverrspente elementer, som etterhvert ble bygningselementer i massivtre. Utviklingen av massivtreelementer til bygningsformål begynte tidlig på 1990-tallet i Lausanne og Zurich i Sveits. I dag er element av massivtre en anerkjent byggemetode i Mellom-Europa [6].

Hva er massivtre?

Massivtre er en type byggemateriale i tre. Det produseres enten som kantstilte elementer med lameller sammensatt på høykant, eller krysslagte elementer. Krysslagte elementer er elementer som er satt sammen av lameller i forskjellige sjikt. Sjiktene er som regel lagt 90 grader i forhold til hverandre og er festet sammen med lim eller tredybler. Kalles også for flersjiklelementer. De mest brukte trevirkene i massivtreelementer er gran og furu. Krysslagging av lamellene vil gjøre at trefibrene vil ligge både i lengderetning og på tvers av lengderetningen. Dette gjør at man vil ha en relativt liten tvernsnittsendring i tverretningen med tanke på fuktendringer. I lengderetning vil man ha en tilsvarende dimensjonsendring som tradisjonelt konstruksjonsvirke i fiberretningen



Figur 2 – Krysslagte elementer sammenføyd med lim [6]

[7]

Massivtre kan brukes i både gulv, vegger og tak. Hele bæresystemet kan bygges opp med elementer av massivtre. De kan benyttes i alle typer bygg. For eksempel er det brukt mye på svalganger og balkonger. Elementene kan produseres i alle mulige fasonger, og man tar hull til vinduer og dører på fabrikken. Overflatene kan brukes direkte uten noen form for behandling, eller man kan slippe de før man deretter påfører lakk, olje eller maling. Dersom det er krav til

lyd, brann osv. kan elementene suppleres med himlingsplater, isolasjon, kledning eller påstøp. Elementene kan klare store punktlaster og har i tillegg lav vekt i forhold til betongelementer som gjør fundamenteringen enklere. Massivtre kan i tillegg brukes som stabiliserende eller avstivende skiver [6].

Massivtre i Norge

Massivtre gjorde sitt inntog i Norden rundt 1995, da først som videreutvikling av brodekkene. Det finnes i dag flere trebroer for alt fra gangtrafikk til togtrafikk i Norge. Flisa bru som ble åpnet i 2003 er med sin totallengde på 196 meter verdens lengste trebro. Den har også verdens lengste spenn på 70,5 meter [8]. Murtvangsloven som ble vedtatt i 1904, som ikke ble fullstendig oppløst før i 1997, gjorde at det tok noen år før massivtre ble brukt i bygg i Norge. I 1998 ble massivtre brukt for første gang i Norge, som etasjeskiller i en enebolig i Asker [7].

Trebruk 014 AS og Trebruk AS gjennomførte en analyse om markedet for bruk av massivtre som konstruksjonsvirke i 2017. Der kom det fram at massivtre som bærekonstruksjon kun utgjør 1,85 % av det totale byggemarkedet i Norge. Ifølge deres beregninger vil den andelen øke til 6 % innen 2024. Analysen viser også at i 2016 var 2,5 % av massivtreforbruket i Norge produsert i Norge. Resten av forbruket, ca. 36 000 m³, ble importert fra land som Østerrike, Sverige, Tyskland, Latvia og Litauen. De sier at for å øke interesse for bruken av massivtre som byggemateriale er det til stor fordel at norske aktører kommer på banen. 75 % av verdens massivtre-forbruk blir produsert i Østerrike [9].

Splitkon AS har bygget verdens største massivtrefabrikk. 30. april 2019 åpnet fabrikk, og de har en målsetning om å produsere 60 000 m³ massivtre-elementer i 2020 [10]. Men ifølge markedsanalyse i tabell 1, så ser man at allerede i 2021 kan man passere 100 000 m³ i Norge. [9]. Nivå 2 er det nivået som mest sannsynlig vil forekomme, nivå 1 er nedre sjikt og nivå 3 er øvre sjikt.

Tabell 1 – Massivtreforbruk i m³ i Norge [9]

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Nivå 1	37 018	46 330	60 132	71 746	78 912	86 793	98 105	107 293	116 726
Nivå 2	37 018	47 256	65 032	78 723	88 327	99 469	112 433	122 963	133 773
Nivå 3	37 018	47 256	65 032	82 660	97 160	114 389	134 920	153 704	173 906

2. Metode

Det meste av stoffet i denne oppgaven er hentet ved hjelp av litteraturstudie. Dette er valgt som metode for hensikten med oppgaven har vært å sammenligne forskjellige produkter. Dermed har det vært nødvendig å hente stoff fra tidligere utførte forskninger. Det har også blitt foretatt en del egne beregninger, på grunn av at det finnes relativt lite informasjon om massivtre. Det ble utført et dybdeintervju med produksjonsleder Morten Stamnes i Consto Midt Norge AS, for å få et innblikk i hva de som jobber med massivtre synes om produktet. Han var den som ledet monteringen av massivtreelementene på Skjetlein videregående skole. Underveis i monteringen utførte bachelorgruppen en befarings for å se med egne øyner hvordan det monteres. Det er også gjort egne vurderinger fra personlige erfaringer, da begge forfatterne har svennebrevet som tømrer.

Beregningen av U-verdi er gjennomført, så godt det lar seg gjøre, etter Byggforskblad 471.231 [11], Glava [12] sine nettsider og digitalt ved hjelp av beregningsprogrammet THERM [13]. Det er videre gjort kuldebroberegninger etter Byggforskblad 472.711 [14] og SN/TS 3031:2016 [15] og det er gjort simuleringer i THERM for å vise visuelt utslag på de forskjellige yttervegløsningene, samt å se hvordan de respektive veggene blir påvirket av hjørner og etasjeskillere. Videre er det utarbeidet tegninger i Archicad for å redegjøre lettere for hvordan ytterveggene er bygget opp og for å illustrere overgangen mellom en yttervegg og etasjeskiller. Da er det lagt mest vekt på hvordan etasjeskilleren påvirker ytterveggen sine isolerende egenskaper.

Når det gjelder bæreevne ble det funnet en god del informasjon om dette i Treteknisk sin håndbok om massivtre [7]. Det har vært mest søkelys på å samle inn informasjon om de forskjellige punktene, for å kunne danne seg et helhetlig bilde av produktet; massivtre. Splitkon AS ved Erlend bidro med mye informasjon og i en epost 29. mars 2019 kom han med god informasjon rundt monteringen av massivtre. For å få inn et mer presist bilde på monteringen ble det også tatt kontakt med en annen leverandør av massivtre. Stein Wasa i Nordisk Massivtre AS kom med relevant informasjon rundt montering i en epost 1. april 2019.

Det ble kjørt simuleringer av de to yttervegløsningene i eksempelhuset i Simien [16] for å se hvor stor forskjell det er i energibruk og energibehov når ytterveggen er det eneste som er forskjellig.

Relevant informasjon rundt temaene brann og miljø ble funnet i håndboken til Treteknisk og på nett. Pris på produkter ble regnet ut ifra priser hentet fra Byggmakker, Glava og Splitkon. Alle prisene er uten merverdiavgift og det er sett bort i fra rabatter entreprenører har opparbeidet seg, da disse vil variere. Det er sett bort i fra priser på levering av material og diverse kostnader som festemidler osv. Fordi dette er kostnader som vil variere og er vanskelig å komme med en eksakt sum. Det vil også være relativt likt for begge eksemplene. Prisene for arbeidet ble hentet i fra Norsk Prisbok 2018.

Det finnes veldig lite kompetanse rundt massivtre i Norge i forhold til andre byggemetoder. Dette vitner om at det er et nytt produkt. Når det beste oppslagsverket i Norge er fra 2006 sier det det meste. Produktene har utviklet seg siden den tid og det har kommet til nye produkter. Det er benyttet til dels informasjon i fra Sverige og Canada. De har noe mer oppdatert oppslagsverk om massivtre. Sveriges KL-trähandbok er utarbeidet i 2017 og har mer informasjon enn det finnes her i Norge [17]. Håndboken som er utarbeidet i Canada har vesentlig mer informasjon, men den baseres mye på Canadiske regler [18]. For en mer oppdatert rapport kunne det blitt brukt mer av den svenske håndboken som har mye nyere informasjon enn den norske. Men det er valgt å benytte seg av norsk informasjon på grunn av at det var et bra oppslagsverk og er tilpasset den norske måten og bygge på.

3. Teori

I dette kapittelet vil gruppen se på ulike egenskaper ved massivtre og bindingsverk, for senere å kunne sammenligne de ulike faktorene. I den forbindelse har gruppen utformet et eksempelhus i begge materialene, som vil kunne gi en indikasjon på om massivtre fungerer som et fullverdig alternativ til tradisjonell byggemetode. Eksempelhuset er på 120 m² NTA over to etasjer, og det er mulig å se den fullstendige utformingen i vedlegg B-1 og B-2.

3.1 U-verdi

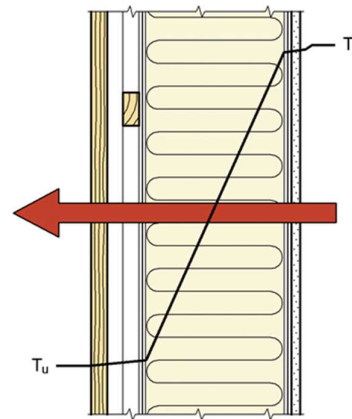
U-verdi, betegnelsen for varmegjennomgangstallet for en bygningsdel, angir varmegjennomgangen per m² ved en temperaturforskjell på 1 Kelvin som tilsvarer 1 °C fra luft til luft over bygningsdelen. U-verdien karakteriserer bygningsdelens varmeisolasjonsevne og angis i W/m² K. Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven setter krav til U-verdi for ytterkonstruksjoner i bygninger [19].

U-verdi beregnes etter NS-EN ISO 6946 etter formelen:

$$U = \frac{1}{R_{tot}} + \Delta U \quad W/(m^2K)$$

Hvor:

- R_{tot} er total varmemotstand (m²K/W)
- ΔU er et korreksjonstillegg



Figur 3 – U-verdi [20]

R_{tot} brukes om samlet varmemotstand for alle materialsjikt i en bygningsdel inkludert varmeovergangsmotstanden på begge sider av bygningsdelen (R_{si} for innvendig & R_{se} for utvendig)

Varmemotstand, R, for et materialsjikt angir hvor godt materialsjiktet isolerer mot varmegjennomgang. Varmemotstanden for et homogent materialsjikt er gitt av formelen:

$$R = \frac{d}{\lambda_d} \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$$

Hvor:

- d er materialsjiktets tykkelse (m)
- λ_d er materialsjiktets dimensjonerende varmekonduktivitet (W/(mK))

$$R_{tot} \text{ blir da } = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_{d1}} + \frac{d_2}{\lambda_{d2}} + \frac{d_3}{\lambda_{d3}} \dots + R_{se} \text{ [20]}$$

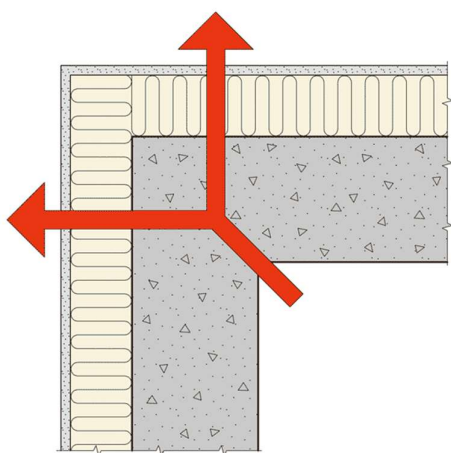
3.2 Kuldebroer

En kuldebro er et begrenset parti av en varmeisolert bygningskonstruksjon som har vesentlig lavere varmemotstand enn resten av konstruksjonen. I slike partier oppstår det en lokal, sterk varmestrøm og et ekstra varmetap. Kuldebroer kan forekomme både innenfor hver bygningsdel og i overgangen mellom to bygningsdeler. Varmetap på grunn av kuldebroer skal tas med ved beregning av varmetapet fra en bygning [21].

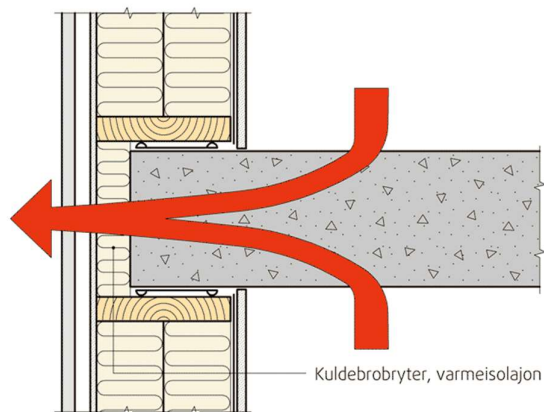
Igjen kan man dele kuldebroer inn i to typer, geometriske- og konstruktive kuldebroer.

Geometriske kuldebroer er kuldebroer der isolasjonen endrer retning eller tykkelse.

Konstruktive oppstår når et material med større varmeledningsevne trenger gjennom eller inn i isoleringssjiktet [22].



Figur 4 – Eksempel på geometrisk kuldebro [22]



Figur 5 – Eksempel på konstruktiv kuldebro [22]

Geometrisk kuldebro

Geometriske kuldebroer oppstår oftest i hjørner, ved møne, vinduer og dører og overgangen mellom vegg og tak. Henholdsvis alle plasser i bygget hvor isolasjonen endrer størrelse eller retning. Geometriske kuldebroer har generelt liten eller ingen innvirkning på energibalansen til et bygg, men kan gi et negativt utslag hvis konstruksjonen har et stort preg av hjørner og vinkler [22].

Konstruktiv kuldebro

Konstruktiv kuldebro har en større innvirkning på energibalansen i bygget enn en geometrisk kuldebro og oppstår oftest ved at betong og/eller stål konstruksjoner bryter isolasjonssjiktet i ytterveggen, dette skjer oftest ved etasjeskillere, dragere eller overdekninger over vinduer og dører [22].

3.3 Materialelegenskaper

Lyd og Vibrasjoner

Med lyd menes hurtige trykkforandringer som brer seg med svingetall (frekvens, Hz) som ligger innenfor det som øret vårt oppfatter som lyd. Mennesker er i stand til å oppfatte trykkvariasjoner mellom 20 og 20 000 svingninger i sekundet. Svingninger med frekvenser som ligger utenfor dette området kan likevel merkes, spesielt lavfrekvente lyder, i form av rystelser og vibrasjoner. Vibrasjoner er en betegnelse på svingninger i mekaniske systemer. Både lyd og vibrasjoner er dynamiske fenomener. For å skape gode lydforhold i bygninger og i omgivelsene omkring, må man så tidlig som mulig i prosjekteringsfasen ta hensyn til lydforhold og aktiviteter. Ofte kan dette ligge i overordnede bestemmelser i en reguleringsplan eller en bebyggelsesplan [7].

Levetid

Massivtre har ifølge SINTEF en forventet levetid på 60 år dersom det blir vedlikeholdt [23]. Dette gjelder også for konstruksjonsvirke som blir brukt i bindingsverk. Bortsett fra dette er det ikke funnet mye informasjon rundt levetid på produktene.

3.4 Bæreevne

Måten massivtre er bygd opp på, ved å krysslegge lameller og lime de sammen, gjør at elementene har gode stivhetsegenskaper. Massivtre tar opp kreftene både vertikalt og horisontalt. Dette gjør at massivtre kan benyttes i vegger, etasjeskillere og tak. Massivtre har en tyngdetetthet på 5-7 kN/m³. De andre vanlige byggematerialene er armert betong som har en tyngdetetthet på 25 kN/m³, og stål som har en tyngdetetthet på 77-78,5 kN/m³ [24].

Ved bruk av massivtre i stedet for stål og betong i høye bygninger trenger man ikke like store og kompliserte fundamenter siden bygget blir mye lettere. Det kan til og med bli for lett når man bygger i massivtre. Mjøstårnet er et 80 meter høyt bygg som sto ferdig våren 2019. Det ble da verdens høyeste trehus. Det ble bygd i en kombinasjon av massivtre og limtre, men for å unngå svingninger i de øverste etasjene ble det støpt betongdekker i de seks øverste etasjene. Dette ble gjort for å unngå at bygget ble for lett, for det kan bli mye svingninger i toppen når det er mye vind [25].

Fasthetsklasse

Tverrsnittet i et massivtreelement er symmetrisk oppbygd om midtsnittet med tanke på tykkelse på sjiktene, retningen på sjiktene og fasthetsklassene på sjiktene. Men det kan være forskjell fra for eksempel yttersjiktene og innersjiktene. Yttersjiktene har størst betydning for den totale bøyestivheten og styrken til elementet. Hvor mye dette utgjør, er avhengig av antall sjikt, tykkelse på sjiktene og fasthetsklassen til sjiktene. Som regel så er det ytterste laget av fasthetsklasse C24 eller bedre, mens lagene innover består vanligvis av C14 eller C18. Dette er for å spare penger på materialene, jo større fasthetsklasse jo dyrere er materialet. For 3- og 5-sjikts elementer vil det ytterste laget ha så stor betydning for bøyestivheten til elementet at det i beste fall vil kun øke med et par prosent å øke fasthetsklassen til innersjiktene. Dersom man bruker 7-sjikts element vil en økning fra C14 til C24 utgjøre opptil ca. 10% for den totale bøyestivheten. Da må i tillegg tykkelsen på innersjiktene være stor i forhold til tykkelsen i yttersjiktene. Derfor er det som regel C14 som blir brukt i innersjiktene. Men det kan være andre faktorer som spiller inn på valget av fasthetsklassen i både innersjikt og yttersjikt. Eksempler på dette er brannbelastning, og når elementene skal fungere som toveis-plater [7].

Massivtre som veggelementer

Massivtreelementer har stor styrke og stivhet både for laster som virker vertikalt i veggens plan og som avstivende skive ved horisontale krefter i veggens lengderetning. Man kan egentlig se

på massivtreelementene som en søyle med stor bredde. Veggen vil kunne være belastet sentrisk ved en vertikal kraft eller belastet usymmetrisk ved for eksempel en etasjeskiller som er innhengt via en konsoll. Dette vil medføre et tilleggsmoment på grunn av en eksentrisitet ved kraftoverføringen til veggen. En bærende yttervegg vil også få en jevnt fordelt last fra vindtrykk som virker vinkelrett på veggens plan [7].

Det finnes tre ulike typer bæresystem med massivtre:

- Bærende veggssystem
- Søyle-/bjelkesystem
- En kombinasjon av disse

Det er flere faktorer som spiller inn på valget av bæresystem, som blant annet funksjonskrav, funksjonalitet/fleksibilitet, grunnforhold, byggetid, estetiske krav og økonomi [7].

Bærende veggssystem kan brukes som enten etasjehøye elementer, eller elementer som går over flere etasjer. Man kan bruke veggelementene som både bærende og stabiliserende elementer. Det mest vanlige er å bruke etasjehøye elementer, da får man brutt opp veggelementene med etasjeskilleren som da kan være fritt opplagt på veggelementene. Dersom man bruker elementer som går over flere etasjer må etasjeskilleren festes på veggelementene [7].

Søyle-/bjelkeløsninger er ofte brukt der kunden ønsker store frie arealer. Ved å ha de indre bærende delene med søyler og bjelker vil det være større fleksibilitet med tanke på planløsning. Dersom det er mulig i forhold til spennvidder så er det ofte ønskelig å slippe de indre bærende delene helt, da er det mye lettere og billigere å gjøre endringer i planløsningen senere [7].

3.5 Monteringseffektivitet

Monteringseffektivitet er en vesentlig faktor med tanke på bygging av nye hus og bygninger. Det er stadig mer press på tid og her i Norge er det i tillegg et røft klima som påvirker hvordan man setter opp et bygg. Det har ofte vært et stort problem under bygging av nye hus at det har tatt lang tid før man har tett bygg og dette går ut over kvaliteten på materialene [6].

Produksjonstid

Når man skal se på monterings-effektiviteten er produksjonstiden en vesentlig faktor. Ved tradisjonell vegg i bindingsverk kan man sette i gang å bygge når tegningen er godkjent og alt er klart til å sette i gang. På grunn av at massivtre produseres på store fabrikker, må man ta med

i beregningene tiden fra bestilling til elementene er ankommet byggeplassen. Splitkon sier at de kan prosjektere og levere elementer på 2-4 uker til mindre prosjekter. Men på grunn av stor etterspørsel og fremdriftsplan i fabrikken må man legge opp til en leveringstid på 4-6 uker. [26]. Morten Stamnes i Consto sier de erfarte under montering av massivtreelement på Skjetlein at det er veldig viktig at monteringen er planlagt slik at prosessen blir effektiv. Ofte trenger man noen uker til graving og støping av fundament. Intervju ligger i vedlegg C-1

Montering på byggeplass

Monteringen regnes som regel i antall løft per dag. Det er mange faktorer som spiller inn på hvor mange løft man klarer per dag. Erfaringsbaserte tall fra Splitkon tilsier at man tar rundt to løft per time. Tiltak for å redusere monteringstiden er dermed å lage større element. Splitkon kan lage 16 meter lange liggende bærevegger. Dermed kan man i løpet av 2 timer løfte på plass en etasje på en enebolig på opptil 16x16 meter grunnflate. I følge Splitkon holder det med to personer pluss kranfører ved montering av elementene. Tall er hentet fra epost fra Erlend i Splitkon, vedlagt i vedlegg C-3.

3.6 Brann

Massivtre er et materiale som har veldig gode brannegenskaper. Dette på grunn av at massivtre har lav varmeledningsevne og innbrenningshastigheten er relativt langsom. Når treverk brenner forkulles treverket og det gjenværende trevirke bak forkullingslaget vil beholde sine stivhets- og fasthetsegenskaper. Massivtre vil dermed kunne oppnå høy klassifisering for bæreevne (R) og brannskillende funksjon (EI) under brann [27].

Brannkrav

I TEK17 er det mange krav til prosjekteringen av et bygg med tanke på brann og sikkerheten rundt et eventuelt branntilløp. Alle byggverk skal prosjekteres slik at ved et eventuelt branntilløp er det tilfredsstillende sikkerhet for personene som er involvert. Samt at de materielle verdiene blir ivarettatt på en best mulig måte. Det skal være tilrettelagt for en rask og sikker rømning ved brann. Byggverket skal være tilrettelagt for utvendig og innvendig redningsinnsats. Det skal være mulig med manuell slokking i brannens startfase, og det skal være lett tilgjengelig for brannvesenets slukkeinnsats [3].

Når man skal prosjektere et byggverk blir hvert enkelt bygg satt i en risikoklasse, hvor de deretter blir plassert i en brannklasse. Dette er det som bestemmer kravene til de forskjellige delene i et bygg.

Tabell 2 – Brannklassekrav fra § 11-4 I TEK 17 [3]

	Brannklasse		
Bygningsdel	1	2	3
Bærende hovedsystem	R 30 (B 30)	R 60 (B 60)	R 90 A2-s1, d0 (A 90)
Sekundære, bærende bygningsdeler.	R 30 (B 30)	R 60 (B 60)	R 60 A2-s1,d0 (A 60)

Det er yttervegger, bærevegger og etasjeskillere i hovedsak som utgjør bærende hovedsystem. I de forskjellige brannklassene må den lastbærende funksjonen (R) holde i enten 30, 60 eller 90 minutter.

Brannegenskapene til massivtre

Massivtreelementer er en tett oppbygging med limtre og krysslagte lameller. På grunn av måten elementene er bygd opp, bidrar det til at massivtreet beholder fasthets- og stivhetsegenskapene i større grad. De ytterste lagene forkuller og hindrer at temperaturen i sjiktene bak øker betraktelig. [27].

Valg av limtype og hvordan elementene er limt påvirker hvordan massivtreelementene oppfører seg under en brann. Tester viser at elementer som er limt med polyuretan-lim (PU) har en mye høyere forkullingshastighet enn melaminureaformaldehyd-lim (MUF). Dette kommer av at i elementene med PU-lim vil sjiktene delamineres, noe som ikke kommer fram i testene med MUF-lim. Når delamineringen begynner så mister massivtreet mye av fordelene sine ved at de ytterste lamellene beskytter sjiktene innover [28].

Ved testene på MUF-lim fikk man en gjennomsnittlig forkullingshastighet på 0,57 mm/min. PU-lim testene viste en gjennomsnittlig forkullingshastighet på 0,78 mm/min. Den nominelle forkullingshastigheten oppgis å være 0,7 mm/min for massivtre. Det er dermed viktig at man bruker elementer med MUF-lim for at man skal beholde fasthets- og stivhetsegenskapene til massivtre under en brann. Vanlig trevirke (furu og gran) har en nominell forkullingshastighet på 0,8 mm/min. [28].

Termisk nedbrytning av tre

Tre består av noe fuktighet, og for at treet skal begynne å brenne må fuktigheten forsvinne. Fram til vannet er forsvunnet holder den temperatur på rett over 100 °C. Først når vannet er forsvunnet begynner den termiske nedbrytningen. Under nedbrytningen vil det skje en forkulling av treoverflaten og siden kull har en lavere varmeledningsevne enn tre så vil det forkullede laget beskytte det friske treverket bak. Forkullingshastigheten antas tilnærmet konstant i den videre innbrenningen [7]. Alle tallene under er hentet fra *Treteknisk håndbok*.

Ca. 110 – 230 °C

Termisk dekomposisjon begynner. Her vil deler av treet bli omdannet til forskjellige gasser, blant annet karbondioksid og karbonmonoksid. Tydelig mørkfarging og rask nedbrytning begynner først ved 150 - 160 °C.

Ca. 230 – 260 °C

Når treet oppnår disse temperaturene så vil treetets letteste gasser, metanol og formaldehyd, i kontakt med luft og flammer antennes. Dette kalles for flammepunktet, og forbrenningen vil ikke holde seg selv i gang ved denne temperaturen.

Ca. 260 – 290 °C

Brennpunktet blir nådd. Det vil si at gassene får en sammensetning, og temperatur som medfører en forbrenning med varmeoverskudd. Herfra og ut vil temperaturen heretter suksessivt stige til ca. 1000 °C

Ca. 350 – 450 °C

Selvantennelse, det vil si at gassene vil i kontakt med luft antennes selv uten flammer. Ved ca. 500 °C består gassene stort sett av hydrogen, karbonmonoksid og tjæredamp.

Brannforløp

Brannforløp i et lukket rom kan deles inn i fem stadier [7]:

- Antennelse
- Utviklingsfase
- Overtenning
- Fullt utviklet brann
- Avkjølingsfase

Antennelse og utviklingsfasen er det som er mest vesentlig for sikkerheten ved brann. Jo lengre tid man har i disse to fasene, før man går over i overtenningsfasen, jo lengre rømningstid har man. Det er overflater og mengden brennbart materiale som har størst betydning på tiden fram til overtenningsfasen. I og med at løs innredning og inventar ikke er kontrollert av myndighetene så er det overflatene som kan være med på å påvirke et brannforløp. Ved overtenningsfasen vil alt brennbart materiale og overflater i rommet involveres. Denne fasen tar et par sekunder opp til et halvt minutt før det går over til en fullt utviklet brann. Når en brann er fullt utviklet er det tilførselen av luft som styrer effekten og temperaturen i brannen. Det kalles ventilasjonskontrollert brann, siden det er åpningen i ventilasjonen som styrer. Temperaturen vil være mer eller mindre konstant i denne fasen. Det er her bæreevne og stabilitet spiller inn på brannmotstanden til bygget. Til slutt vil det være for liten tilgang på oksygen, eller at alt brennbart materiale er brent opp. Da vil brannen avta i størrelse og til slutt dø ut. Dette er den siste fasen, avkjølingsfasen [7].

3.7 Miljø

Bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen blir ofte kalt for 40 % -næringen. Dette fordi den står for 40 % av landets energibruk, 40 % av materialbruken og 40 % av avfallsproduksjonen. Derfor er det veldig viktig med dagens fokus på klima og CO₂-utslipp, at byggebransjen gjør tiltak for å bedre utslippene fra byggebransjen [7]. Trevirke er ett av de mest miljøvennlige byggematerialene som er tilgjengelig i Norge i dag. Ved å bruke treprodukter i større grad enn det gjøres nå, vil man kunne ta opp mer CO₂ [29].

Norges skogareal er på litt over 12 millioner hektar, og utgjør nesten 38 % av Norges landareal [30]. Den årlige tilveksten av trevirke til skogene er på rundt 25,5 millioner m³, mens hogsten er på 10 millioner m³. I løpet av de siste 90 årene er skogvolumet i Norge tredoblet [29].

Klimagassutslipp

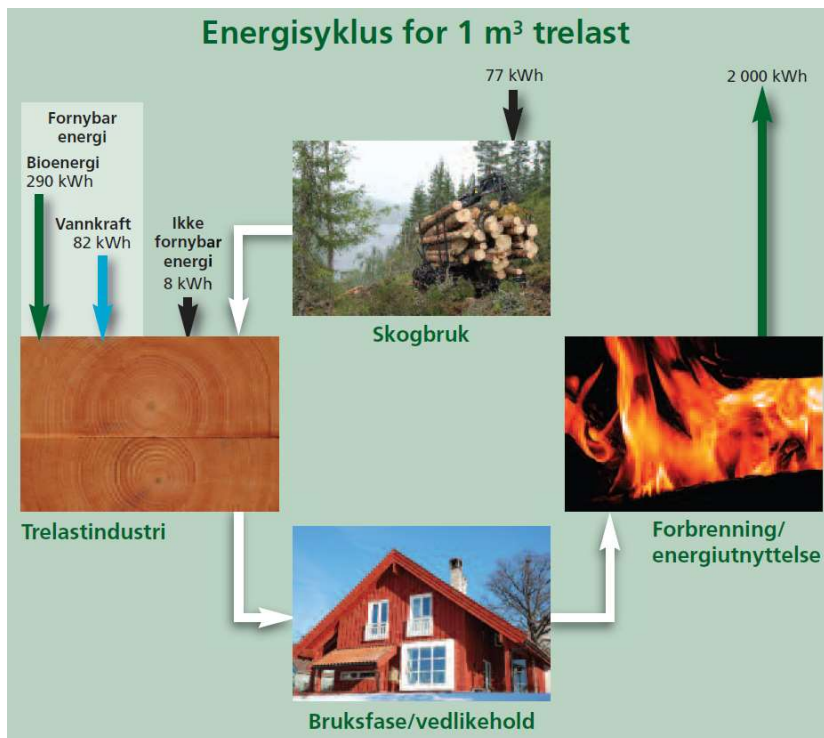
Det er to måter trevirke er med på å redusere CO₂-innholdet i atmosfæren på. Den ene er substitusjon, som vil si at den erstatter mer klimabelastende materialer som stål og betong, mens den andre måten er ved karbonlagring. I 2005 rapporterte Norge til FN at norsk skog binder 29,9 millioner tonn CO₂. Når det totale klimagassutslippet i Norge er på 54 millioner tonn CO₂, betyr det at skogen binder ca. 55 % av utslippene i Norge. Treprodukter er et

karbonlager så lenge produktene er i bruk, derfor vil det fortsatt binde opp CO₂, selv etter det er hugd [29].

Ved bruk av 1 m³ trelast vil det binde opp fra 0,7-0,9 tonn CO₂. En normal enebolig i tre inneholder rundt 14-22m³ tre, det vil si at et hus binder 11-16 tonn CO₂ i husets levetid. Det brukes omtrent 3 millioner m³ trelast i Norge hvert år. Det vil si at ca. 2,5 millioner tonn CO₂ blir bundet i bygninger, møbler og lignende, hvert år. Men det vil også bli frigjort noe når man skal kvitte seg med trevirket. Det meste blir brukt til bioenergi, som igjen reduserer behovet for fossilt brensel. Etter en gjennomgang av undersøkelser i Sverige og Norge har man funnet ut at 1m³ tre som erstatter betong reduserer CO₂-utslippene med 0,2 – 2,1 tonn. Og 1m³ tre som erstatter stål reduserer CO₂-utslippene med 0,2 – 0,5 tonn [31].

Energibruk

Treprodukter blir fremstilt på en miljøvennlig og ressurseffektiv måte. Det kreves lite energi for å behandle det, dermed trengs det veldig lite fossilt energi. Treindustrien har begrensende utslipp av miljøfiendtlige stoffer og har totalt sett liten negativ effekt på miljøet. Det største energiforbruket ved fremstilling av trevirke er under tørkeprosessen. Dette blir for det meste utført ved klimanøytral bioenergi. Omtrent 50 % av stokken går til å produsere materialer brukt i bygninger. Resten av stokken, som bark, sagflis, kutterspon og andre biprodukter blir som regel brukt i intern energiproduksjon på sagbruket. Eller det kan bli solgt til andre som trenger energi, eller til papir- eller plateproduksjon. Dette gjør at tømmerstokken blir utnyttet fullt ut [7]. Som man ser på figur 6 blir det brukt 457 kWh til å produsere materialene som blir brukt i byggebransjen. Når huset rives og materialene blir levert til gjenvinning får man ut 2000 kWh energi i fra 1m³ trelast. Man får dermed over 4 ganger så mye energi ut av 1 m³ trelast enn det kreves for å produsere det [31].



Figur 6 – Energisyklus for trelast [29]

Bygningens levetid består av 5 faser [7]:

1. Produktfasen (råvareforsyning, transport og produksjon).
2. Konstruksjonsfasen (transport, montering)
3. Bruksfasen (bruk, vedlikehold, reparasjon, utskifting, oppussing, energi og vann)
4. Sluttfasen (riving, transport, avfallshåndtering og avhending)
5. Fordeler og ulemper utenfor systemgrenser (gjenbruk, gjenoppretting, resirkulering og potensiell energi)

Det er bruksfasen som gir det største bidraget til bygningens miljøbelastning. Energibruk til oppvarming står for den største delen av energibruken, men vedlikehold er også et vesentlig bidrag. For bygg med massivtreelementer er det mulig å få en energibesparelse på 14 % i forhold til lette konstruksjoner med mineralull. Isolasjonsegenskapene til trevirke er 15 ganger bedre enn betong [7].

Simien er et simuleringsverktøy for beregning av energibruk og vurdering av inneklime i bygninger. Bruksområdet er evaluering mot byggeforskrifter, energimerking, beregning av årlig energibehov, validering av inneklime og dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling [16].

Innemiljø

Folk i Norge oppholder seg mellom 85-90 % av tiden innendørs. Så selv om forurensningen er viktig utendørs, er det også veldig viktig innendørs når man tilbringer så mye tid inne.

Innemiljø defineres som estetiske og psykososiale forhold, samt disse fem forholdene [7]:

- Termisk miljø (temperatur, luftfuktighet)
- Atmosfærisk miljø (luft)
- Akustisk miljø (lyd)
- Aktinisk miljø (stråling og lys)
- Mekanisk miljø (møbler og utstyr)

Massivtre er spesielt god på termiske-, atmosfæriske- og aktiniske miljø, det viser erfaringer fra *Treteknisk håndbok*. Tre kan ta opp fuktighet fra luften og være med på å regulere varmen.

Dermed kan massivtre bidra til en behagelig temperatur og luftfuktighet. Ubehandlet tre avgir naturlige flyktige forbindelser, det man vil forbinde med lukten av tre. Luften vil dermed lukte godt i bygg med ubehandlet tre. Tre er brukt som byggemateriale i lang tid, det er behagelig å gå på, føles varmt og det er generelt godt å oppholde seg i omgivelser av tre [7].

Passivhus

Et av de største problemene verden står ovenfor i dag er klimagassutslipp. Det er veldig mye fokus på CO₂-utslipp, og at disse må reduseres. Norge sitt energiforbruk består for det meste av fornybar energi, men det at vi reduserer energiforbruket vårt vil bidra til å minske CO₂-utslipp i verden. Dersom Norge kutter på energiforbruket kan vi selge fornybar energi til andre land i Europa som tar mye av energien fra kullkraftverk og andre miljøfarlige måter. På denne måten kan man indirekte bidra til å minske CO₂-utslippene. 40 % av energiforbruket i verden kommer fra byggsektoren [1]. Største delen av energibruket til et bygg kommer i bruksfasen, hvor den største bidragsyteren er oppvarming. Derfor har det blitt mer fokus på passivhus [7].

Passivhus får navnet sitt fordi man bruker passive tiltak for å redusere energibehovet. Ekstra godt isolert yttervegger, tak, gulv og vinduer er noe man bruker for å redusere energibehovet. God tetthet i bygget som gir få luftlekkasjer er et tiltak som er viktig. På grunn av meget tette bygg er det viktig med ventilasjonssystem for at det skal være et godt inneklima og god luftkvalitet. Norge er det eneste landet i Europa som har utarbeidet standarder for passivhus. I Norsk standard NS3700:2013 (boligbygninger) og NS 3701:2013 (yrkesbygninger) er det ramset opp kriterier for passivhus [32].

Her er kravene til boligbygninger [32]:

- 1. Krav til varmetapstall** (varmetap bygget kan ha gjennom vegger, tak, gulv, vinduer og dører, samt gjennom luftlekkasjer og ventilasjonen).
 - Passivhus under 100 m²: 0,53 W/(m²K)
 - Passivhus mellom 100 og 250 m²: 0,48 W/(m²K)
 - Passivhus over 250 m²: 0,43 W/(m²K)
- 2. Krav til oppvarmingsbehov**
 - Dette varierer noe, med faktorer som klimaet og størrelsen på boligen. Bli beregnet ut i fra en formel oppgitt i NS 3700:2013. Men en bolig der årsmiddeltemperaturen er 6,3 grader celsius eller større skal ikke en bolig over 250m² ha et større netto energibehov til oppvarming enn 15 kWh per m² per år.
- 3. Krav til energiforsyning**
 - Det er krav til at varmesystemet i vesentlig grad kan benytte andre energivarer enn elektrisitet og fossile brensler. Beregnet mengde levert elektrisk og fossil energi skal være mindre enn totalt netto energibehov fratrukket 50 % av netto energibehov til varmtvann. Det vil si at dersom man dekker litt mer enn 50 % av energibehovet til varmtvann ved hjelp av en fornybar energikilde kan man dekke resten med bruk av elektrisitet. Solfanger, eller en løsning med varmepumpe og vannbåren varme er eksempler på hvordan man kan oppfylle kravet.
- 4. Krav til bygningsdeler og komponenter**
 - For at det skal være energieffektive løsninger i alle deler av et passivhus er det noen minstekrav til både byggetekniske løsninger og ventilasjonssystem:

Tabell 3 – Minstekrav for passivhus [32]

Energiltak	Minstekrav
U-verdi vinduer og dører	0,80 W/m ² K
Kuldebroverdi	0,03 W/m ² K
Varmegjennvinning ventilasjon	80 %
SFP-faktor ventilasjonsanlegget	1,5 kW(m ³ /S)
Lekkasjetallet ved 50 Pa	0,6 h ⁻¹

Man må gjøre beregninger ved hvert enkelt prosjekt, da både formen på bygget og lokalt klima vil påvirke om bygget oppfyller kravene. Det er mange måter å oppfylle kravene på, og man trenger vesentlige lavere u-verdi enn minstekravene i TEK 17. Tabell 4 viser én mulig måte å oppfylle kravene til en bolig på [33]:

Tabell 4 – Forslag til å oppfylle passivhuskrav [33]

Energiltak	Krav	Kommentar
Golv på grunn	0,11 W/m ² K	35 cm EPS
Yttervegg	0,11 W/m ² K	40 cm standard isolasjon
Tak	0,09 W/m ² K	45 cm standard isolasjon
Vinduer og dører	0,75 W/m ² K	3-lags glass, isolert karm
Lekkasjetall	0,6 luftutveksling pr time	Meget tett bygningskropp
Varmegjenvinning	82%	God roterende varmegjenvinner

3.8 Pris

Priser er det de aller fleste tenker på når man skal bygge et nytt bygg. Ofte har ikke klimapåvirkning, monterings effektivitet eller andre faktorer mye å si når man skal velge løsning. Det er ofte til syvende og sist pris som er det som er avgjørende. Det er dermed veldig viktig at massivtre kan konkurrere med tradisjonell bindingsverksvegg på dette området [2].

Tradisjonell bindingsverks vegg:

Tabell 5 – Elementpriser for bindingsverk vegg

Elementer				
Produkt	Måles i	LM per m ²	Enhetspris	Pris per m ²
13 mm gips	m ²		33,1	33,1
48 mm utlekting	lm	3,5	8,8	30,8
Isolasjon 50mm	m ²		26,1	26,1
Dampsperre	m ²		5,9	5,9
Isolasjon 200mm	m ²		98,0	98,0
48x198mm stenderverk	lm	3,5	30,4	106,4
9 mm GU	m ²		65,4	65,4
23 mm utlekting	lm	3,5	5,6	19,6
19 mm liggende panel	lm	7,7	18,4	141,7
				527,0

Tabell 6 – Arbeidspriser for bindingsverk vegg

Arbeid				
Produkt	Måles i	Antall timer	Pris per time	Totalpris per m²
13 mm gips	time/m ²	0,22	505	111,1
48 mm utlekting	time/m ²	0,21	505	106,1
Isolasjon 50mm	time/m ²	0,07	505	35,4
Dampsperre	time/m ²	0,11	505	55,6
Isolasjon 200mm	time/m ²	0,1	505	50,5
48x198mm stenderverk	time/m ²	0,32	505	161,6
9 mm GU	time/m ²	0,2	505	101,0
23 mm utlekting	time/m ²	0,12	505	60,6
19 mm liggende panel	time/m ²	0,42	505	212,1
Totalt	time/m ²	1,77	505	<u>893,9</u>

Totalsummen for tradisjonell bindingsverksvegg er 1 421 kr per m² vegg. På eksempelhuset vårt (med 185 m² vegg) blir det da en totalsum på 262 885 kr for ytterveggene.

Massivtre:

Tabell 7 – Elementpriser for massivtre vegg

Elementer				
Produkt	Måles i	LM per m²	Enhetspris	Pris per m²
80 mm massivtrelement	m ²		475,0	475,0
200 mm glava stender type 1	lm	1,2	170,0	204,0
200mm glava stender type 2	lm	0,3	226,3	67,8
200 mm pluss plate	m ²		112	112
Vempro vindsperre	m ²		24,2	24,2
48 mm utlekting	lm	3,5	8,8	30,8
19 mm liggende kledning	lm	7,7	18,4	141,7
				<u>1055,5</u>

Tabell 8 – Arbeidspriser for massivtre vegg

Arbeid				
Produkt	Måles i	Antall timer	Pris per time	Totalpris per m²
Massivtreelement	time/m ²	0,12	505	60,6
Glava pluss system	time/m ²	0,19	505	96,0
Vindsperre	time/m ²	0,15	505	75,8
48 mm utlekting	time/m ²	0,21	505	106,1
19 mm liggende kledning	time/m ²	0,42	505	212,1
Totalt	time/m²	1,09	505	<u>550,5</u>

Totalsummen for massivtre er 1 606 kr per m² vegg. På eksempelhuset vårt blir det da en totalsum på 297 110 kr for ytterveggene. Det er dermed snakk om i overkant av 30 000 kr i forskjell på massivtre kontra tradisjonell bindingsverksvegg. Noe som tilsvarer i overkant av 13 % dyrere pris for massivtre.

4. Analyse og resultater

I dette kapitlet vil det bli sett på resultatene fra egne beregninger samt det som er hentet fra tidligere forskning. Det vil bli noe drøfting i enkelte deler av kapitlet. Her vil man få se hvilke egenskaper massivtre har, og hva som er fordelene og ulempene med denne byggemetoden.

4.1 U-verdi

Bindingsverk av tre i en yttervegg med 250 (198+48) mm isolasjon er beregnet til en U-verdi på 0.159 W/m² K.

I massivtreveggen vil det bli brukt Glava Pluss System med 195 mm isolasjon utenpå 80 mm massivtre. Denne veggløsningen oppgir Glava at har en U-verdi på 0,167 W/m² K ved CC 1000 [12].¹

Tabell 9 – U-verdi for Glava Pluss System [12]

U-VERDI			
		80 mm massivtre	
		c/c avstand	
Isolasjon i GLAVA Pluss system		600 mm	1000 mm
145 mm stender	EXTREM 32	0,222	0,207
	PROFF 34	0,228	0,214
195 mm stender	EXTREM 32	0,172	0,161
	PROFF 34	0,178	0,167

¹ U-verdien er beregnet med isolasjon med dimensjonerende varmekonduktivitet, $\lambda = 0,034$ W/(mK)

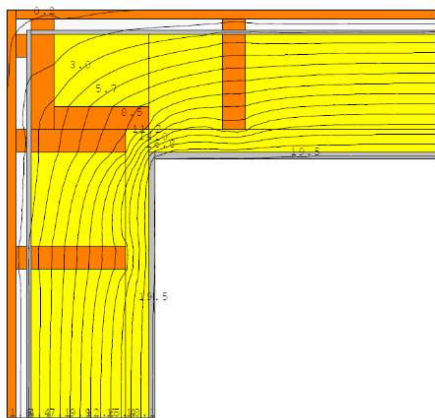
I Tabell 10 er U-verdi kravene gitt i henhold til TEK 17, der kravet for yttervegger i småhus og boligblokker for yttervegger skal være mindre enn 0,18 (W/(m²K)) noe begge veggløsningene i denne oppgaven er innenfor.

Tabell 10 – U-verdi krav i henhold til TEK 17 [3]

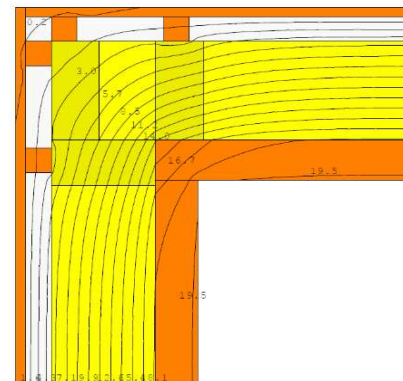
	Energiltak	Småhus	Boligblokk
1.	U-verdi yttervegg [W/(m ² K)]	≤ 0,18	≤ 0,18
2.	U-verdi tak [W/(m ² K)]	≤ 0,13	≤ 0,13
3.	U-verdi gulv [W/(m ² K)]	≤ 0,10	≤ 0,10
4.	U-verdi vinduer og dører [W/(m ² K)]	≤ 0,80	≤ 0,80
5.	Andel vindus- og dørareal av oppvarmet BRA	≤ 25 %	≤ 25 %
6.	Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg (%)	≥ 80 %	≥ 80 %
7.	Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP) [kW/(m ³ /s)]	≤ 1,5	≤ 1,5
8.	Luftlekkasjetall per time ved 50 Pa trykkforskjell	≤ 0,6	≤ 0,6
9.	Normalisert kuldebroverdi, der m ² angis som oppvarmet BRA [W/(m ² K)]	≤ 0,05	≤ 0,07

4.2 Kuldebro

Geometrisk kuldebro



Figur 7 – Simulering av bindingsverk i THERM



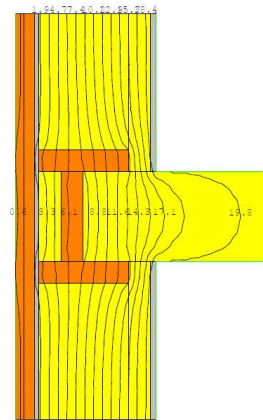
Figur 8 – Simulering av massivtre i THERM

I en bindingsvegg av tre med 250mm isolasjon (198+48) vil et utovervendt hjørne ha $\psi = 0,037$ W/(mK). Et innovervendt hjørne $\psi = -0,061$ W/(mK) [14].

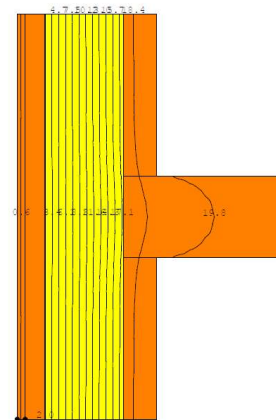
I massivtrebygg med 80mm massivtre og 195mm isolasjon av Glava Pluss system, er det beregnet en geometrisk kuldebro på $\psi = 0,0048$ W/(mK).

Konstruktiv kuldebro

Ser man bare på en yttervegg vil det være tilnærmet ingen kuldebroer. SN/TS 3031:2016 oppgir den normaliserte kuldebroverdien til en bindingsvegg med 250mm isolasjon til å være 0,07 (W/m²K). Det er det gjennomtrengende treverket som har det største utslaget, henholdsvis bunn-, og toppsviller, der horisontal utlekting på 48mm er i direkte kontakt med stendere. En massivtrevegg med kontinuerlig isolasjon er en konstruksjon som kalles en kuldebrofri konstruksjon, der det er ingen svake punkter eller endringer i isoleringssjiktet.



Figur 9 – Simulering av bindingsverk i THERM



Figur 10 – Simulering av massivtre i THERM

4.3 Materialelegenskaper

Lyd og vibrasjoner

Trekonstruksjoner kan generelt sammensettes med tilfredsstillende lydisolasjonsegenskaper. Massivtrekonstruksjoner er noe tyngre enn tradisjonelle trekonstruksjoner, som for eksempel bindingsverkskonstruksjoner, og gir derfor mulighet for bedre lyddemping. Det må suppleres med andre materialer i sammensatte bygningsdeler, eksempelvis trinnlydsplater og/eller lydbøyer i himling for å oppfylle kravene i TEK 17. Dette gjelder spesielt for etasjeskillere med tanke på trinnlyd i fleretasjes trehus. For en yttervegg vil veggen i seg selv ikke være noen begrensning på lydisolasjonen for støy utendørs. Andre krav, som U-verdi, vil ha større betydning og setter derfor som oftest kravet til utforming av ytterveggen [7]. Ved prosjektering nær en større støykilde, som en flyplass eller togstasjon, bør videre tiltak vurderes.

Levetid

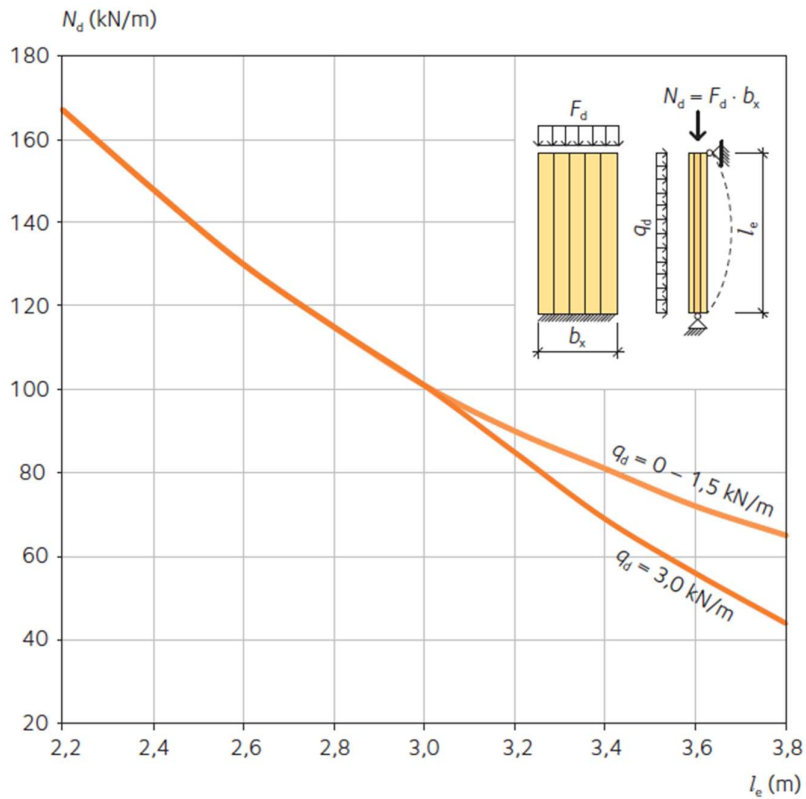
Levetiden i bindingsverksvegg og massivtre er omtrent lik, og handler mer om hvordan veggen vedlikeholdes. Det som er viktig er at man unngår fukt i konstruksjonen. Bygningsfysikk har blitt en viktig del av byggingen av hus, da forskning har tatt alt et steg videre og man har relativt lite begrensinger [4].

4.4 Bæreevne

Bæreevne er noe som er viktig når det kommer til yttervegg. Spesielt i bygninger som er i brannklasse 3 og 4, hvor byggverk skal bevare sin stabilitet og bæreevne gjennom et fullstendig brannforløp [7]. Da stilles det store krav til ytterveggenes bæreevne. Som vi ser fra figur 11, så vil en massivtre-vegg med tykkelse på 80 mm og knekk lengde på 2,4 meter få en trykkapasitet på rundt 148 kN/m. Dersom vi bruker bindingsverks-vegg med stender 48mm x 198mm C24 og lik knekk lengde i stedet, ser man i figur 12 at vi får kun 111 kN. Men i og med at bindingsverk er oppbygd med c/c 60 cm så vil man måtte ta hensyn til dette.

Linjelastkapasiteten til veggen av bindingsverk vil være $111\text{kN}/0,6\text{m}=185\text{ kN/m}$. Det vil si at bindingsverk har 37 kN/m større kapasitet enn massivtre med tykkelse på 80 mm.

Massivtreet kan ikke knekke ut i lengderetningen av veggen, ettersom det er en skive. Den er i seg selv avstivende for bæresystem, mens en bindingsverksvegg må avstives på en annen måte. I en massivtrevegg er tverretningen av veggen den svake aksen, slik at kapasiteten vil øke betraktelig dersom man øker tykkelsen fra 80 mm til 100 mm.



Figur 11 – Dimensjonerende sentrisk vertikal last for 80 mm massivtre-veggelement [17]

Dimensjon mm x mm	Akse	Lengde (m)											
		0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
36 x 73	Z	35,8	33,7	30,6	25,3	19,1	14,3	10,9	8,5	6,8	5,6	4,7	3,9
	Y	33,7	24,9	13,9	8,3	5,4	3,8	2,8	2,2	1,7	1,4	1,2	1,0
36 x 98	Z	48,6	46,8	44,5	41,2	36,2	29,9	24,1	19,4	15,8	13,0	10,9	9,3
	Y	45,2	33,5	18,7	11,1	7,3	5,2	3,8	3,0	2,3	1,9	1,6	1,3
36 x 123	Z	61,5	59,7	57,7	55,2	51,8	47,0	40,9	34,7	29,1	24,5	20,7	17,7
	Y	56,7	42,0	23,5	14,0	9,2	6,5	4,8	3,7	2,9	2,4	2,0	1,7
48 x 148	Z	99,1	96,8	94,3	91,4	87,8	83,1	76,9	69,2	60,8	52,7	45,5	39,4
	Y	94,0	82,2	58,7	37,6	25,3	18,0	13,4	10,4	8,3	6,7	5,6	4,7
48 x 173	Z	116	114	111	109	106	102	97,2	91,2	83,8	75,5	67,1	59,3
	Y	110	96,1	68,6	44,0	29,5	21,0	15,7	12,1	9,7	7,9	6,5	5,5
48 x 198	Z	133	131	129	126	123	120	116	111	105	98	90,1	81,7
	Y	126	110	78,6	50,4	33,8	24,1	17,9	13,9	11,1	9,0	7,5	6,3

Figur 12 – Kapasitet (kN) for sentrisk belastede trykkstaver av konstruksjonsvirke C24 [34].

4.5 Monteringseffektivitet

På grunn av at alt av massivtre blir produsert på fabrikk før den kommer på byggeplassen, vil det være veldig kort byggetid. På kun noen dager vil man kunne sette opp en hel enebolig i massivtre [7]. Dersom man velger å ha åpen massivtre innvendig, vil bygget nesten være ferdig innvendig etter at montasjen av elementene er på plass. Man vil da kunne få en kort byggetid før det er mulig å flytte inn i en bolig. Veidekke forteller at byggingen av Moholt studentby som er høyblokker av massivtre, tok halvparten så lang tid å bygge som Voll studentby som ble satt opp i betong [35].

Man ser i utregningen av pris i massivtre og bindingsverk at timer medgått i arbeid er vesentlig lavere i massivtre. 1,77 timer per m² for bindingsverk og kun 1,09 timer per m² for massivtre. Det går med over 50 % mer tid til oppbygging av bindingsverksvegg. Hvis man ser kun det som skal til for å få et tett bygg, så er det enda større forskjell. Montering av massivtre har 0,12 timer per m². Når den er ferdig montert så er veggen tett og vann vil ikke kunne trenge inn i veggen. I bindingsverksveggen så må man montere stenderverket (0,32 timer per m²) og deretter må GU på før veggen er tett (0,2 timer per m²). Da er man opp på 0,52 timer per m² før det er tett vegg. Altså over 4 ganger så lang tid som massivtre.

For å se forskjellen ser vi på eksempelhuset vårt (185m² yttervegger):

Massivtre montering (tett vegg):

$185 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ t/m}^2 = 22,2$ timer. Tilsvarende i underkant av 3 arbeidsdager på 7,5 timer.

Bindingsverksvegg (tett vegg med stenderverk og GU):

$185 \text{ m}^2 * 0,52 \text{ t/m}^2 = 96,2$ timer. Tilsvarende nesten 13 arbeidsdager på 7,5 timer.

Det vil være mye tid å spare på å gå for massivtre kontra bindingsverk for å få et tett bygg så fort som mulig. Det er viktig for å unngå fuktskader under bygging.

4.6 Brann

Massivtre har en nominell forkullingshastighet på 0,7 mm/min. Vanlig trevirke derimot har 0,8 mm/min. Tester viser at massivtreelement med MUF-lim har en gjennomsnittlig forkullingshastighet på 0,57 mm/min [28]. Man vil dermed se at vegger av massivtre vil holde stand mye lengre enn en vegg av bindingsverk. Om vi ser på en brann som varer i 60 minutter, ser vi at vanlig trevirke vil forkulle 48 mm ($0,8 \text{ mm/min} * 60 \text{ min}$), altså hele tykkelsen på en stender. I realiteten vil veggen rase før den tid siden det er mye krefter som presser på toppen av stenderne, som vil knekke når de har blitt svekket nok.

Dersom vi har en massivtrevegg vil den forkulle 42 mm etter 60 minutter ($0,7 \text{ mm/min} * 60 \text{ min}$). Da er det fortsatt 38 mm av massivtreveggen igjen i den veggen i eksempelhuset, som er på 80mm. Den vil dermed kunne holde i et brannforløp på 60 minutter. Det er derimot den dimensjonerende forkullingshastigheten som ble benyttet her. Dersom man bruker den hastigheten som er dokumentert i tester, altså 0,57 mm/min, vil det bare forkulle 34 mm. Da sitter man igjen med 46 mm av massivtreveggen.

Som man ser her så vil massivtre ha vesentlig bedre brannegenskaper enn bindingsverksvegg. Dette forutsetter at veggene blir utsatt på lik måte. Dersom bindingsverksveggen har to lag med gips, vil denne dempe tiden før brannen kommer inn til stenderverket. Man må derfor se på sammenhengen mellom overflaten på de forskjellige flatene er. Men om man kun ser på egenskapene uten beskyttende overflater er massivtre klart bedre, når vi ser på eksempelhuset i oppgaven.

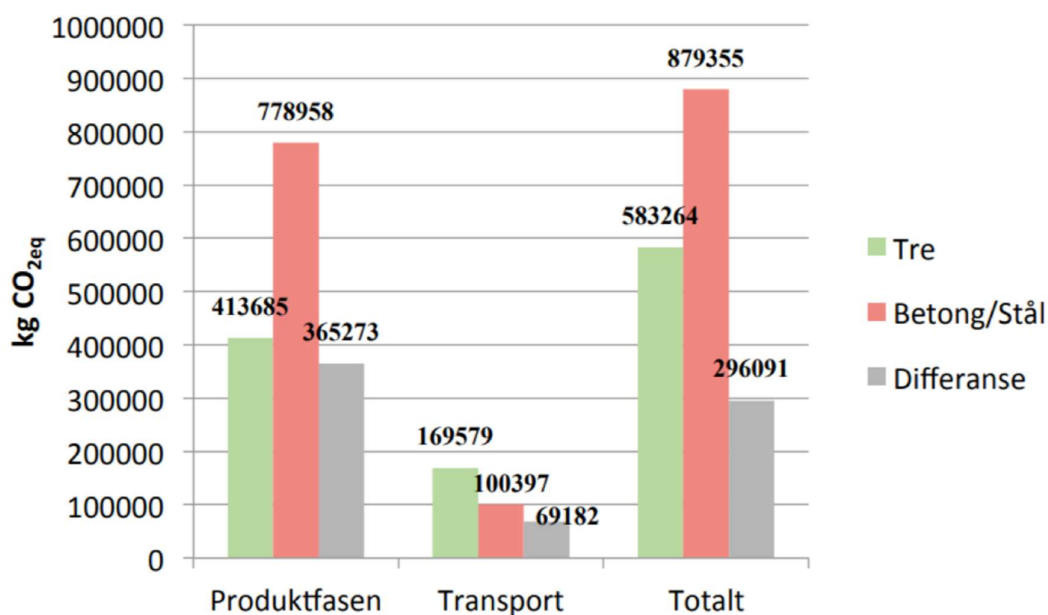
4.7 Miljø

Det er i flere eksempler vist at massivtre er veldig gunstig klimamessig. Og med dagens fokus på miljø er dermed massivtre en byggemåte som vil ha en god påvirkning på Norges CO₂-utslipp. Med tanke på at massivtre og bindingsverk er likestilt når det kommer til CO₂-utslipp, vil bachelorgruppen i dette avsnittet fokusere på stål og betong. Dette for å se om massivtre kan være et fullverdig alternativ til stål og betong, som har langt dårligere innvirkning på klimaet.

Bjørkelangen skole i Aurskog-Høland kommune, som sto ferdig i 2017 er et prosjekt som ble bygget i massivtre. Bærekraftig materialvalg og effektive energiløsninger sørget for at klimagassutslippet ble redusert med 42 % sammenlignet med referansebygget som var i stål og betong. Karbonlagret til trevirket er som regel ikke med i klimagassregnskap. Dersom man

hadde tatt med effekten av karbonbindingen i selve trevirket ville det hatt en reduksjon på 60 % sammenlignet med referansebygget. Da er effekten kun beregnet for massivtre. Dette er en veldig stor reduksjon sammenlignet med tradisjonelt bygg i stål og betong [36].

Kongsvinger skole er et annet prosjekt som er bygget i massivtre, som sto ferdig i 2018. Det ble i utgangspunktet prosjektert som et stål- og betongbygg, men kommunen ville heller ha en skole bygget i massivtre [37]. Dersom man ser på sammenligningen av massivtre/limtre mot stål/betong i produkt og transportfasen i figuren nedenfor ser man store forskjeller. Man ville hatt 51 % større utslipp dersom bygget ble satt opp i stål/betong, selv om materialene kom fra Østerrike. Man ser at i transportfasen er det nesten 70 % høyere utslipp ved tre i forhold til stål/betong [2].



Figur 13 – Forskjellen på CO₂utslipp mellom massivtre og betong/stål [2]

Tabell 11 – Utdrag fra vedlegg D-1 Energibudsjett for bindingsverk per år simulert i Simien

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	5351 kWh	44,6 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	985 kWh	8,2 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	3574 kWh	29,8 kWh/m ²	
3a Vifter	876 kWh	7,3 kWh/m ²	
3b Pumper	6 kWh	0,0 kWh/m ²	
4 Belysning	1367 kWh	11,4 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	2102 kWh	17,5 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	14260 kWh	118,8 kWh/m²	

Tabell 12 – Utdrag fra vedlegg D-2 Energibudsjett for massivtre per år simulert i Simien

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	4549 kWh	37,9 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	973 kWh	8,1 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	3574 kWh	29,8 kWh/m ²	
3a Vifter	876 kWh	7,3 kWh/m ²	
3b Pumper	6 kWh	0,0 kWh/m ²	
4 Belysning	1367 kWh	11,4 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	2102 kWh	17,5 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	13447 kWh	112,1 kWh/m²	

Man kan se ut i fra resultatet at massivtrehuset vil ha et totalt netto energibehov på 112,1 kWh/m². Huset i bindingsverk vil derimot ha 118,8 kWh/m². Dette utgjør en differanse på 6,7 kWh/m² i favør massivtrehuset. I følge Simien vil det utgjøre 97,5 kr/m² og 104,2 kr/m² respektivt. Man ser at selv om massivtreveggen har høyere u-verdi så får den et lavere energibehov enn en vegg i bindingsverk. Dette kommer av at kuldebroene er høyere i bindingsverk på grunn av gjennomgående treverk. I denne beregningen er det kun veggen som er forandret, så gulv og tak er ikke tatt med i beregningen. Det skal nevnes at begge husene har 60 m² nettoareal (NTA) per etasje totalt 120 m². Bebygd areal (BYA) er noe større på massivtrehuset siden veggen er litt tykkere.

4.8 Pris

Beregningene viser at den tenkte ytterveggen i eksempelhuset blir noe dyrere ved bruk av massivtre mot bindingsverksvegg. Totalprisen på massivtreveggen kommer 1606 kr eks mva per m². Totalprisen på bindingsverksvegg ligger på 1421 kr eks mva per m². Dermed er massivtre omtrent 13 % dyrere enn tradisjonelt bindingsverk. Dersom man ser bort i fra kostnaden rundt monteringen av veggen, så er det mye større forskjell i prisen. Det er omtrent dobbelt så dyrt med massivtre kontra bindingsverksvegg. 1055 kr i materialkostnad for massivtre mot 527 kr i materialkostnad for bindingsverksvegg. Hvis det blir større tilgang til massivtre her i Norge vil man over tid se en nedgang i pris.

Man ser at for yttervegg av massivtre utgjør materialene omtrent 65% av kostnadene for veggen. På tradisjonell bindingsverksvegg så utgjør materialene kun 37%. Materialkostnaden på massivtre er nesten dobbelt så stor som bindingsverksvegg. Man vil over tid få ned kostnaden på massivtre, dersom tilgangen på massivtre blir stor nok her i Norge. Det meste av massivtre importeres fra utlandet, da blir det større fraktkostnader enn om man produserte dette i Norge. Hvis man ser på timer per m² så ser man at det kun er snakk om 0,46 timer per m² for massivtreveggen fra ferdig innvendig til vindsperre på utsiden. Dersom man sammenligner med bindingsverksveggen ser man at det går med 0,73 timer per m². Det går med mer tid til en vegg i bindingsverk.

5. Drøfting

I denne oppgaven er det satt søkelys på om massivtre er et fullverdig alternativ til tradisjonelle byggemetoder, og spesielt bindingsverk. Dette ble løst ved å se på de to valgte løsninger sine egenskaper. Utgangspunktet til de to løsningene var at U-verdien var relativt lik, henholdsvis 0,159 for bindingsverk vegg og 0,167 for massivtreveggen. Det hadde vært mulig å få jevnere U-verdier, men da har man måtte bruke isolasjon med $\lambda=0,0032$ istedenfor 0,0034 i Glava Pluss Systemet. Det ble valgt å ikke gjøre dette for å ha isolasjon med samme egenskaper i begge veggene.

Videre ble det sett på egenskapene i forhold til kuldebroer, der ingen av veggene har noe betydelig kuldebroer, men bindingsverkveggen har de største, da det er gjennomtrengende treverk i motsetning til kontinuerlig isolasjonslag på massivtreveggen.

Det er generelt lite informasjon tilgjengelig om egenskapene til yttervegger i forhold til lyd og vibrasjoner. Sintef Byggforsk har en rapport som heter «523.422 Lydisolerende egenskaper for yttervegger» som har en del laboratorium målte resultater for yttervegger, men det handler verken om massivtre eller bindingsverk vegg som oppgaven her har tatt som utgangspunkt. I Treteknisk sin håndbok «-bygge med Massivtreelementer» fra 2006 har de et eget hefte om lyd på 15sider, der 13 handler om etasjeskillere, én om skillevegger og på siste side, to setninger om yttervegger som er «For en yttervegg vil veggene i seg selv ikke være noen begrensning på lydisolasjonen for utendørs støy. Andre krav til ytterveggen, som varmeisolering etc., vil sette krav til utforming av ytterveggen.» [7] som igjen gjenspeiler at lyd og vibrasjoner er noe som må sees mye mere på framover.

I en epost fra Glava svarte de dette «Vi har ikke gjort noen lydmålinger på yttervegger, men systemet vil helt klart gi både lyd og vibrasjonsdempninger sammenlignet med kun en massivtreoverflate.» på spørsmål om hvor bra ytterveggløsningen deres er for lyd og vibrasjoner. Det er da viktig å tenke på om større støykilder vil forekomme, alt fra trafikkerte veger til barnehager/skoler, for så å gjøre tiltak for å hindre disse til å bli sjenerende. Man kan for eksempel sette opp støyvegger, prosjektere oppholdsrom vendt bort fra støykildene eller prosjektere konstruksjonen til å kunne motstå selve kilden.

Massivtre som bærende yttervegg er et veldig godt alternativ. Man står mer fritt til å plassere dører og vinduer der man måtte ønske siden det er god bæreevne i produktet generelt. I bindingsverk er men avhengig av hver stender for bæringen til huset. Dermed må man inn med ekstra bæring om man skal ha et vindu eller dør som er bredere enn c/c 60 cm. Bindingsverk

har i tillegg for lite stivhet til å bygge høye bygninger. Massivtre derimot kan bygges i høyden og man har allerede et bygg i massivtre i Brumunddal som er over 80 meter høyt, det er verdens høyeste trebygning. Det er en fordel at massivtre både kan brukes i eneboliger samtidig som det kan brukes i høye boligblokker. Samme fremgangsmåte vil gjøre at det vil være flere som kan utføre slike prosjekter. Man vil også spare mye tid og kostnad på fundamenteringen i store bygg. Massivtre er opptil 5 ganger lettere enn betong. Dermed blir et bygg satt opp i massivtre vesentlig lettere og man trenger ikke like mye fundamentering.

Monteringen er et annet punkt hvor massivtre har store fordeler. Siden massivtre blir produsert på fabrikk før den kommer ut på byggeplass, så er det meste av bearbeidingen allerede utført. Dette medfører at man trenger færre folk på byggeplassen, og et firma har mulighet til å gjennomføre flere prosjekter parallelt. Siden det ofte er mangel på fagarbeidere innen tømmerfaget, vil det være noe som blir tatt godt imot å minske arbeidet på hvert prosjekt. En annen fordel med en rask montering er at man får et tett bygg veldig kjapt. Dermed minsker man sjansen for å få fuktskader under byggeprosessen.

Det kan derimot bli utfordringer med logistikken under montering, det vil kreve mer planlegging fra utførende. Morten Stamnes nevnte at under deres montasje på Skjetlein var det en utfordring med tanke på plass når alle elementene kom i løpet av få dager. Det var også en ulempe at elementene ikke kom pakket slik Consto skulle montere dem. Dermed gikk det med mye tid til å flytte om på elementene for å få montert de rette elementene. Tårnkran på montasje av massivtreelementene er anbefalt da det gjorde prosessen mye lettere enn med mobile kraner.

Det som man fortsatt sliter litt med er hvordan man heiser elementene. Når innsiden av elementene skal være ferdig produkt har man ikke mulighet til å feste elementene på siden. Consto brukte mye tid på å få heisingen til å gå bra da elementene var kun 60 mm så kunne de ikke feste kroker i toppen for da ble elementene ødelagt. Det endte opp med at de festet stropper rundt elementene og heiste de på plass. Men når elementet skulle settes på et annet måtte man fjerne stropene før de var satt opp på hverandre. Det ville vært mye tid å spare på å finne en mer effektiv måte å heise elementene på plass. Det er også en utfordring når elementene blir rimelig store og det er mye vind på byggeplassen. Selv om elementene er tunge blir de fort tatt av vinden.

Det kreves dermed mye mer planlegging ved massivtre enn tradisjonelt bindingsverk. Men når planleggingen først er gjort tilstrekkelig vil det være en veldig effektiv byggeprosess. Noe som må jobbes litt mer med er logistikk når det gjelder når elementene kommer og hvordan de er pakket. Det kan være fordel at de kommer stående slik at det er lettere tilgang til alle elementene. Det må også finnes en mer effektiv måte å heise elementene på.

Massivtre stiller også sterkt når det kommer til brann. Man skulle kanskje ikke tro at trevirke vil stå imot brann på en tilfredsstillende måte. Men forsøk viser at massivtre er et bra materiale ved et brannforløp. Oppbyggingen med lameller og lim imellom fører til at forkullingen isolerer resten av elementet fra brannen. Det tar dermed lengre tid før brannen kommer inn til hele elementet. Betong vil ved høy temperatur plutselig kollapse, gjerne uten forvarsel. Massivtre derimot vil man se hvor mye av elementet som har forkullet og på denne måten få beskjed i forkant av en kollaps. Ved gode branndepnende tiltak som sprinkleranlegg vil massivtre være et godt alternativ i høye bygninger i brannklasse 3.

Massivtre har gode egenskaper under en brann og vil kunne redde liv ved et brannforløp, men hvordan fungerer det etter en eventuell brann? Problemstillingen rundt forkullede elementer kan by på en del utfordringer. Det fantes lite informasjon rundt dette på nett, men det ble tatt videre til Erlend i Splitkon. I en epost 10. mai 2019 kom han med et svar rundt denne problemstillingen. De har så langt ikke måtte håndtere ødelagte etasjer eller rom enda. Men de har sett på hvilke løsninger som kan gjøres ved et eventuelt brannforløp som skader elementene.

Ikke bærende elementer vil kunne kappes opp på plassen og bygges opp på nytt enten med nye elementer eller med en plassbygd stendervegg. Bærende elementer derimot vil svært sjelden være lønnsomt å bytte ut i sin helhet, uten å rive hele eller deler av bygget. Synlige overflater i massivtre vil ikke kunne rehabiliteres 100% siden det ikke finnes portable verktøy som vil kunne produsere en tilfredsstillende slett overflate. Tiltak for bærende elementer som kan gjøres på plassen vil være å kle inn veggen med gips etter å ha fjernet det som er forkullet. Dersom integriteten til konstruksjonen er opprettholdt og det er tilstrekkelig mengde tverrsnitt igjen enten i seg selv, eller med spesielle forsterkninger, kan det være aktuelt å stenge av den berørte delen av bygget. Det vil til syvende og sist være kostnader/verdivurdering som vil være avgjørende hva som blir gjort under oppbyggingen etter en brann.

Miljømessig er massivtre et veldig bra alternativ til andre byggemetoder. Først og fremst er det i forhold til betong/stål man ser de største forskjellene. Man ser i flere eksempler at massivtre i bærekonstruksjonene vil kunne spare CO₂-utslippene med opp imot 50 % i forhold til betong/stål. Det vil være gunstig for klimaet å benytte massivtre i større grad. Hvis man sammenligner massivtre med bindingsverk så ser man at det er lettere å oppnå passivhuskravene. Dette har stor innvirkning på energibruken som går til oppvarming av byggene våre. Man vil se at massivtre kan være et miljømessig godt alternativ til både betong og stål som brukes i høyhus, og til bindingsverk som brukes mye i eneboliger.

Det er verdt å legge merke til at vi har kun beregnet pris på en type bindingsverksvegg og en type massivtrevegg. Det finnes mange forskjellige måter å bygge opp en vegg på, slik at for å kunne konkludere om hva som er billigst av massivtre og bindingsverksvegg trenger man å regne for flere alternativer. Men man får en pekepinn på hva som er billigst. Selv om pris ofte er det man går ut ifra når man velger materiale, er det mye tid å spare på monteringen for massivtre. Her vil det nok være noen entreprenører som ser mulighet til å gjennomføre flere prosjekter og dermed kan man tjene mer. På denne måten vil det være mulig å oppnå rabatter hos leverandør, og man kan spare inn på arbeidskostnaden også. Dersom massivtre er et dyrere alternativ enn bindingsverk vil mange velge bort massivtre som byggemetode.

Sånn som energikravene er per nå, så klarer bindingsverk å konkurrere med massivtre med tanke på pris. Men dersom det blir strengere krav til energibruk i bygninger, vil man trenge å gå kraftig ned på u-verdi. Det kan fort ende opp med at alle nye bygg må bygges som passivhus. Da vil massivtre kunne utkonkurrere bindingsverk på grunn av at det er enklere å få lav u-verdig og minimalt med kuldebroer med massivtre. For massivtre er det mulig å bare øke tykkelsen på isolasjonen utvendig og dermed oppnå passivhus standard. Bindingsverk derimot må gjerne bygge på med for eksempel dobbelt bindingsverk. Eller øke isolasjonstykkelsen på andre måter, dermed øker kostnaden og tidsbruket kraftig.

Selv om det viser seg at massivtre er et meget godt alternativ til andre byggemetoder er dette lite utbredt. Mye av problemet ligger i kompetansen rundt omkring hos entreprenørene. Det er få folk som sitter med nok kunnskap rundt bygging med massivtre. Morten Stamnes fortalte at når de skulle benytte massivtre var det for lite informasjon om dette. De dro ned til leverandøren og fikk informasjonen derifra. Det er for de fleste et relativt nytt og uprøvd terreng å begi seg ut på. De fleste aktører trives med å gjøre det som er trygt og godt, og de vet

at fungerer. Det er i tillegg lite tilgang på massivtre som er produsert her i Norge, selv om tilgangen på råvaren er enorm. Det meste blir transportert fra utlandet og dermed blir det lite konkurranse blant leverandørene. Splitkon har tatt i et tak og bygget verdens største massivrefabrikk, dermed blir tilgangen på både kunnskap og produktet større. Dersom det blir flere aktører som øker produksjonen her i Norge forventes det at prisene vil gå ned på grunn av økt konkurranse.

Man ser ut ifra tabellen nedenfor at massivtre er bedre på de fleste punktene når det gjelder de to veggene som er forsket på her, men taper på pris og bæreevne. Pris vil fort gjøre at mange vil velge bindingsverk uavhengig av fordelene til massivtre. Å få ned prisen vil dermed være viktig for at massivtre skal konkurrere mot bindingsverk.

Tabell 13 – Resultatoversikt

Egenskaper		Type yttervegg	
		Bindingsverk	Massivtre
U-verdi		0,159 W/m ² K	0,167 W/m ² K
Kuldebro			
	Geometrisk	0,037 og -0,061 W/mK	0,0048 W/mK
	Konstruktiv	0,07 W/mK	≈ 0 W/mK
Lyd og Vibrasjoner		-	-
Levetid		-	-
Bæreevne		185 kN/m	148 kN/m
Monteringseffektivitet		1,77 timer/m ²	1,09 timer/m²
Brann		0,8 mm/min	0,7 mm/min (MUF 0,57)
Miljø²		-	-
Pris		1421 kr/m²	1606 kr/m ²
Resultat		2	5

Under lyd og vibrasjoner og levetid er det ikke funnet rikelig med bevis for at den ene er bedre enn det andre. Det antas at massivtre er bedre enn bindingsverk på luftlyd fordi det ikke er «harde» materialer gjennom hele konstruksjonen, men det er ikke funnet noe dokumentasjon på det. Levetid er det flere variabler som utgjør materialet sin levetid, her kommer det an på hvordan produksjon- og byggeprosessen gjøres, for å unngå for eksempel fukt.

² Flere variabler som til sammen gjør massivtre bedre mot miljøet

6. Forskning og utvikling

I forskning og utviklingskapittelet er det lagt større vekt på å se på Glava Pluss Systemet (GPS), noe som er brukt i hele rapporten, men som ikke er forklart eller vist hvordan fungerer på en tilfredsstillende måte til nå. Det vil bli lagt størst vekt på hvordan dette fungerer med massivtre og bindingsvegg, da det er mest relevant til oppgaven. GPS kan også brukes til betong- og tegl bæresystemer, men vil ikke bli lagt særlig vekt på her.

6.1 Glava Pluss System

GPS er et isolasjonssystem produsert av Glava hvor man enkelt kan etterisolere eller bruke til nybygg for å oppnå tilstrekkelig isoleringsevne i bygget og eliminere kuldebroer det ellers kunne ha oppstått. Det består av stendere laget av stuket glassull (stående fibre) med pålimt treverk. Stuking av glassull gir høy trykkstyrke kombinert med lav vekt. Treverket er stykker av bord som er fingerskjøtt og limt for høy stivhet og minimal kuing.



Figur 14 – Glava Pluss System for massivtre [42]

Systemet kan festes i bærende ytterveggskonstruksjoner av krysslimt tre (massivtre), stenderverk av tre (min. 45 mm bredde), betong, massivtegl, lettklinker og pore-/gassbetong. Systemet er enkelt, raskt og lett å håndtere, og monteres med helt vanlig håndverktøy. I tillegg er det meget fleksibelt med tanke på valg av kledning, noe som gir stor arkitektonisk frihet – særlig ved oppgradering. Nytt el. anlegg og/eller ventilasjonsanlegg kan også legges skjult inn i veggen.

Tabell 14 – U-verdier for massivtre med Glava Pluss System [12]

U-VERDI		80 mm massivtre		100 mm massivtre		120 mm massivtre	
		c/c avstand		c/c avstand		c/c avstand	
Isolasjon i GLAVA Pluss system		600 mm	1000 mm	600 mm	1000 mm	600 mm	1000 mm
145 mm stender	EXTREM 32	0.222	0.207	0.214	0.199	0.203	0.190
	PROFF 34	0.228	0.214	0.220	0.207	0.208	0.196
195 mm stender	EXTREM 32	0.172	0.161	0.168	0.156	0.161	0.150
	PROFF 34	0.178	0.167	0.173	0.162	0.165	0.156
290 mm stender	EXTREM 32	0.121	0.113	0.119	0.111	0.115	0.108
	PROFF 34	0.125	0.117	0.123	0.115	0.119	0.112

Ved å bruke dette systemet vil man lett kunne oppnå til enhver tid gjeldene U-verdi krav, som ligger på 0,18 [3] i dag og man kan også oppnå passivhusstandard 0,15 [32] ved å enkelt endre dimensjonen på Glava Pluss Stenderen uten å gjøre noen andre tiltak på bærekonstruksjonen.

Egenvekt for Plusstender 1 med dimensjoner: 90x200x2400 mm er ca. 6,1 kg og ca. 8,8kg for Plusstender 2 i samme dimensjon. For tilsvarende trevirke i 48x98x2400mm er egenvekten ca. 5,75kg [24]. Systemet i seg selv er tyngre per enhet, men egenvekt per m³ vil GPS være lettere.

6.2 Komponenter

Glava Pluss Stender

Glava Pluss Stender er laget av stuket glassull med pålimt treverk, det er to ulike typer stendere, Glava Pluss Stender 1 [38] og Glava Pluss Stender 2 [39]. Stender 1 har treverk på bare én siden og brukes der man vanligvis ville hatt stendere uten behov for ekstra festemuligheter, mens Stender 2 har treverk på begge sidene og vil brukes i hjørner, sviller og rundt vinduer og dører. Treverket er ikke gjennomgående, men er limt til den trykkfaste glassullen. Det minimerer kuldebroer og gir et sammenhengende isolasjonssjikt [40].

Isolasjonen i selve stenderen oppgir Glava at har en λ verdi = 0,043 W/mK [38], altså høyere (dårligere) enn isolasjonen imellom stenderne, men fortsatt mye bedre enn gjennomgående treverk, som er hovedgrunnen til å velge dette systemet.



Figur 15 – Glava pluss stender 1 [39]



Figur 16 – Glava pluss stender 2 [43]

Glava Plussplate

Imellom stendere vil det brukes Glava Plussplate, dette er en ubrennbar isolasjonsplate som kommer i tre forskjellige tykkelser, 100, 150 og 200 mm, ved 290mm tykkelse på stendere vil det bli brukt to lag med 150mm, de andre dimensjonene er 515 mm x 915 mm, det gjør at det samme produktet kan benyttes til både c/c 600 mm og c/c 1000 mm [41].



Figur 17 – Glava Plussplate [41]

6.3 Løsninger

Systemet skal alltid festes i bærende ytterveggskonstruksjon av massivtre, betong, massivtegl, lettklinker, pore-/ gassbetong eller i stenderverk av tre med min. 45 mm bredde. Systemet kan monteres med senteravstand 600 mm eller 1000 mm, avhengig av bærekonstruksjonen bak, valg av kledning, bygningshøyde, vindlast og terrengkategori. GPS kan benyttes på bygninger med inntil 32 meters høyde [42].

Tabell 15 – Hvilke dimensjoner som kan benyttes på ulike konstruksjoner [42]

Konstruksjon Dimensjon	KL-tre (massivtre)	Betong og massivtegl	Stenderverk av tre	Lettklinker og porebetong
98 mm	x	x	x	x
150 mm	x	x	x	x
200 mm	x	x		
250 mm	x			
290 mm	x			

Montering på elementer av massivtre

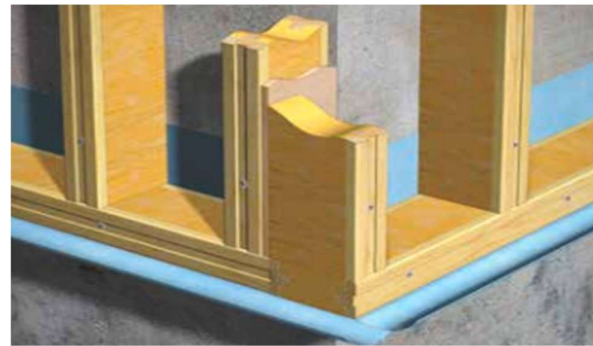
På elementer av massivtre kan stenderne monteres på c/c 600 mm eller c/c 1000 mm avhengig av type kledning, bygningshøyde, terrengkategori og vindlast. Stenderne kan festes på flere måter avhengig av dimensjon og vekten på vindsperre, lekter og kledning. Det skal skrues med korrekte skruer inn i fem forborede hull [42].



Figur 18 – Montering på massivtre [42]

Utvendig hjørneløsning

Ved utvendig hjørne benyttes Stender 1 og Stender 2 samt en kryssfinerplate på min. 16mm. Ved å montere slik vil du ha spikerslag ved alle nødvendige punkter og minimalisere andel trevirke i et hjørne, som ofte er største utfordringen i en bindingsvegg mtp. kuldebroer pga. treandelen [42].



Figur 19 – Utvendig hjørneløsning [42]

Innvendig hjørneløsning

Innvendig hjørne monteres slik at motstående stender overlapper 3 cm inn på stenderen, slik illustrasjonen under viser. Isolasjonen som skal inn bak må kappes til på forhånd og settes inn før hjørnet settes sammen. For å få et stivt og solid hjørne kan stenderne med fordel skrues sammen med lange treskruer, alternativt stikkspikres [42].



Figur 20 – Innvendig hjørneløsning [42]

Løsning når vinduer og dører monteres i plusstenderen

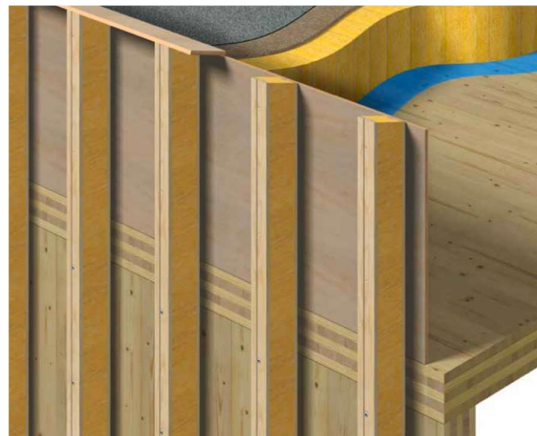
Innfestingsmetode av vinduer i systemet må vurderes etter vekt og hvilken konstruksjon plusstenderne skal festes i. Rundt dører og vinduer brukes plusstender 2. Stenderen(e) under losholten skal også være plusstender 2. For å få feste til vindu/dør så skal det monteres 21 mm kryssfinérplater eller 22 mm OSB-plater. Benyttes OSB-plater så skal det benyttes OSB3 eller bedre. Platene monteres på innsiden av stenderne, samt oppå losholt og oppunder overdekningen. Platene skal flukte med åpningen, så stenderne må flyttes 21 eller 22 mm til hver side for åpningen, samt over og under åpningen [42].



Figur 21 – Vindusløsning [42]

Parapet med plusstender 2

Plusstender 2 kan benyttes til å lage parapet på kompakte tak. Plusstenderne skal da monteres på c/c 600 mm. Det forutsettes at det benyttes stendere i hele lengder. Maks høyde over bærende dekke er 1 meter. Toppen av parapetet skal ha fall 1:5 innover mot taket. Platen eller bordet som legges oppå parapeten skal festes fra oversiden og ned i begge tredelene på plusstenderen [42].



Figur 22 – Parapetløsning [42]

Avslutning ved raft, takutstikk m.m.

Avslutning ved raft må prosjekteres for hvert prosjekt da det avhenger av taktype, om det er nybygg eller oppgradering, om det er kaldt loft, lufting mellom vindsperre og undertak eller det benyttes kombinert undertak og vindsperre. Ved oppgradering må man se om taktutstikket skal fores på eller om det skal lages løse taktutstikk. Løst taktutstikk må dimensjoneres for aktuelle snø- og vindlaster i hvert tilfelle uavhengig om det er oppgradering eller nybygg. Monteres plusstenderne på bindingsverk av tre så skal plusstenderne sentreres over stenderverket og festes i disse [42].



Figur 23 – Avslutning ved raft, takutstikk m.m. [42]

7. Konklusjon

Massivtre er et fullverdig alternativ til tradisjonelle byggemetoder. Det er enkelt å få lav U-verdi, minske kuldebroer til det minimale, går raskere å montere, brenner tregere og er mindre skadelig mot miljøet. Når det gjelder bæreevne har den for den valgte veggen mindre kapasitet enn bindingsverk, men den har andre fordeler som at den er avstivende. Den har i tillegg lik bæreevne over hele veggen, bindingsverk derimot har kun der det er stender. Dersom man øker tykkelsen på elementet vil man få en betraktelig økning i bæreevne. Med tanke på lyd og vibrasjoner og levetid er det ikke funnet signifikante forskjeller, så det trekkes heller ingen konklusjon på hva som er best under disse to punktene. Massivtre vil være et godt alternativ til bruk i boligblokker og andre høye bygg. Det er vesentlig mer klimavennlig enn stål og betong.

Det er også noen problemer med massivtre; tilgjengelighet og kunnskap.

Norge klarer ikke å produsere nok massivtre til å tilfredsstille etterspørselen, dette gjør at det må importeres fra blant annet: Østerrike, Sverige, Tyskland, Latvia og Litauen. Den valgte løsningen for massivtre ble litt dyrere enn bindingsverk. Det forventes at når tilbudet klarer å oppfylle etterspørselen vil prisen på massivtre synke på grunn av lavere fraktkostnader og større konkurranse i markedet.

Det er ikke funnet noe informasjon om hvor godt massivtre er med tanke på lyd og vibrasjoner i yttervegger, dette er noe som må forskes på videre, spesielt nå, siden det bygges tettere enn noen gang i de større byene i Norge, som igjen gjør at man kan bli utsatt for mere støy enn tidligere.

8. Referanseliste

1. Dragland Å. Bygg står for 40% av verdens utslipp - slik skal det reduseres: Teknisk Ukeblad; 2015 [hentet 2019 30. Mars]. tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/bygg-star-for-40-av-verdens-utslipp-slik-skal-det-reduseres/223922>
2. Treteknisk. Massivtre Oslo: Treteknisk; 2018 [hentet 2019 03. April]. tilgjengelig fra: <http://www.treteknisk.no/resources/filer/aktuelt/brd-foredrag/Massivtre.pdf>
3. byggkvalitet Df. Byggeteknisk forskrift (TEK17) Oslo: Direktoratet for byggkvalitet; 2017 [hentet 2019 15. Februar]. tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggeteknisk-forskrift-tek17/>
4. Edvardsen RKI, Ø. T. Trehus, håndbok 5. 1 ed. Oslo: SINTEF akademiske forlag; 2014.
5. Falldalen R. Veggkonstruksjoner og ytterpanel: Gamle Trehus; 2007 [hentet 2019 25. April]. tilgjengelig fra: <https://www.gamletrehus.no/inspiration.php?id=24>
6. Aarstad J, Glasø G, Bunkholt A. FOKUS på tre Oslo: Treteknisk; 2011 [hentet 2019 24. April]. tilgjengelig fra: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/20-Massivtre.pdf>
7. Asheim E. Bygge med massivtreelementer : treteknisk håndbok. Oslo: Norsk Treteknisk Institutt; 2006.
8. Seehusen J. Norske rekordbroer: TU Bygg; 2010 [hentet 2019 30. April]. tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/norske-rekordbroer/242854>
9. Aasheim PA, Lier B. Markedsanalyse massivtre markedet i Norge 2017 - 2024 Vestby: Arena Skog; 2017 [updated Februar 2; hentet 2019 28. April]. tilgjengelig fra: <http://arenaskog.no/wp-content/uploads/2017/06/markedsanalyse-massivtre-280217.pdf>
10. Johansen ML. Miljøvernministeren åpnet verdens største massivtrefabrikk Åmot: Splitkon AS; 2019 [hentet 2019 2. Mai]. tilgjengelig fra: <https://splitkon.no/nyheter/generelle-nyheter/2019/januar-mai/miljoevernministeren-aapnet-verdens-stoerste-massivtrefabrikk/>

11. Byggforsk S. 471.231 U-verdier for vegger over terreng. Grunnlag for beregninger: Sintef Byggforsk; 2014 [hentet 2019 04. Mars]. tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/4044/u-verdier_for_vegger_over_terreng_grunnlag_for_beregninger
12. Glava. Massivtre med Glava Pluss System: Glava AS; 2018 [hentet 2019 05. Mars]. tilgjengelig fra: <https://www.glava.no/bygg/losninger/byggkonstruksjoner/yttervegg/massivtre-med-glava-pluss-system/>
13. Čurčija C, Thomas E. Therm USA: Lawrence Berkeley National Laboratory; 2018 [hentet 2019 05. Mars]. tilgjengelig fra: <https://windows.lbl.gov/software/therm>
14. Byggforsk S. 472.711 Kuldebroverdier. Hjørne mellom bindingsverksvegger av tre: Sintef Byggforsk; 2013 [hentet 2019 20. Mars]. tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/4089/kuldebroverdier_hjoerne_mellom_bindingsverksvegger_av_tre
15. Norge S. SN/TS 3031:2016 for beregning av energibehov og energiforsyning: Standard Norge; 2016 [hentet 2019 03. April]. tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2016/snts-30312016-for-beregning-av-energi-behov-og-energi-forsyning/>
16. Dokka TH, Dokka KA. Simien Skollenborg: ProgramByggerne; 2019 [hentet 2019 05. Mars]. tilgjengelig fra: <https://www.programbyggerne.no/SIMIEN/>
17. Gustafsson A. KL-trähandbok Stockholm: Svenskt trä; 2017 [hentet 2019 10. Mai]. tilgjengelig fra: <https://www.svenskttra.se/siteassets/6-om-oss/publikationer/pdf/svt-kl-trahandbok-2017.pdf>
18. FPInnovations. CLT Handbook - Canadian Edition Canada: FPInnovations; 2011 [hentet 2019 10. Mai]. tilgjengelig fra: <https://fpinnovations.ca/Pages/CltForm.aspx>
19. Thue JV. U-verdi: Store Norske Leksikon; 2009 [hentet 2019 12. Mars]. tilgjengelig fra: <https://snl.no/U-verdi>

20. Byggforsk S. 471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946: Sintef Byggforsk; 2018 [hentet 2019 07. Mai]. tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/208/beregning_av_u-verdier_etter_ns-en_iso_6946
21. Edvardsen KI, Ramstad T. Trehus, håndbok 53. 9 ed. Oslo: SINTEF akademiske forlag; 2010.
22. Byggforsk S. 471.015 Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk: Sintef Byggforsk; 2018 [hentet 2019 14. Mai]. tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/213/kuldebroer_konsekvenser_og_dokumentasjon_av_energibruk
23. Sintef. EPD Massivtre: Sintef; 2009 [hentet 2019 05. Mai]. tilgjengelig fra:
https://www.sintef.no/globalassets/project/mikado/epder/epd-massivtre_norsk.pdf
24. Byggforsk S. 471.031 Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler: Sintef Byggforsk; 2013 [hentet 2019 30. Mars]. tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/215/egenlaster_for_bygningsmaterialer_byggevarer_og_bygningsdeler
25. Garathun MG. I april starter byggingen av verdens høyeste trehus - i Brumunddal: Teknisk Ukeblad; 2017 [hentet 2019 30. April]. tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/i-april-starter-byggingen-av-verdens-hoyeste-trehus-i-brumunddal/376266>
26. Vestlandshus. Hvor lang tid tar det å bygge et hus? Ålesund: Vestlandshus AS; 2017 [hentet 2019 28. April]. tilgjengelig fra: <https://www.vestlandshus.no/blogg/hvor-lang-tid-tar-det-a-bygge-et-hus/>
27. Massivtre N. Brann Bekkestua: Norsk Massivtre; 2019 [hentet 2019 29. April]. tilgjengelig fra: <http://www.norskmassivtre.no/elementer/brann/>

28. Wormdahl ED. Brannsikkerhet i bygg med massivtre [Rapport]. Trondheim: SP Fire Research AS; 2017 [updated 02.03; hentet 2019 28. April]. tilgjengelig fra:
https://dibk.no/globalassets/02.-om-oss/rapporter-og-publikasjoner/spfr-a16-20229-brannsikkerhet-i-bygg-med-massivtre_spfr-_2017.pdf
29. Treindustrien. Lille grønne: Treindustrien; 2009 [hentet 2019 24. Mars]. tilgjengelig fra:
<http://www.treindustrien.no/resources/Treindustriens-lille-gronne.pdf>
30. Treteknisk. FOKUS på tre: Treteknisk; 2004 [hentet 2019 28. Mars]. tilgjengelig fra:
<http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/fokus-pa-tre/Fokus-nr-8.pdf>
31. Treindustrien. Miljø Oslo: Treindustrien; U.d. [hentet 2019 29. Mars]. tilgjengelig fra:
<http://www.treindustrien.no/miljo>
32. Norge S. Kriterier for passivhus og lavenergibygninger [Rapport]. Oslo: Standard Norge; 2013 [hentet 2019 03. Mai]. tilgjengelig fra:
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=636902>
33. lavenergiprogrammet F. Krav til passivhus 2018 [hentet 2019 25. April]. tilgjengelig fra: <https://bygg.tekna.no/krav-til-passivhus/>
34. Byggforsk S. 520.233 Søylar av tre. Dimensjonering: Sintef Byggforsk; 2011 [hentet 2019 13. Mai]. tilgjengelig fra:
https://www.byggforsk.no/dokument/306/soeyler_av_tre_dimensjonering
35. Garathun MG. Boligblokk i tre tok halvparten så lang tid å bygge som «naboblokka» i betong: Teknisk Ukeblad; 2015 [hentet 2019 30. April]. tilgjengelig fra:
<https://www.tu.no/artikler/boligblokk-i-tre-tok-halvparten-sa-lang-tid-a-bygge-som-naboblokka-i-betong/276082>
36. Volden M. Massiv suksess for skolebygg: Interreg; 2017 [hentet 2019 28. Mars]. tilgjengelig fra: <https://interreg.no/2017/10/massiv-suksess-skolebygg/>

37. Lang Å. Tre kandidater kan bli Årets trebyggeri: Norges Skogeierforbund; 2019 [hentet 2019 31. Mars]. tilgjengelig fra: <https://www.skog.no/nyheter/tre-kandidater-kan-bli-arets-trebyggeri/>
38. Glava. Glava Pluss Stender 1: Glava AS; 2018 [hentet 2019 08. Mai]. tilgjengelig fra: <https://www.glava.no/bygg/produkter/fasadesystemer/glava-pluss-system/glava-pluss-stender-1/>
39. Glava. Glava Pluss Stender 2: Glava AS; 2019 [hentet 2019 08. Mai]. tilgjengelig fra: <https://www.glava.no/bygg/produkter/fasadesystemer/glava-pluss-system/glava-pluss-stender-2/>
40. Glava. Pluss System: Glava AS; 2018 [hentet 2019 08. Mai]. tilgjengelig fra: <https://www.glava.no/bygg/losninger/fasadesystemer/pluss-system/>
41. Glava. Glava Plussplate: Glava AS; 2018 [hentet 2019 08. Mai]. tilgjengelig fra: <https://www.glava.no/bygg/produkter/fasadesystemer/glava-pluss-system/glava-plussplate/>
42. Glava. Glava Pluss System Monteringsanvisning: Glava AS; 2018 [hentet 2019 08. Mai]. tilgjengelig fra: <https://media.glava.net/mediabank/store/10779/Monteringsanvisning-GLAVA-Pluss-System.pdf>

9. Tabell-liste

Tabell 1 – Massivtreforbruk i m ³ i Norge [9].....	8
Tabell 2 – Brannklassekrav fra § 11-4 I TEK 17 [3]	18
Tabell 3 – Minstekrav for passivhus [32].....	24
Tabell 4 – Forslag til å oppfylle passivhuskrav [33].....	25
Tabell 5 – Elementpriser for bindingsverk vegg	25
Tabell 6 – Arbeidspriser for bindingsverk vegg	26
Tabell 7 – Elementpriser for massivtre vegg	26
Tabell 8 – Arbeidspriser for massivtre vegg	27
Tabell 9 – U-verdi for Glava Pluss System [12].....	28
Tabell 10 – U-verdi krav i henhold til TEK 17 [3].....	29
Tabell 11 – Utdrag fra vedlegg D-1 Energibudsjett for bindingsverk per år simulert i Simien.	36
Tabell 12 – Utdrag fra vedlegg D-2 Energibudsjett for massivtre per år simulert i Simien	36
Tabell 13 – Resultatoversikt	42
Tabell 14 – U-verdier for massivtre med Glava Pluss System [12]	43
Tabell 15 – Hvilke dimensjoner som kan benyttes på ulike konstruksjoner [42]	45

10. Figurliste

Figur 1 – Oversikt over U-verdi i utviklingen av yttervegg [4]	3
Figur 2 – Krysslagte elementer sammenføyd med lim [6]	7
Figur 3 – U-verdi [20]	11
Figur 4 – Eksempel på geometrisk kuldebro [22].....	13
Figur 5 – Eksempel på konstruktiv kuldebro [22]	13
Figur 6 – Energisyklus for trelast [29]	22
Figur 7 – Simulering av bindingsverk i THERM	29
Figur 8 – Simulering av massivtre i THERM.....	29
Figur 9 – Simulering av bindingsverk i THERM	30
Figur 10 – Simulering av massivtre i THERM.....	30
Figur 11 – Dimensjonerende sentrisk vertikal last for 80 mm massivtre-veggelement [17]	32
Figur 12 – Kapasitet (kN) for sentrisk belastede trykkstaver av konstruksjonsvirke C24 [34].	32
Figur 13 – Forskjellen på CO ₂ utslipp mellom massivtre og betong/stål [2]	35
Figur 14 – Glava Pluss System for massivtre [42]	43
Figur 15 – Glava pluss stender 1 [39]	44
Figur 16 – Glava pluss stender 2 [43]	44
Figur 17 – Glava Plussplate [41]	45
Figur 18 – Montering på massivtre [42].....	46
Figur 19 – Utvendig hjørneløsning [42].....	46
Figur 20 – Innvendig hjørneløsning [42]	46
Figur 21 – Vindusløsning [42].....	47
Figur 22 – Parapetløsning [42]	47
Figur 23 – Avslutning ved raft, takutstikk m.m. [42]	48

11. Vedlegg

A) Artikkel og Plakat:

1. Artikkel
2. Plakat

B) Tegninger:

1. Plantegning – Bindingsvegg 1:50
2. Plantegning – Massivtre 1:50
3. Ytterveggløsning – Bindingsvegg 1:5
4. Ytterveggløsning – Massivtre 1:5

C) Intervju og Email:

1. Intervju med Morten Stamnes, Consto AS
2. Email fra Knut Brecke 5. april, U-verdi og lyd
3. Email fra Erlend Johansen 26. mars, montering
4. Email fra Erlend Johansen 29. mars, pris og prosjektering
5. Email fra Erlend Johansen 10. mai, brann
6. Email fra Stein Wasa 1. april, montering

D) Beregninger:

1. Simien – Bindingsverk
2. Simien – Massivtre
3. Prisberegning – Bindingsverk
4. Prisberegning – Massivtre
5. Overslag Glava Pluss
6. U-verdi beregninger for bindingsverk

Vedlegg

A) – Artikkel og Plakat

1. Artikkel

2. Plakat

Massivtre er miljøvennlig, men nesten ingen bruker det



TRONDHEIM: I 2019 ble det satt opp et lager i massivtre ved Skjetlein videregående skole.
Foto: Hege Husby.

Av: Marius Ross Glasø og Erik Husby

I dagens samfunn er det stort fokus på miljø og klimagassutslipp.

Byggesektoren står for nærmere 40 % av klimagassutslippene i verden. Massivtre har vist seg å kunne redusere CO₂-utslippene med opp mot 50 % i forhold til å

bygge et bygg i betong og stål. Men hvorfor er det fortsatt lite utbredt?

Massivtre ble først tatt i bruk i Canada i midten av 1970-tallet, da først brukt i trebroer. Etterhvert kom det videre til Europa og tidlig på 1990-tallet

begynte man utviklingen av massivtreelementer til bygningsformål. Første gang massivtreelement ble brukt i Norge var i en enebolig i 1998.

Massivtre i Norge

Trebruk AS gjorde en analyse om markedet for

Vedlegg A-1

bruk av massivtre i 2017. Der kom det fram at bæresystem i massivtre kun utgjorde 1,85 % av det totale byggemarkedet i Norge i 2016. Det er forventet at det skal øke til 6 % i 2024. Det er fortsatt en veldig liten andel. Så hvor ligger problemet?

Marius Ross Glasø og Erik Husby har gjort undersøkelser rundt massivtre i deres bacheloroppgave «Massivtre – et fullverdig alternativ til tradisjonelle byggemetoder?». De har kommet fram til følgende.

Problemene til massivtre

Det er først og fremst to problemer som dukker opp og det er tilgjengelighet og kunnskap.

Det er veldig få leverandører av massivtre her i Norge, i 2016 ble 97,5 % av forbruket importert fra utlandet. Det er dermed ikke så lett tilgjengelig som de mer

tradisjonelle byggemetodene. Splitkon AS forsøker å gjøre noe med dette og våren 2019 sto verdens største massivtrefabrikk ferdig i Åmot, like utenfor Oslo.

Det andre er kunnskap. Rundt om i landet finnes det ikke mange som har god erfaring med bygging i massivtre. Det er i tillegg lite informasjon å oppdrive om massivtre. Det beste oppslagsverket for massivtre i Norge er fra 2006. De tekniske kravene har blitt større siden den tid.

Hvorfor skal man velge massivtre

Det er derimot store fordeler med massivtre. Gode brannegenskaper, kort byggetid, miljøvennlig, minimale kuldebroer og det er samme måte å bygge på ved både eneboliger og høyblokker. Om man skal bygge passivhus, vil det være mye enklere å få til kravene med massivtre

siden man isolerer direkte uten på veggen, blir ingen gjennomgående stendere og kuldebroene blir minimale.

Hva skal til for at flere tar i bruk massivtre

For at massivtre skal bli mer utbredt, vil det være viktig å øke kompetansen rundt bygging av massivtre. Det vil også være nødvendig med flere fabrikker i Norge som kan produsere og bringe kunnskap videre til entreprenører. Pris vil også være en faktor til om folk velger massivtre isteden for andre byggemetoder. Dersom det blir større konkurranse blant aktører i Norge, og flere og flere som bruker massivtre vil prisene presses nedover.



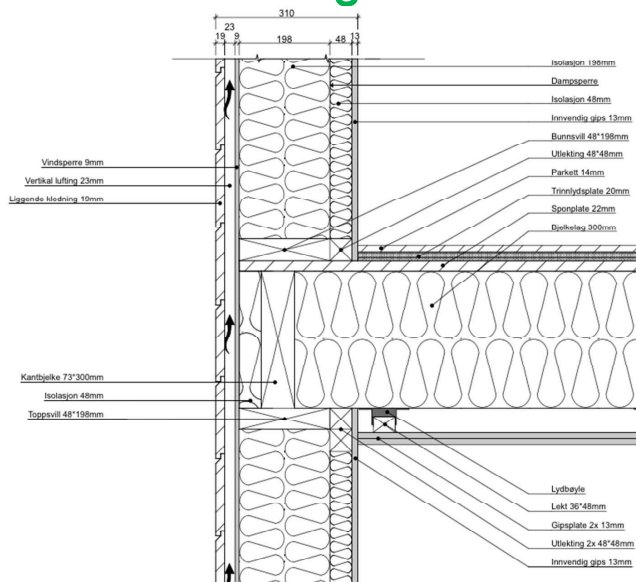
TRONDHEIM: I 2016 bygde Veidekke nye studentboliger på Moholt i massivtre.
Foto: Veidekke.

Massivtre – et fullverdig alternativ til tradisjonell byggemetode?

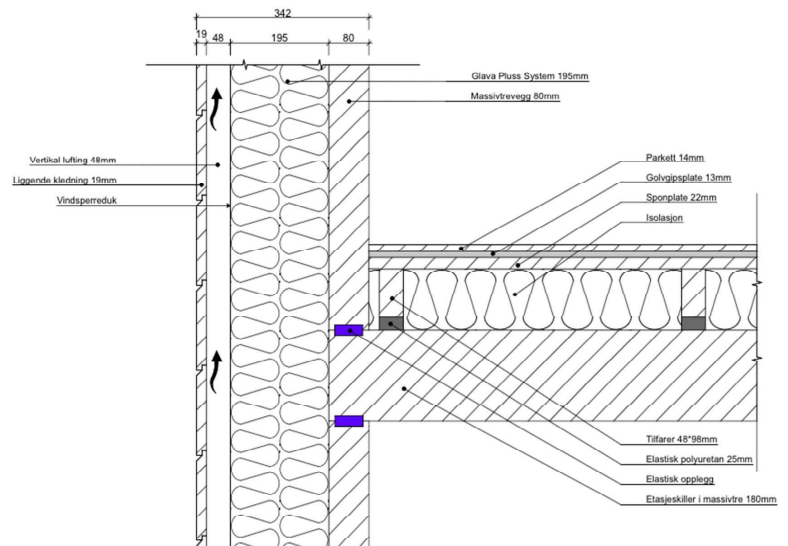
Cross Laminated Timber – a full-fledged alternative to traditional building methods?

I dagens samfunn er det stort fokus på miljø og klimagassutslipp. Byggesektoren står for nærmere 40 % av klimagassutslippene i verden. Massivtre har vist seg å kunne redusere CO₂-utslippene med opp imot 50 % i forhold til å bygge et bygg i betong og stål. Men hvorfor er det fortsatt lite utbredt? I denne bacheloroppgaven er det undersøkt om yttervegg av massivtre er et fullverdig alternativ til tradisjonelle byggemetoder.

Bindingsverk



Massivtre



Fordeler med bindingsverk

- Velkjent byggemåte
- Mye informasjon å oppdrive
- Lav pris

Fordeler med massivtre

- Miljøvennlig
- Kort byggetid
- Gode brannegenskaper
- Godt innklima
- Minimale kuldebroer
- Kan også benyttes i høyden

Det er kommet fram til at massivtre er bedre enn bindingsverk i vårt eksempel på de fleste punktene bortsett fra pris og bæreevne. Pris er ofte den avgjørende faktoren til mange når man velger byggemetode. Derfor er det færre som velger massivtre selv om det i mange tilfeller vil være en bedre måte å bygge på.

Vedlegg

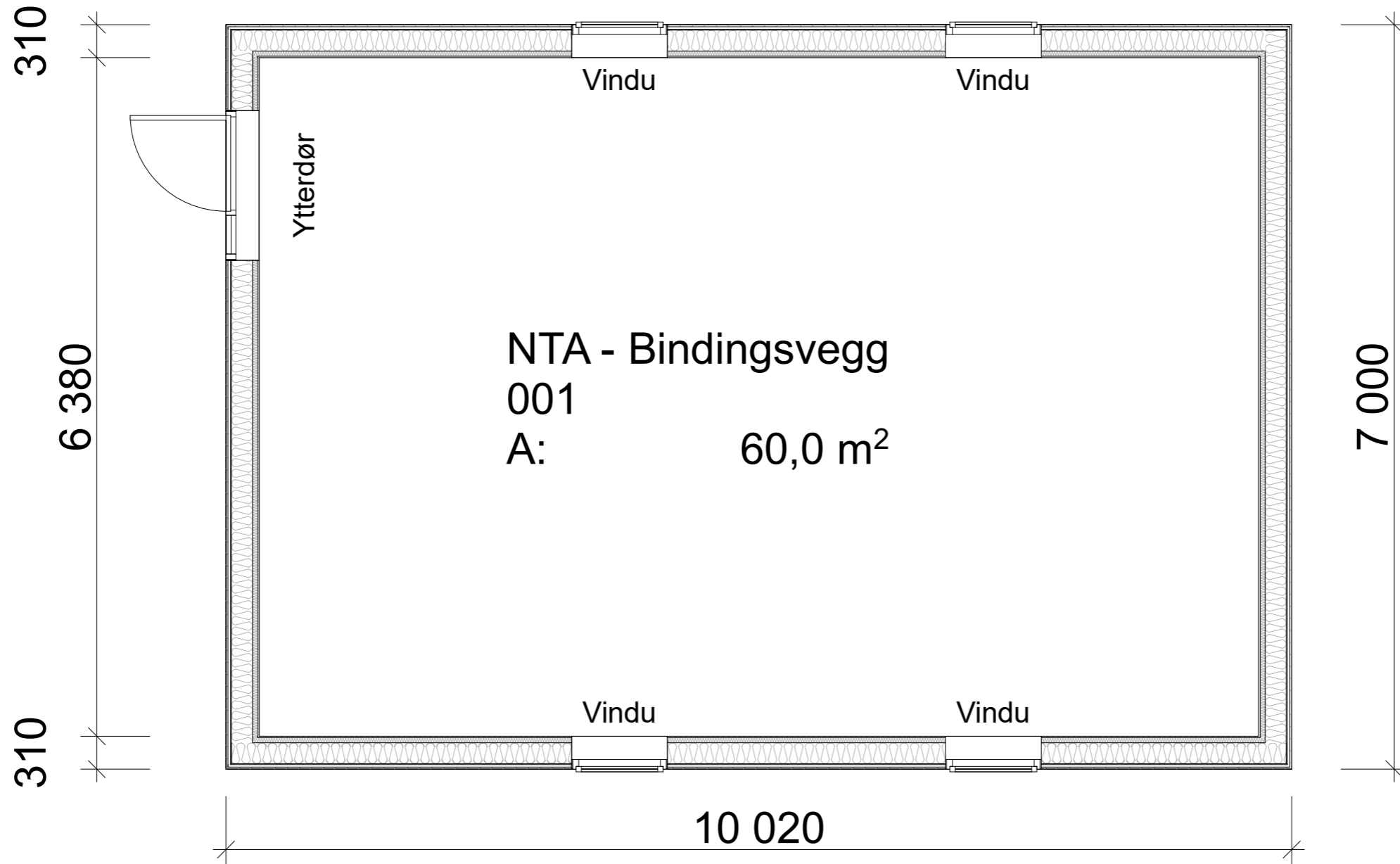
B) - Tegninger

1. Plantegning – Bindingsvegg 1:50
2. Plantegning – Massivtre 1:50
3. Ytterveggløsning – Bindingsvegg 1:5
4. Ytterveggløsning – Massivtre 1:5

BYA - Bindingsvegg

002

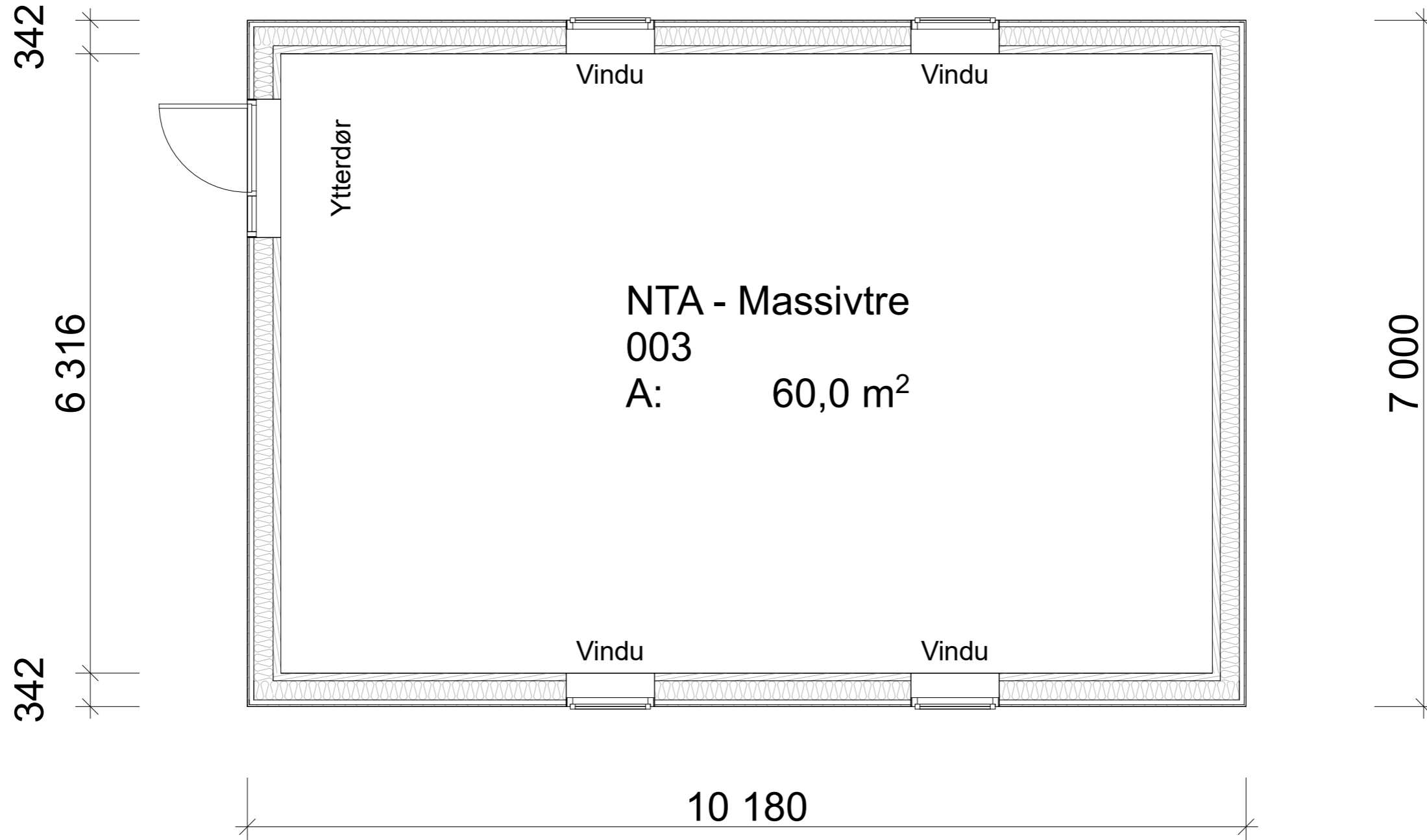
A: 70,1 m²



Type tegning:	Plantegning - Bindingsverk	Tegningsnr.:	01
Prosjekt:	Bacheloroppgave 2019	Dato:	06.05.2019
Tegnet av:	Marius Glasø & Erik Husby	Målestokk:	1:50

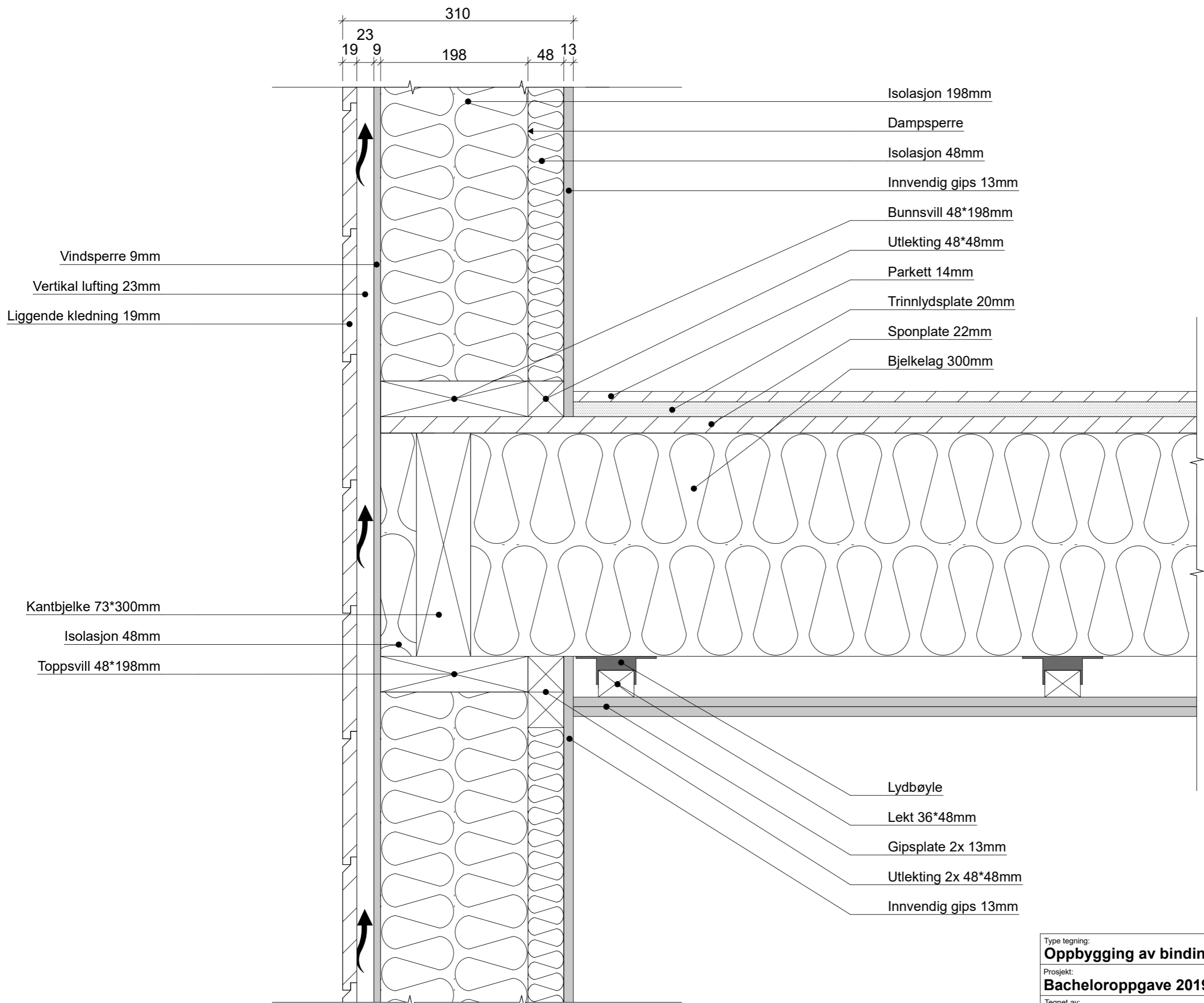
BYA - Massivtre
 004
 A: 71,3 m²

NTA - Massivtre
 003
 A: 60,0 m²



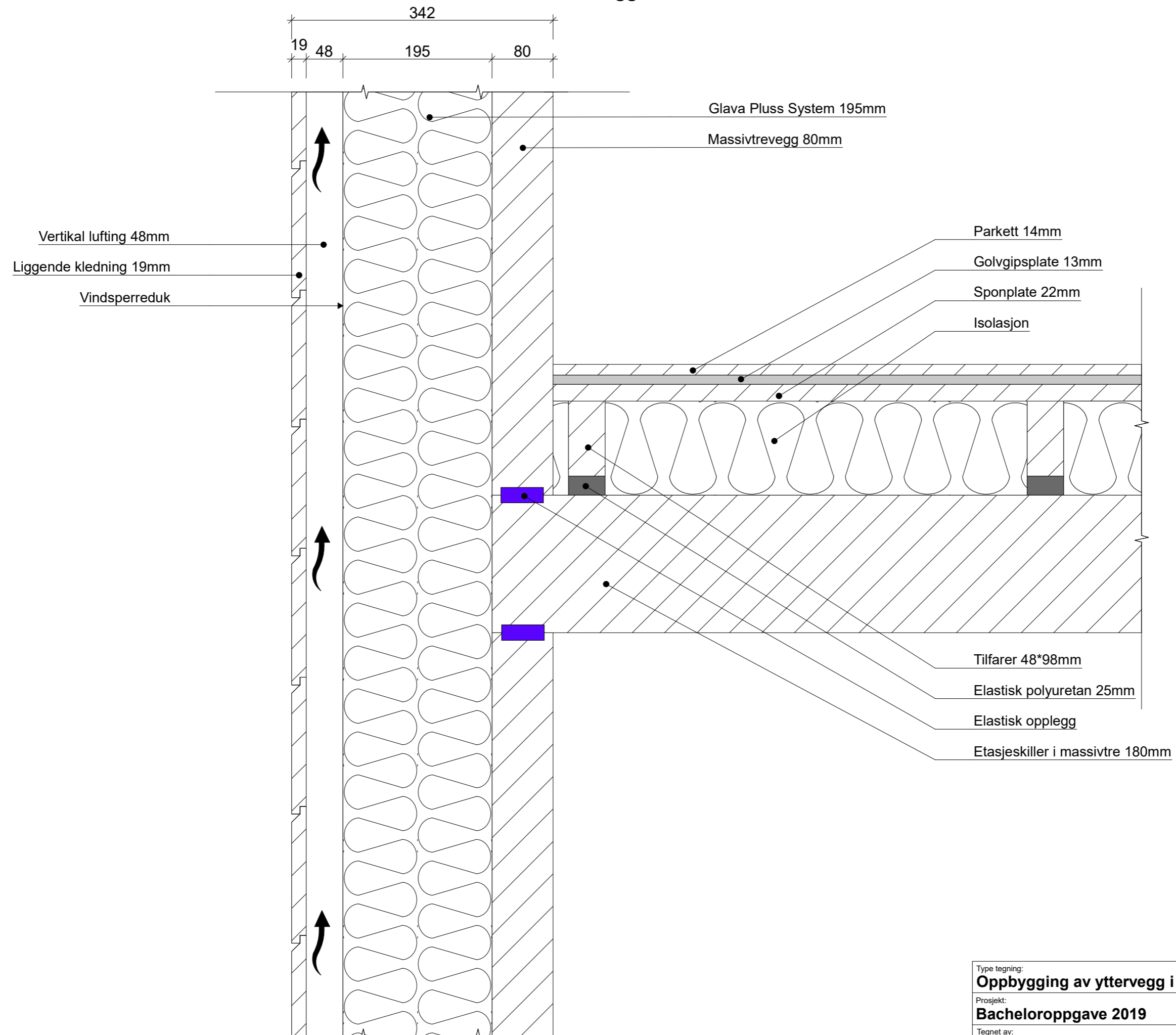
Type tegning: Plantegning - Massivtre	Tegningsnr.: 02
Prosjekt: Bacheloroppgave 2019	Dato 06.05.2019
Tegnet av: Marius Glasø & Erik Husby	Målestokk 1:50

Vedlegg B-3



Type tegning: Oppbygging av bindingsverk	Tegningsnr.: 03
Prosjekt: Bacheloroppgave 2019	Dato: 06.05.2019
Tegnet av: Marius Glasø & Erik Husby	Målestokk: 1:5

Vedlegg B-4



Type tegning: Oppbygging av yttervegg i massivtre	Tegningsnr.: 04
Prosjekt: Bacheloroppgave 2019	Dato 06.05.2019
Tegnet av: Marius Glasø & Erik Husby	Målestokk 1:5

Vedlegg

C) – Intervju og Email

1. Intervju med Morten Stamnes, Consto AS
2. Email fra Knut Brecke 5. april, U-verdi og lyd
3. Email fra Erlend Johansen 26. mars, montering
4. Email fra Erlend Johansen 29. mars, pris og prosjektering
5. Email fra Erlend Johansen 10. mai, brann
6. Email fra Stein Wasa 1. april, montering

Intervju med Morten Stamnes, Consto AS

09.05.19

Hva er dine tanker om massivtre?

Veldig greit å arbeide med. Fordel at du får et ferdig produkt på innsiden, men krever hensyn mtp montering og lagring. Ubehandlet, så fort skittent, går rett inn i treverket. Kan behandles med voks/boning. Enkelt å ta ut hull for rør uten å svekke konstruksjonen. Bra mot brann.

Forkulling mot bjelken, isoleres mot brann. Generelt godt inntrykk. Veldig mye festing, søyler kan fort forandre seg, må daglig sjekke lodd. Behov for mye skruer og de spesielle skruene var problematisk ved å skru ut.

Mindre gode løsninger ved heising. Stropper rundt hele elementet, kommer i veien når det heises på et annet element.

Hvor mye visste du om massivtre fra før av?

Jeg visste om limtredragere, men ikke mye mer enn det. Bare hørt om det.

Synes du det fantes nok info om det når du begynte å jobbe med det?

Nei.

Vi reiste ned til fabrikken til Splitkon og så på montasjen og fikk informasjonen derfra, gjorde noen forberedelser men ikke mye. Fikk mest informasjon fra Splitkon (leverandør)

Hva synes du om montering av massivtre sammenlignet med tradisjonell bindingsvegg?

Kreves mere planlegging og logistikk for massivtre. Å ta det imot på byggeplassen var en utfordring, plassmessig. Skulle ha planlagt bedre og ikke fått hele bygget på kort tid. Kom ikke pakket som planlagt. Kreves veldig mye plass. Tårnkran på montasje av massivtre anbefales.

Ville du brukt massivtre om du skulle bygd deg hus? (hvorfor ja/nei)

Ville heller hatt betong/glass, på grunn av utseende. På grunn av for mye tre på innsiden.

Hva vet kundene dine om massivtre?

Det var Consto som foreslo massivtre ved Skjetlein VGS. Hallen er ikke den beste type bygg for massivtre, ringmur må isoleres for å tilfredsstille U-verdi, mye vindavstiving og horisontale limtrebjelker. Brukere har ikke sett noe lignende ved befaring.

Vil du ha anbefalt massivtre til kunder? Vil du aktivt gå inn for massivtre?

Må tenke litt nytt, det er kommet for å bli. «sunne» bygg. Veldig fort tette bygg, rask montasje. Mye lettere å holde på med i forhold til betong.

Vedlegg C-1

Hvilken andre fordeler/ulemper er det med massivtre?

Fordeler: Fint å jobbe med, tilpassingsdyktig, fort tett bygg, ferdig innvendig raskt, god nøyaktighet på elementene, nummererte elementer.

Ulemper: Plasskrevende, Til neste prosjekt: få levert elementene stående, væravhengig fordi det er veldig store element (15x2,40m) på Skjetlein. My tid å spare ved å lagre i rett rettesfølge. Litt forskjeller i elementene med tanke på uttørring, fleste ulemper er relatert til planlegging/prosjektering på Skjetlein prosjektet.



Marius Glasø <mariusglasoe@gmail.com>

Massivtre med Glava Pluss system

2 e-poster

Marius Glasø <mariusglasoe@gmail.com>
Til: byggteknisk@glava.no

27. mars 2019 kl. 12:40

Hei

Jeg skriver bacheloroppgave om massivtre ved NTNU Trondheim, der bygget vi skriver om har brukt deres Glava pluss system og har da et par spørsmål om dette:

1. Er det gjort beregninger med tanke på kuldebroverdier til skruene man bruker for å feste systemet?
2. Hvor bra er ytterveggløsningen mot lyd og vibrasjoner?

mvh.

Marius Glasø

Knut Olav Brecke <knut.olav.brecke@glava.no>
Til: Marius Glasø <mariusglasoe@gmail.com>

5. april 2019 kl. 13:17

Marius Glasø

Takker for Deres henvendelse

Beklager sen tilbakemelding

1.

Vi har beregnet U-verdier med og uten festemidler. Det er ikke et krav at vi skal beregne U-verdi med festemidler. Festemidlene skal i utgangspunktet beregnes som punktkuldebroer. Verdiene vi har beregnet med festemidler er etter metode i NS-EN-ISO 6946.

2.

Vi har ikke gjort noen lydmålinger på yttervegger, men systemet vil helt klart gi både lyd og vibrasjonsdempninger sammenlignet med kun en massivtreoverflate.

Ha en fortsatt fin dag

Med vennlig hilsen



Knut Olav Brecke

Teknisk rådgiver - Bygg

Glava AS

Telefon +47 69818400

Mobil +47 93253365

E-post: knut.olav.brecke@glava.no

www.glava.no



[Sisert tekst skjult]

Vedlegg C-3

26. mars 2019 kl. 15:33

[Detaljer](#)

EJ

Erlend Leander Johansen 

SV: Bacheloroppgave

Til: Erik Husby, Kopi: Kristine Nore

Ok, dette høres bra ut!

Innspill/svar til punktene:

1. 80mm element
 - a. Pris: Regn 475kr/m2 vegg for 80mm
 - b. Det er mest hensiktsmessig at alt prefabrikeres, så det burde dere legge inn som en forutsetning på massivrealternativet
 - c. Jeg synes for oppgavens skyld at dere skal regne (Enkelt) på et 60mm alternativ også. Sløyf dampspærre på denne, selv om det anbefales av Sintef, og legg ved en kommentar om at løsningen krever disp/godkjenning for å benyttes godkjent uten dampspærre. (Sintef sin 80mm-grense er helt feil). Tillegg som dette kan gi oppgaven en «edge» som andre ikke får med seg..
 - i. Regn m2-pris på 60mm på 405kr
2. Fra kunden bekrefter vårt underlag(tegninger) kan vi prosjektere og levere elementer på 2-4 uker til små prosjekter, men etterspørsel og fremdriftsplan i fabrikk gjør at det nok realistisk burde legges opp til en leveringstid på 4-6 uker
3. Hvor lange er skruene? Sier ikke Glava noe om dette på sine hjemmesider?
4. Eneste jeg har på lyd er vel på innervegger. Legger ved et notat fra Åsveien skole (2013/14), se hva dere får ut av det. Det er egentlig et notat om CO2-utslipp fra de ulike løsningene, men det inneholder også dB-verdier for ulike veggtyper

Med vennlig hilsen

Erlend Leander Johansen
Konstruktør

Tlf: 48152008

Mail: erlend.johansen@splitkon.no

Web: www.splitkon.no



Splitkon AS | Industriveien 3 | N-3340 Åmot | Org. nr. NO 985806 797 MVA

[Se mer fra Erik Husby](#)

Vedlegg C-4

29. mars 2019 kl. 12:56

EJ

Erlend Leander Johansen 
SV: SV: Bacheloroppgave
Til: Erik Husby

På montasje er utgangspunktet å regne antall løft/dag. Mange faktorer spiller såklart inn her, men på en vanlig arbeidsdag kan dere ta utgangspunkt i 15 løft/7,5 time, dvs 2 løft i timen. Tiltak for å redusere pris på montasjen er å redusere størrelsen på elementene. Vi kan lage 16 meter lange liggende bærevegger, slik at yttervegger til én etg på et rektangulært bolighus med grunnflate opp til 16x16 meter er montert på under 2 timer. Tiden går såklart ned hvis grunnflaten er 2x2 meter, men antall løft er den beste indikasjonen.

Hvis du sender meg en beskrivelse/plantegning av huset dere vurderer kan jeg regne pris på montasjen for dere.

Med vennlig hilsen

Erlend Leander Johansen
Konstruktør

Tlf: 48152008
Mail: erlend.johansen@splitkon.no
Web: www.splitkon.no



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

[Se mer fra Erik Husby](#)

Vedlegg C-5

Erlend Leander Johansen

SV: Bacheloroppgave

Til: Erik Husby

10. mai 2019 kl. 15:32

EJ

Hei igjen Erik!

Beklager, skikkelig travelt nå, men skal prøve å kommentere litt:

Jeg snakket en del med en kollega av meg om problemstillingen med forkullede elementer. Dette kan by på utfordringer, og heldigvis har vi sluppet å måtte håndtere ødelagte etasjer eller rom enda. Allikevel er branner noe som forekommer, slik at man muligens en dag står der, og trenger en løsning, eller noen alternativer til handlingsplan.

Under produksjon av elementene er vi alltid opptatt av å gjøre mest mulig bearbeiding, særlig det som krever grove verktøy, i CNC-maskin på fabrikk. Vi har for eksempel sirkelsager med 800mm blad og freseverktøy med 10cm diameter. Håndverktøyene setter grenser for mulighetene på byggeplass under montasje. På samme måte er det portable verktøy som i dag setter begrensninger for mulighetene man har til å bearbeide forkullede overflater. Ut ifra dagens teknologi summerte Ole Edvard (Min kollega) og jeg opp følgende:

1. Skill mellom bærende og ikke-bærende elementer
 - a. Ikke-bærende elementer vil kunne kappes opp på plassen med motorsag, og veggene kan bygges opp igjen på nytt, enten med elementer, eller plassbygd stendervegg, med gips eller trekledning
 - b. Bærende elementer vil kun i noen få sammenhenger være lønnsomme å bytte ut i sin helhet, uten å rive hele eller deler av bygget.
2. Tiltak for bærende elementer på plassen:
 - a. Synlige overflater vil man aldri kunne rehabilitere 100% der disse er blitt berørt av brann, og blitt forkullet, sluttresultatet vil måtte kles inn med gips, ettersom dagens portable verktøy ikke vil kunne produsere en tilfredsstillende slett overflate
 - b. Forslag til verktøy for fjerning av forkullet treverk:
 - i. Barkespade/stålrive til grov fjerning
 - ii. Betongslipemaskin med spesifikke grove skiver, for fjerning av kull
 - iii. Ettersom sluttresultater ikke kan bli plant nok for en synlig kvalitet, vil finpusen kun bestå i å gjøre veggene slett nok til å fores på, eller kles direkte med gips.
3. Worst case: Dersom integriteten til konstruksjonen er opprettholdt, og det er tilstrekkelig mengde tverrsnitt igjen av konstruksjonene, enten i seg selv, eller med spesielle forsterkninger, kan det være aktuelt å stenge av den berørte eller de mest berørte delene av bygget. Dette er siste utvei, og kostnader/verdivurdering blir avgjørende.

Håper dette hjalp! 😊

Med vennlig hilsen/Regards

Erlend Leander Johansen
Konstruktør/Civil 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

[Se mer fra Erik Husby](#)

Vedlegg C-6



Fra: stein@nordiskmassivtre.no 
Emne: SV: SV: Bacheloroppgave om massivtre
Dato: 1. april 2019 kl. 13:26
Til: Erik Husby erikhusby12@hotmail.com

Hei

3 mann + kran kan montere 250 m2 pr/dag. Er vel ett måltall. Men det kommer veldig an på konstruksjon.

8 timer x 650 timespris x3 mann=15600/250 m2 ca. 63 kr/m2(veggmontering)
Kran koster vel 1500 kr/timen.

Stein Wasa

stein@nordiskmassivtre.no

Mob: +47 97547605

NordiskMassitre As

Norvald Strandsvegen 59

N-2212 Kongsvinger



**NORDISK
MASSIVTRE**

Fra: Erik Husby <erikhusby12@hotmail.com>
Sendt: fredag 29. mars 2019 12:52
Til: stein@nordiskmassivtre.no
Emne: Re: SV: Bacheloroppgave om massivtre

Den er grei, tusen takk! Og god helg.

Med vennlig hilsen

Erik Husby

29. mar. 2019 kl. 12:50 skrev "stein@nordiskmassivtre.no"
<stein@nordiskmassivtre.no>:

Hei

Ser på det på mandag uke 14.

Stein Wasa

stein@nordiskmassivtre.no

Mob: +47 97547605

NordiskMassitre As

Norvald Strandsvegen 59

N-2212 Kongsvinger

<image001.jpg>

Vedlegg C-6

Fra: Erik Husby <erikhusb@stud.ntnu.no>

Sendt: fredag 29. mars 2019 12:26

Til: stein@nordiskmassivtre.no

Emne: Bacheloroppgave om massivtre

Hei Stein.

Jeg og gruppen min skriver en bacheloroppgave der vi sammenligner en vanlig bindingsverksvegg med en vegg av massivtre. Men vi sliter litt med å finne informasjon om monteringen av massivtre. Ønske vårt er å sammenligne pris på ytterveggen fra start til slutt. Finner det meste i norsk prisbok, men det står nesten ingenting om montering av massivtreelement. Jeg lurte derfor på om dere har noen tall på hva det koster for montering av massivtreelement per kvm. Enten i form av antall timer per kvm, eller om dere har monteringsprisene fra de som monterer elementene.

All hjelp taes i mot med stor takk!

Skal det være noen spørsmål er det bare å ta kontakt på mail, eller eventuelt mobil: 91740657.

Med vennlig hilsen
Erik Husby

Vedlegg

D) – Beregninger

1. Simien - Bindingsverk
2. Simien - Massivtre
3. Prisberegning - Bindingsverk
4. Prisberegning - Massivtre
5. Overslag Glava Pluss
6. U-verdi beregning for bindingsverk



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	5351 kWh	44,6 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	985 kWh	8,2 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	3574 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	876 kWh	7,3 kWh/m ²
3b Pumper	6 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	1367 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	2102 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	14260 kWh	118,8 kWh/m²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	15627 kWh	130,2 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	15627 kWh	130,2 kWh/m²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	15627 kWh	130,2 kWh/m²

Vedlegg D-1



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Marius Glasø

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi

Prosjekt: Bindingsverk

Sone: Bindingsvegg

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	44,6 kWh/m ²	8,2 kWh/m ²	29,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	36,3 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	44,6 kWh/m ²	8,2 kWh/m ²	29,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	36,3 kWh/m ²

Årlige utslipp av CO2		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte el.	6173 kg	51,4 kg/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kg	0,0 kg/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kg	0,0 kg/m ²
2 Olje	0 kg	0,0 kg/m ²
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m ²
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m ²
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m ²
6. Annen energikilde	0 kg	0,0 kg/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kg	-0,0 kg/m ²
Totalt utslipp, sum 1-7	6173 kg	51,4 kg/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kg	-0,0 kg/m ²
Netto CO2-utslipp	6173 kg	51,4 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Marius Glasø

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi

Prosjekt: Bindingsverk

Sone: Bindingsvegg

Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	12501 kr	104,2 kr/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kr	0,0 kr/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kr	0,0 kr/m ²
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m ²
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m ²
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m ²
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m ²
6. Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kr	-0,0 kr/m ²
Årlige energikostnader, sum 1-7	12501 kr	104,2 kr/m ²
Solstrøm til eksport	0 kr	0,0 kr/m ²
Netto energikostnad	12501 kr	104,2 kr/m ²

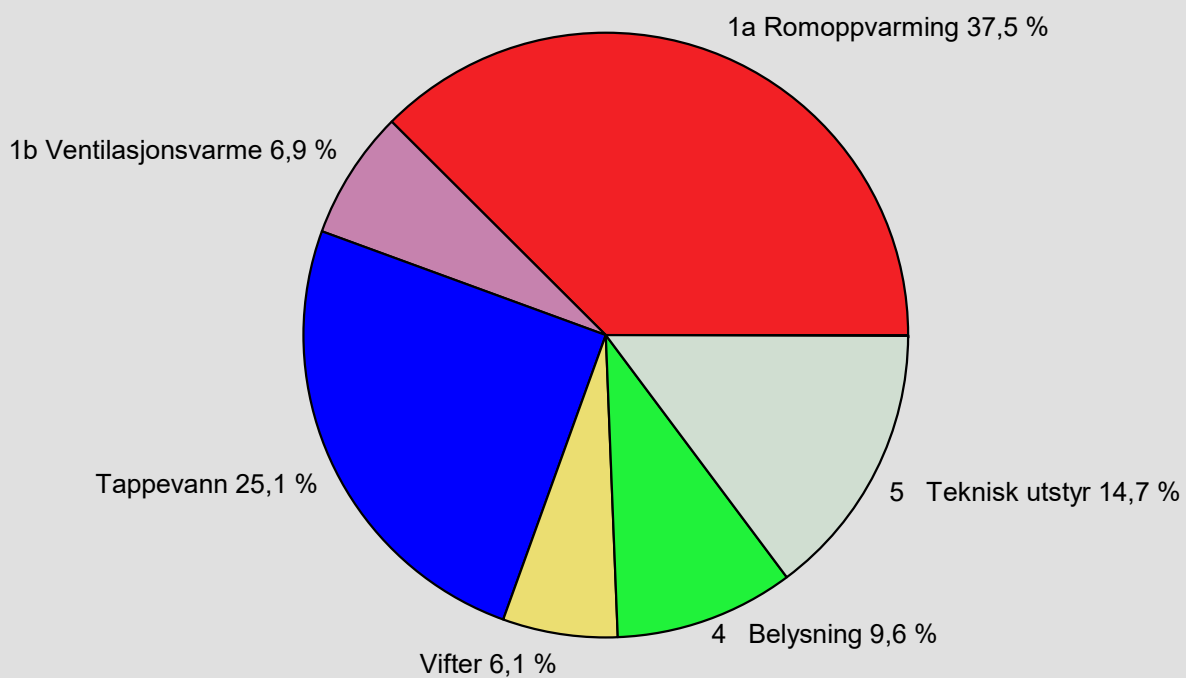


SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg

Årlig energibudsjett



1a Romoppvarming	5351 kWh
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	985 kWh
2 Varmtvann (tappevann)	3574 kWh
3a Vifter	876 kWh
3b Pumper	6 kWh
4 Belysning	1367 kWh
5 Teknisk utstyr	2102 kWh
6a Romkjøling	0 kWh
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh
Totalt netto energibehov, sum 1-6	14260 kWh



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Marius Glasø

Firma: Undervisningslisens

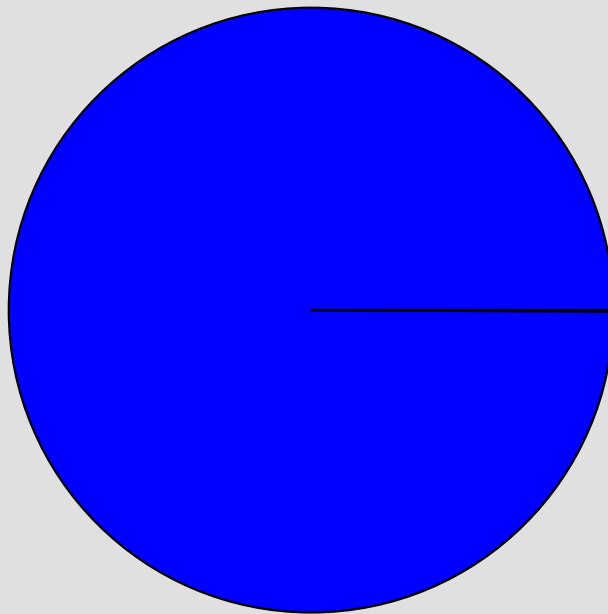
Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi

Prosjekt: Bindingsverk

Sone: Bindingsvegg

Levert energi til bygningen (beregnet)

1a Direkte el. 100,0 %

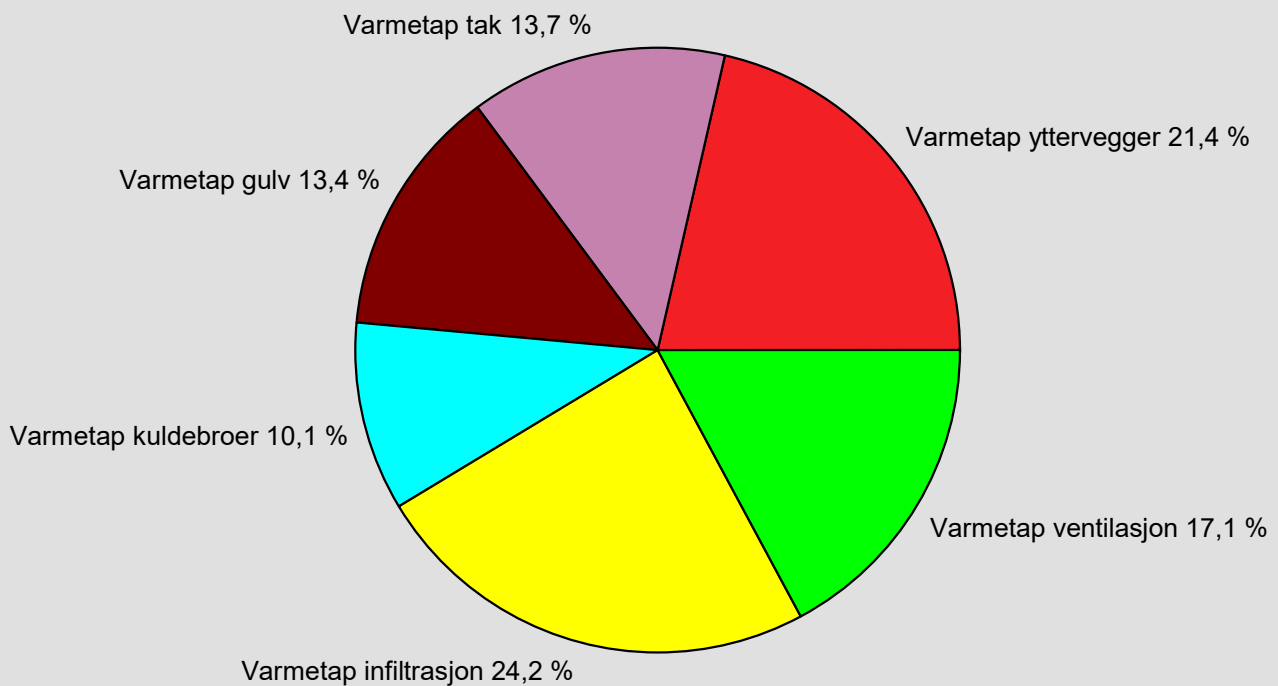


1a Direkte el.	15627 kWh
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh
1c El. til solfangersystem	0 kWh
2 Olje	0 kWh
3 Gass	0 kWh
4 Fjernvarme	0 kWh
5 Biobrensel	0 kWh
6. Annen energikilde	0 kWh
Totalt levert energi, sum 1-7	15627 kWh



Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



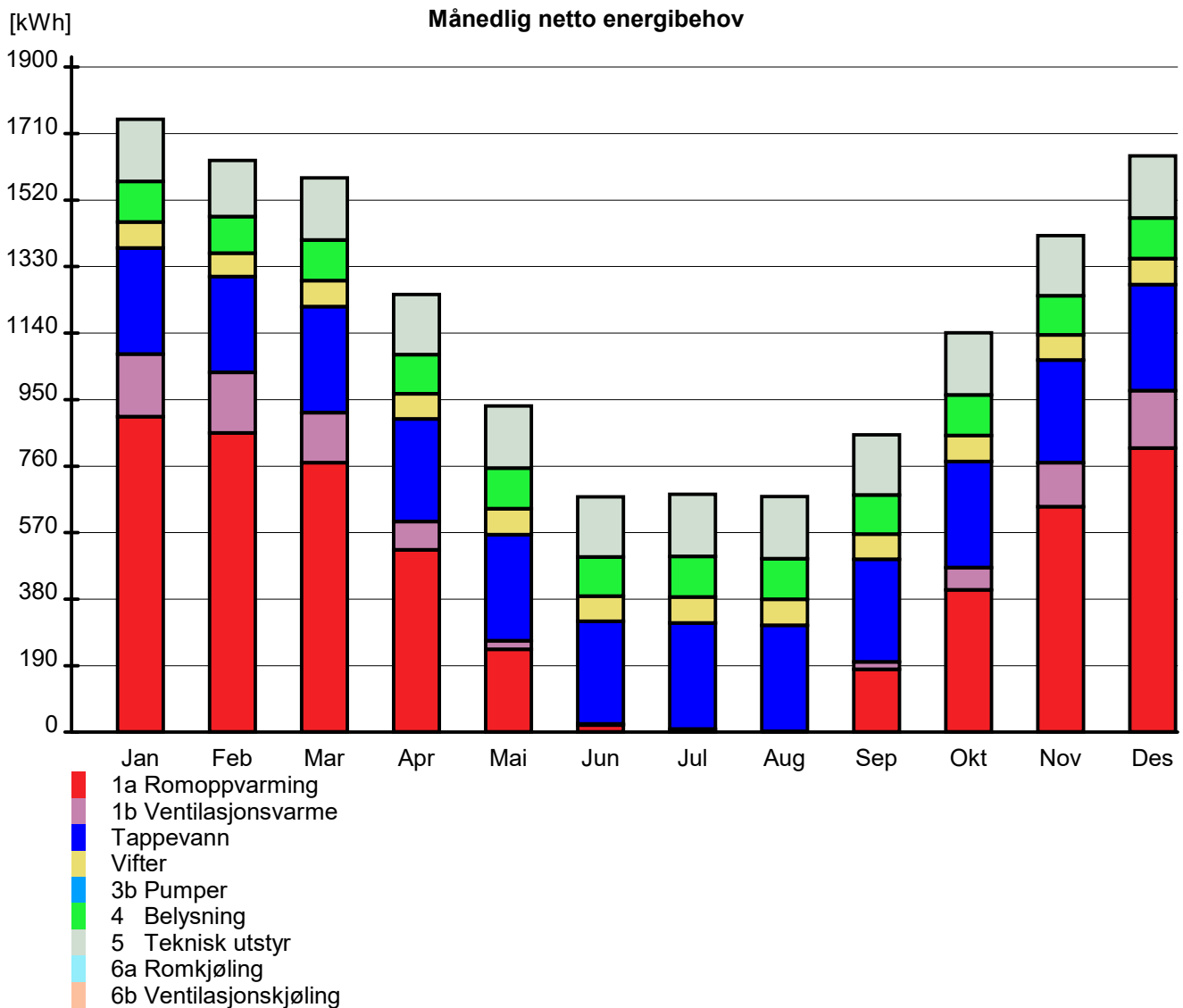
Varmetapstall yttervegger	0,15 W/m ² K
Varmetapstall tak	0,10 W/m ² K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,09 W/m ² K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,00 W/m ² K
Varmetapstall kuldebroer	0,07 W/m ² K
Varmetapstall infiltrasjon	0,17 W/m ² K
Varmetapstall ventilasjon	0,12 W/m ² K
Totalt varmetapstall	0,69 W/m²K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019

Programversjon: 6.010

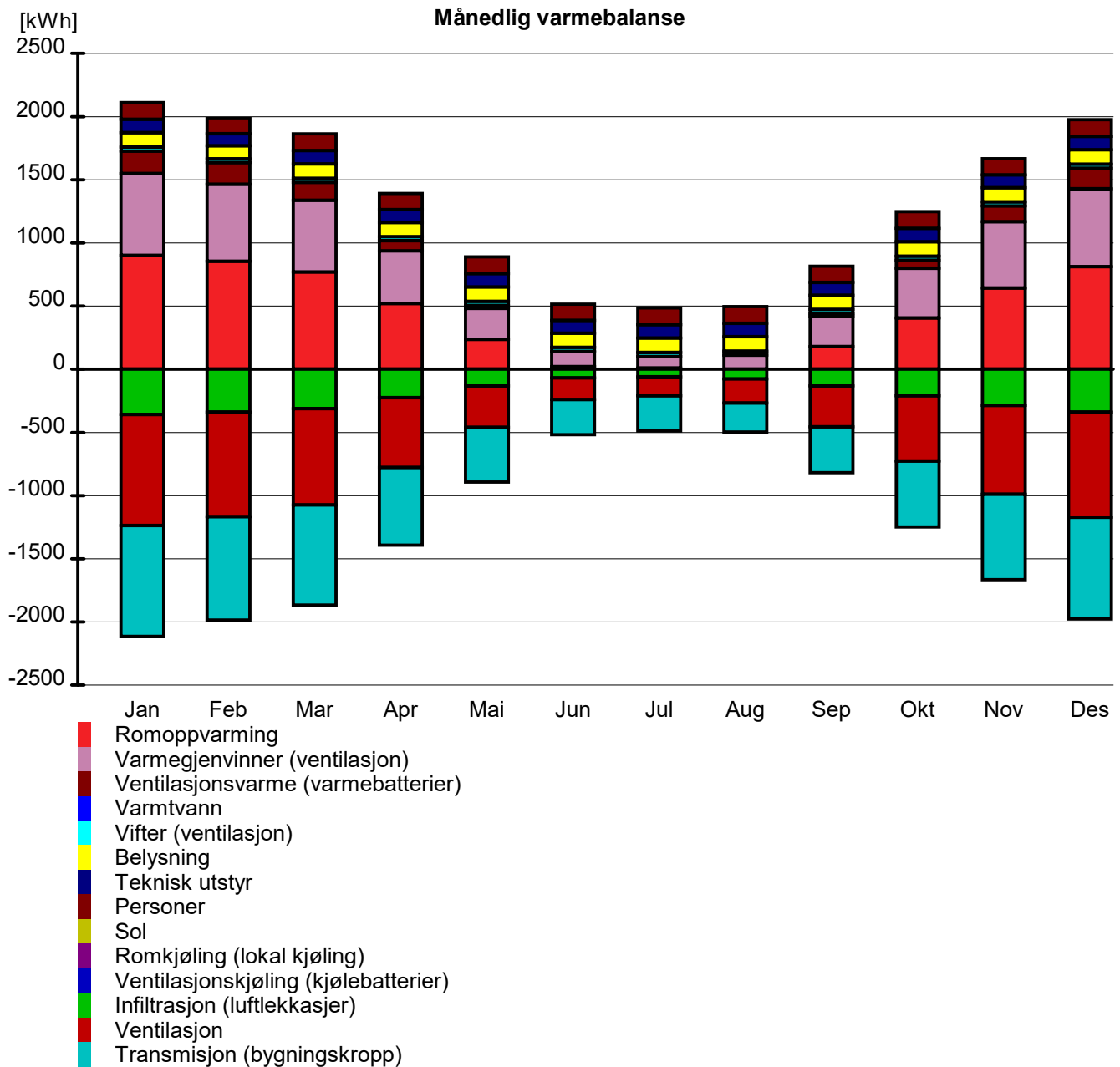
Simuleringsansvarlig: Marius Glasø

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi

Prosjekt: Bindingsverk

Sone: Bindingsvegg



Vedlegg D-1



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering

Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019

Programversjon: 6.010

Simuleringsansvarlig: Marius Glasø

Firma: Undervisningslisens

Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi

Prosjekt: Bindingsverk

Sone: Bindingsvegg

Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)

Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-3,7 °C	10,7 °C	-22,0 °C	20,4 °C	21,0 °C	19,0 °C
Februar	-4,8 °C	10,2 °C	-24,7 °C	20,4 °C	21,0 °C	19,0 °C
Mars	-0,5 °C	14,1 °C	-17,7 °C	20,4 °C	21,0 °C	19,0 °C
April	4,8 °C	19,0 °C	-7,6 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C
Mai	11,7 °C	26,4 °C	-1,0 °C	20,7 °C	22,0 °C	19,4 °C
Juni	16,5 °C	30,8 °C	3,5 °C	21,4 °C	23,2 °C	20,1 °C
Juli	17,5 °C	29,8 °C	8,0 °C	21,7 °C	23,7 °C	20,2 °C
August	16,9 °C	32,6 °C	5,2 °C	22,1 °C	24,3 °C	20,4 °C
September	11,5 °C	24,2 °C	-1,2 °C	20,7 °C	21,6 °C	19,6 °C
Oktober	6,4 °C	19,6 °C	-6,8 °C	20,6 °C	21,0 °C	19,1 °C
November	0,5 °C	12,9 °C	-14,7 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C
Desember	-2,5 °C	11,2 °C	-20,9 °C	20,4 °C	21,0 °C	19,0 °C

Månedlige temperaturdata (operativ temperatur)

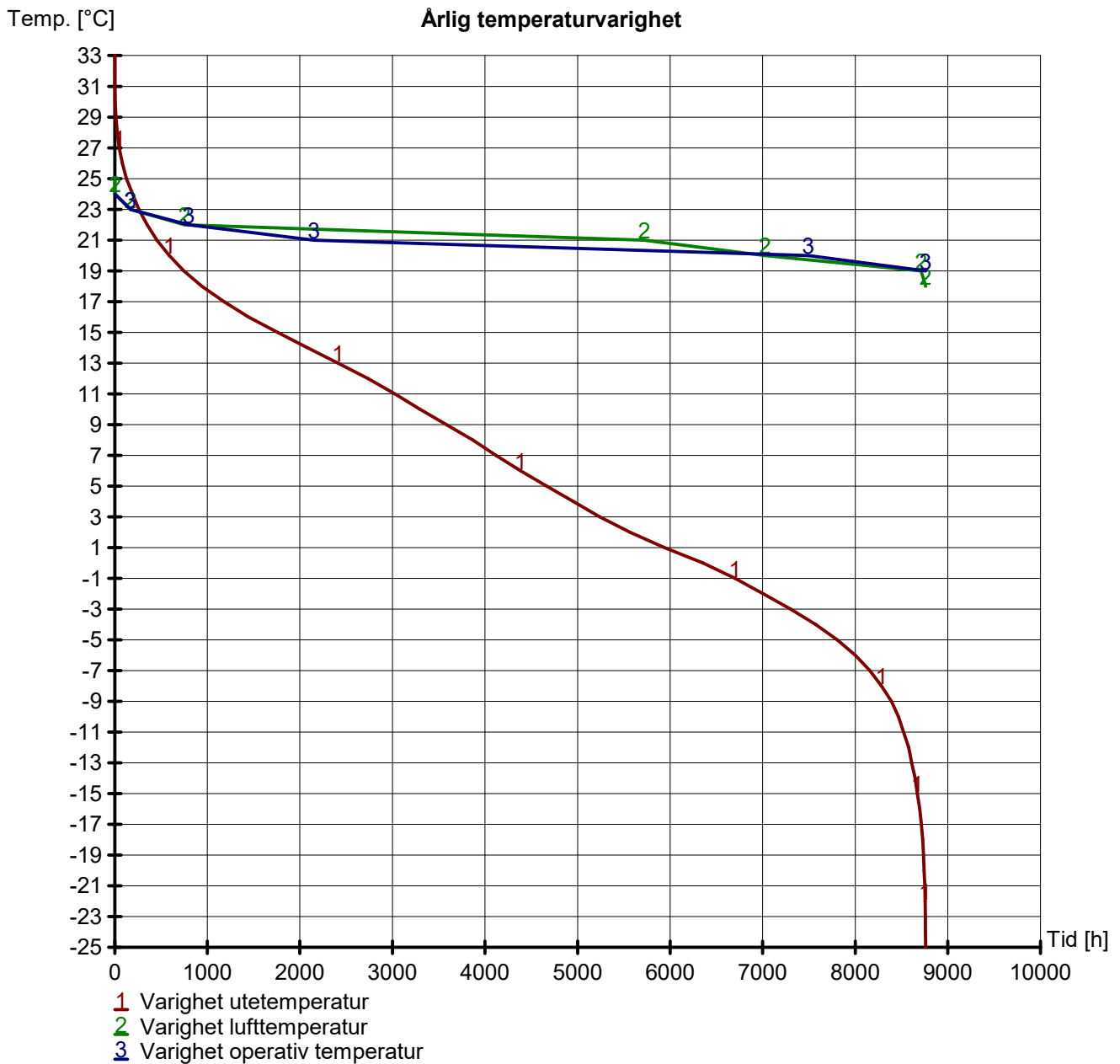
Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-3,7 °C	10,7 °C	-22,0 °C	20,3 °C	21,0 °C	19,6 °C
Februar	-4,8 °C	10,2 °C	-24,7 °C	20,3 °C	20,9 °C	19,7 °C
Mars	-0,5 °C	14,1 °C	-17,7 °C	20,4 °C	20,9 °C	19,4 °C
April	4,8 °C	19,0 °C	-7,6 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,7 °C
Mai	11,7 °C	26,4 °C	-1,0 °C	20,8 °C	21,7 °C	20,2 °C
Juni	16,5 °C	30,8 °C	3,5 °C	21,5 °C	22,8 °C	20,8 °C
Juli	17,5 °C	29,8 °C	8,0 °C	21,7 °C	23,4 °C	20,6 °C
August	16,9 °C	32,6 °C	5,2 °C	22,2 °C	23,8 °C	20,8 °C
September	11,5 °C	24,2 °C	-1,2 °C	20,8 °C	21,3 °C	20,2 °C
Oktober	6,4 °C	19,6 °C	-6,8 °C	20,6 °C	21,0 °C	19,8 °C
November	0,5 °C	12,9 °C	-14,7 °C	20,5 °C	20,9 °C	19,7 °C
Desember	-2,5 °C	11,2 °C	-20,9 °C	20,4 °C	20,9 °C	19,3 °C



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg

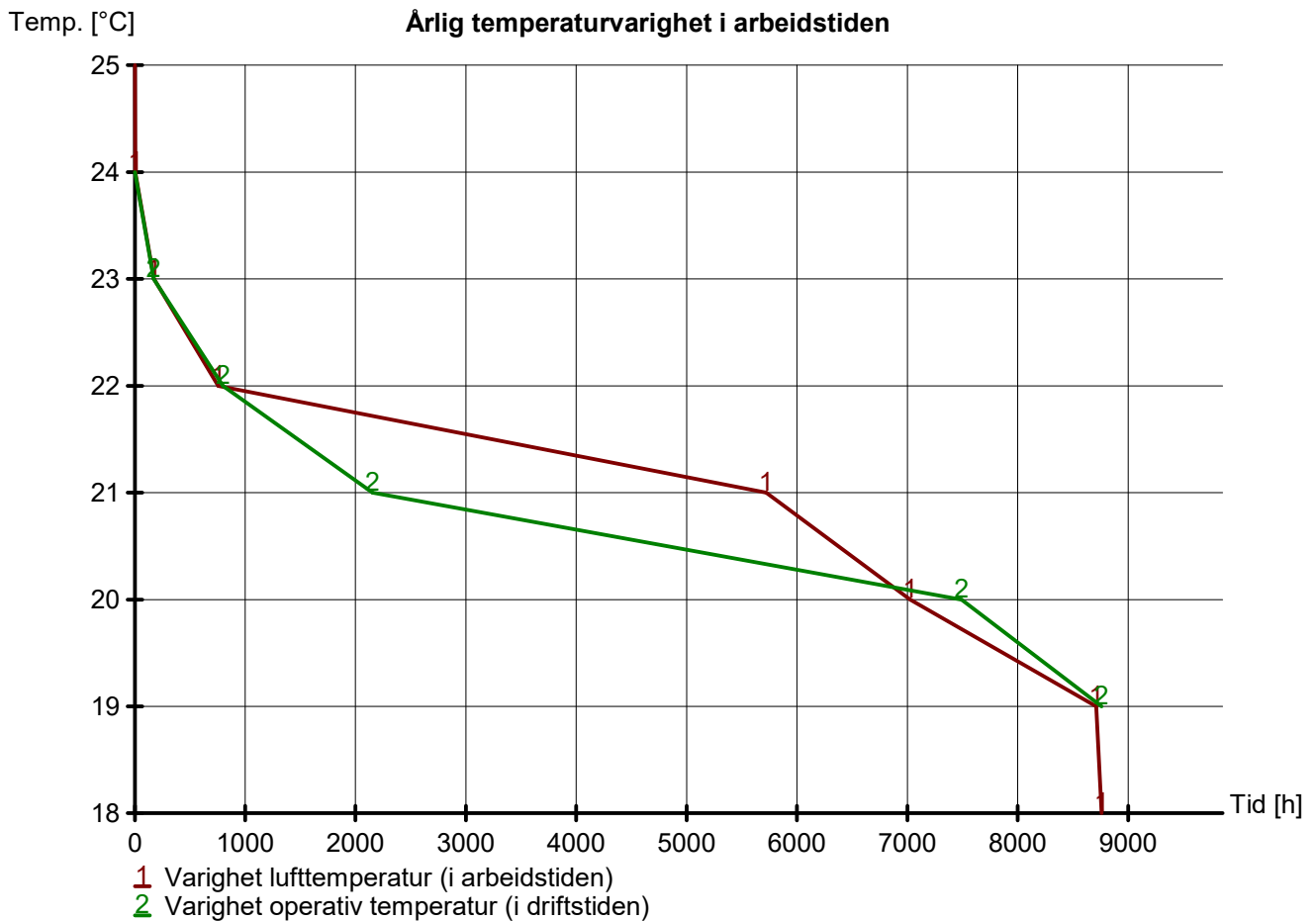




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg



Årlig varighet operativ temperatur i arbeidstiden

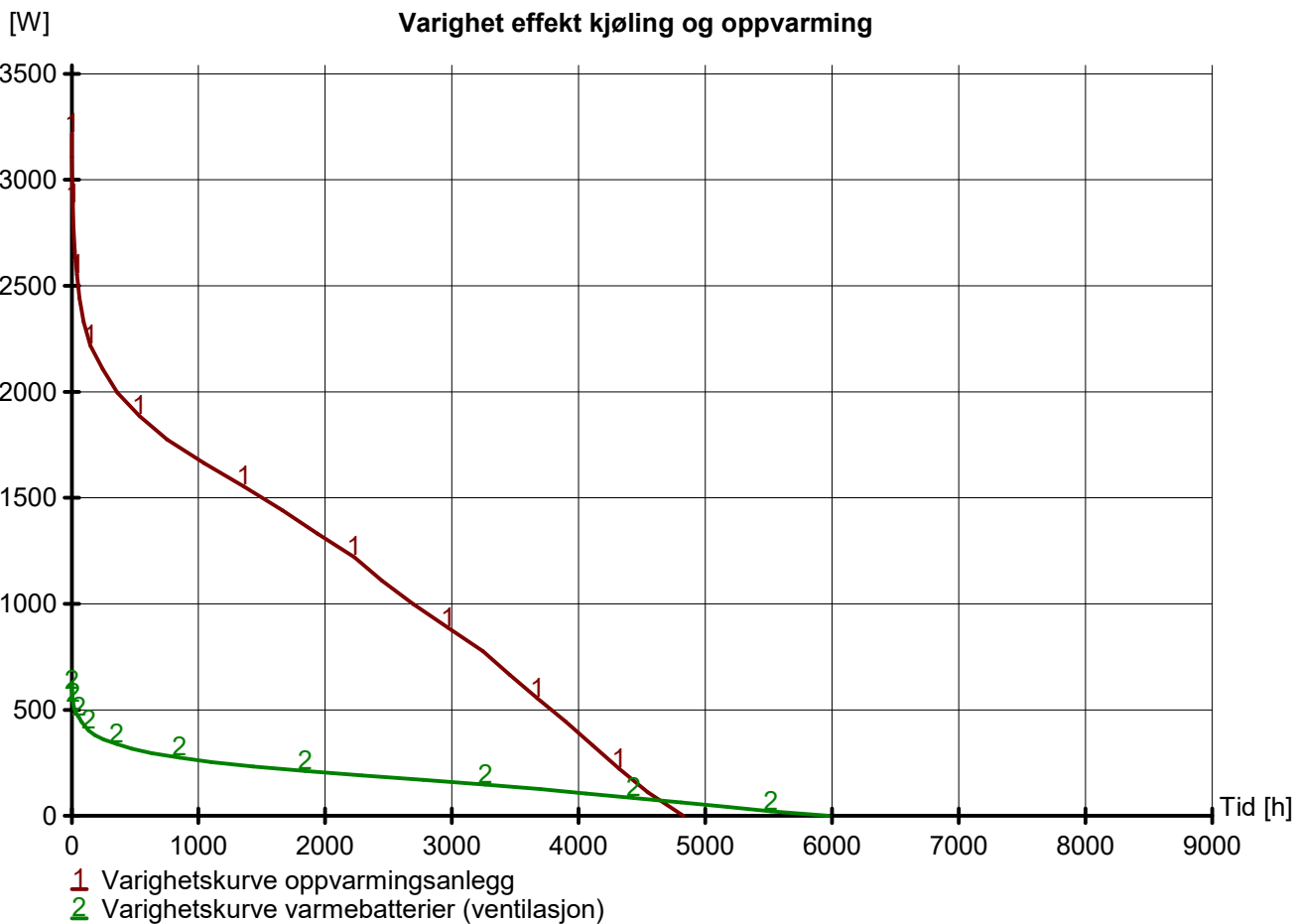
Beskrivelse	Operativ temperatur
Antall timer over 26°C	0



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg



Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
3,3 kW (90 %)	100 %
2,9 kW (80 %)	100 %
2,5 kW (70 %)	99 %
2,2 kW (60 %)	98 %
1,8 kW (50 %)	93 %
1,4 kW (40 %)	84 %
1,1 kW (30 %)	71 %
0,7 kW (20 %)	53 %
0,4 kW (10 %)	31 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	111	
Areal tak [m ²]:	88	
Areal gulv [m ²]:	70	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	0	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	120	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	349	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,16	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,16	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,00	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	0,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,07	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	141	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	2,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	70	

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	70,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	2,50	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,88	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,00	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,00	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Småhus
Simuleringsansvarlig	Marius Glasø
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m ²
Midlere vindhastighet	2,2 m/s



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,81 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Enerkipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m²K]:	20,00

Vedlegg D-1



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
Programversjon: 6.010
Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
Prosjekt: Bindingsverk
Sone: Bindingsvegg

Inndata rom/soner	
Beskrivelse	Verdi
Oppvarmet gulvareal	120,0 m ²
Oppvarmet luftvolum	348,7 m ³
Normalisert kuldebroverdi	0,07 W/(m ² K)
Varmekapasitet møbler/interiør	0,0 Wh/m ² (Ingen møbler)
Lekkasjetall (luftskifte v. 50pa)	2,50 ach
Skjerming i terrenget	Moderat skjerming
Fasadesituasjon	Flere eksponerte fasader
Driftsdager i Januar	31
Driftsdager i Februar	28
Driftsdager i Mars	31
Driftsdager i April	30
Driftsdager i Mai	31
Driftsdager i Juni	30
Driftsdager i Juli	31
Driftsdager i August	31
Driftsdager i September	30
Driftsdager i Oktober	31
Driftsdager i November	30
Driftsdager i Desember	31

Inndata yttertakk	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Tak (yttertakk)
Totalt areal	87,9 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	180°
Takvinkel	36,0°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung himling Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Skråtak m, 48 mm sperrer, 350 mm isolasjon Uverdi: 0,13 W/m ² K

Vedlegg D-1



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/data simulering: 18:45 12/5-2019
Programversjon: 6.010
Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
Prosjekt: Bindingsverk
Sone: Bindingsvegg

Inndata gulv mot friluft/kryprom/grunn	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Gulv (gulv)
Oppvarmet gulvareal	70,1 m ²
Gulvtype	Gulv på grunn
Utvendig omkrets	34,04 m
Tykkelse grunnmur	0,30 m
Grunnforhold	Leire/silt Varmekapasitet: 833 Wh/m ³ K Varmeledningsevne: 1,50 W/mK
Ekstra kantisolering	Type: Vertikal Navn: 50 mm XPS (varmeledningsevne 0,034) Høyde/bredde: 0,60 m Tykkelse: 5,0 cm Varmeledningsevne: 0,03 W/mK
Innv. akk. sjikt gulv	Tungt gulv Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Gulvkonstruksjon	Betongdekke (200-250 mm), 150mm isolasjon (under) Uverdi: 0,22 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Yttervegg (fasade)
Totalt areal	30,4 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	0°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Yttervegg 2 (fasade)
Totalt areal	30,4 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	180°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K

Vedlegg D-1



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
Programversjon: 6.010
Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
Prosjekt: Bindingsverk
Sone: Bindingsvegg

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Yttervegg 3 (fasade)
Totalt areal	25,3 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	90°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Yttervegg 4 (fasade)
Totalt areal	25,3 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	270°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,16 W/m ² K

Inndata oppvarming	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Oppvarming (oppvarming)
Settpunkttemperatur i driftstid	21,0 °C
Settpunkttemperatur utenfor driftstiden	19,0 °C
Maks. kapasitet	50 W/m ²
Konvektiv andel oppvarming	0,50
Driftstid	16:00 timer drift pr døgn
Vannbårent oppvarmingsanlegg	Nei



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Bindingsvegg

Inndata CAV	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Ventilasjon (CAV ventilasjon)
Ventilasjonstype	Balansert ventilasjon
Driftstid	24:00 timer drift pr døgn
Luftmengde	I driftstiden: tilluft = 1.2 m ³ /hm ² , avtrekk = 1.2 m ³ /hm ² Utenfor driftstiden: tilluft = 1.2 m ³ /hm ² , avtrekk = 1.2 m ³ /hm ² Helg/feriedag: tilluft = 1.2 m ³ /hm ² , avtrekk = 1.2 m ³ /hm ²
Tilluftstemperatur	19.0 °C
Varmebatteri	Ja Maks. kapasitet: 30 W/m ²
Vannbåren distribusjon til varmebatteri	Delta-T: 30.0 °C SPP: 0.5 kW/(l/s)
Kjølebatteri	Nei
Varmegjenvinner	Ja, temperaturvirkningsgrad: 0.70
Vifter	Plassering tilluftsvifte: Etter gjenvinner Plassering avtrekksvifte: Etter gjenvinner
SFP-faktor vifter	2.50 kW/m ³ /s

Inndata belysning	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Internlast (internlaster, belysning)
Effekt/Varmetilskudd belysning	I driftstiden; Effekt: 2,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Antall timer drift pr døgn: 16:00

Inndata teknisk utstyr (internlast)	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Internlast (internlaster, teknisk utstyr)
Effekt/Varmetilskudd teknisk utstyr	I driftstiden; Effekt: 3,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % Antall timer drift pr døgn: 16:00



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 18:45 12/5-2019
Programversjon: 6.010
Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Bindingsverk.smi
Prosjekt: Bindingsverk
Sone: Bindingsvegg

Inndata oppvarming av tappevann

Beskrivelse	Verdi
Navn:	Internlast (internlaster, tappevann)
Tappevann	Driftsdag; Midlere effekt: 3,4 W/m ² ; Varmetilskudd: 0 %; Vanndamp: 0,0 g/m ² Helg/feriedag: Midlere effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 0 %; ; Vanndamp: 0,0 g/m ²

Inndata varmetilskudd personer (internlast)

Beskrivelse	Verdi
Navn:	Internlast (internlaster, varmetilskudd personer)
Varmetilskudd personer	I arbeidstiden: 1,5 W/m ² Utenfor arbeidstiden: 0,0 W/m ² Ferie/helgedager: 0,0 W/m ² Antall arbeidstimer: 24:00



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	4549 kWh	37,9 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	973 kWh	8,1 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	3574 kWh	29,8 kWh/m ²
3a Vifter	876 kWh	7,3 kWh/m ²
3b Pumper	6 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Belysning	1367 kWh	11,4 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	2102 kWh	17,5 kWh/m ²
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0 kWh	0,0 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	13447 kWh	112,1 kWh/m²

Levert energi til bygningen (beregnet)		
Energivare	Levert energi	Spesifikk levert energi
1a Direkte el.	14626 kWh	121,9 kWh/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kWh	0,0 kWh/m ²
2 Olje	0 kWh	0,0 kWh/m ²
3 Gass	0 kWh	0,0 kWh/m ²
4 Fjernvarme	0 kWh	0,0 kWh/m ²
5 Biobrensel	0 kWh	0,0 kWh/m ²
6. Annen energikilde	0 kWh	0,0 kWh/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Totalt levert energi, sum 1-7	14626 kWh	121,9 kWh/m²
Solstrøm til eksport	-0 kWh	-0,0 kWh/m ²
Netto levert energi	14626 kWh	121,9 kWh/m²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Dekning av energibudsjett fordelt på energikilder						
Energikilder	Romoppv.	Varmebatterier	Varmtvann	Kjølebatterier	Romkjøling	El. spesifikt
El.	37,9 kWh/m ²	8,1 kWh/m ²	29,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	36,3 kWh/m ²
Olje	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Gass	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Fjernvarme	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Biobrensel	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Varmepumpe	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sol	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Annen	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Sum	37,9 kWh/m ²	8,1 kWh/m ²	29,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	36,3 kWh/m ²

Årlige utslipp av CO2		
Energivare	Utslipp	Spesifikt utslipp
1a Direkte el.	5777 kg	48,1 kg/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kg	0,0 kg/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kg	0,0 kg/m ²
2 Olje	0 kg	0,0 kg/m ²
3 Gass	0 kg	0,0 kg/m ²
4 Fjernvarme	0 kg	0,0 kg/m ²
5 Biobrensel	0 kg	0,0 kg/m ²
6. Annen energikilde	0 kg	0,0 kg/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kg	-0,0 kg/m ²
Totalt utslipp, sum 1-7	5777 kg	48,1 kg/m ²
Solstrøm til eksport	-0 kg	-0,0 kg/m ²
Netto CO2-utslipp	5777 kg	48,1 kg/m ²



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Kostnad kjøpt energi		
Energivare	Energikostnad	Spesifikk energikostnad
1a Direkte el.	11701 kr	97,5 kr/m ²
1b El. til varmepumpesystem	0 kr	0,0 kr/m ²
1c El. til solfangersystem	0 kr	0,0 kr/m ²
2 Olje	0 kr	0,0 kr/m ²
3 Gass	0 kr	0,0 kr/m ²
4 Fjernvarme	0 kr	0,0 kr/m ²
5 Biobrensel	0 kr	0,0 kr/m ²
6. Annen energikilde	0 kr	0,0 kr/m ²
7. Solstrøm til egenbruk	-0 kr	-0,0 kr/m ²
Årlige energikostnader, sum 1-7	11701 kr	97,5 kr/m ²
Solstrøm til eksport	0 kr	0,0 kr/m ²
Netto energikostnad	11701 kr	97,5 kr/m ²

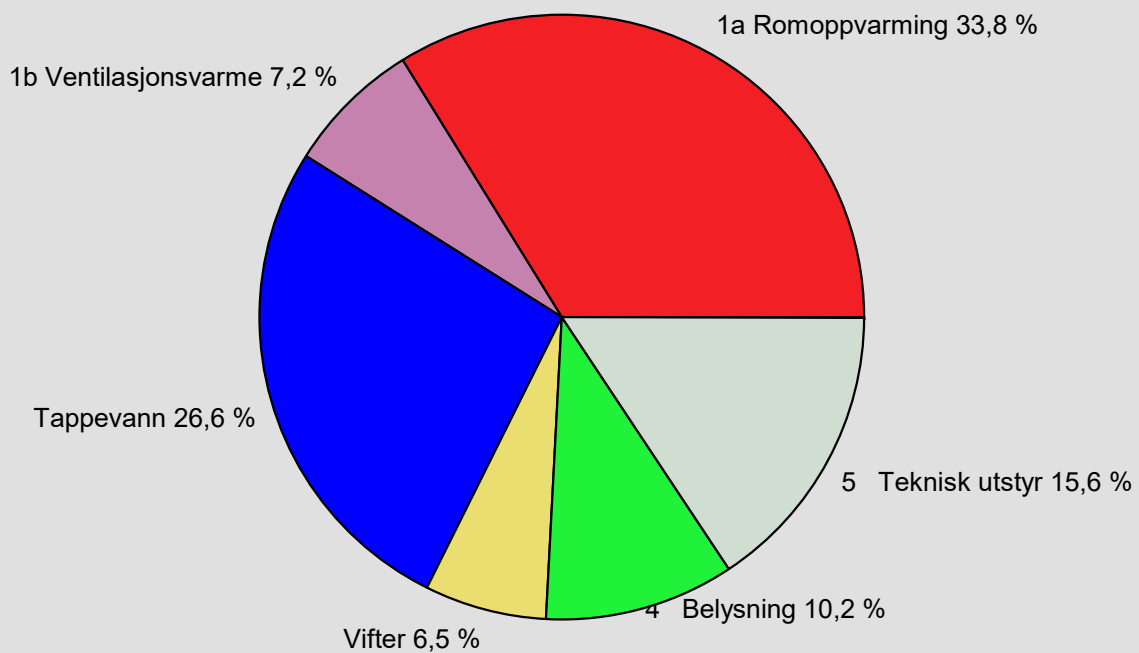


SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Årlig energibudsjett



1a Romoppvarming	4549 kWh
1b Ventilasjonvarme (varmebatterier)	973 kWh
2 Varmtvann (tappevann)	3574 kWh
3a Vifter	876 kWh
3b Pumper	6 kWh
4 Belysning	1367 kWh
5 Teknisk utstyr	2102 kWh
6a Romkjøling	0 kWh
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	0 kWh
Totalt netto energibehov, sum 1-6	13447 kWh



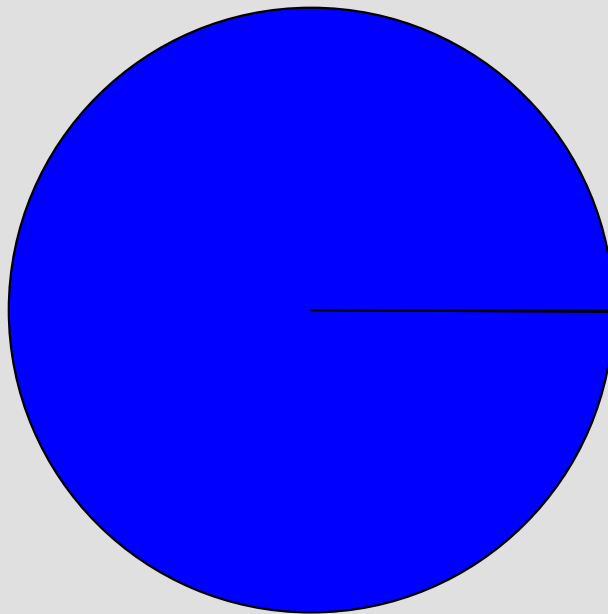
SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
Programversjon: 6.010
Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
Prosjekt: Bindingsverk
Sone: Massivtre

Levert energi til bygningen (beregnet)

1a Direkte el. 100,0 %



1a Direkte el.	14626 kWh
1b El. til varmepumpesystem	0 kWh
1c El. til solfangersystem	0 kWh
2 Olje	0 kWh
3 Gass	0 kWh
4 Fjernvarme	0 kWh
5 Biobrensel	0 kWh
6. Annen energikilde	0 kWh
Totalt levert energi, sum 1-7	14626 kWh

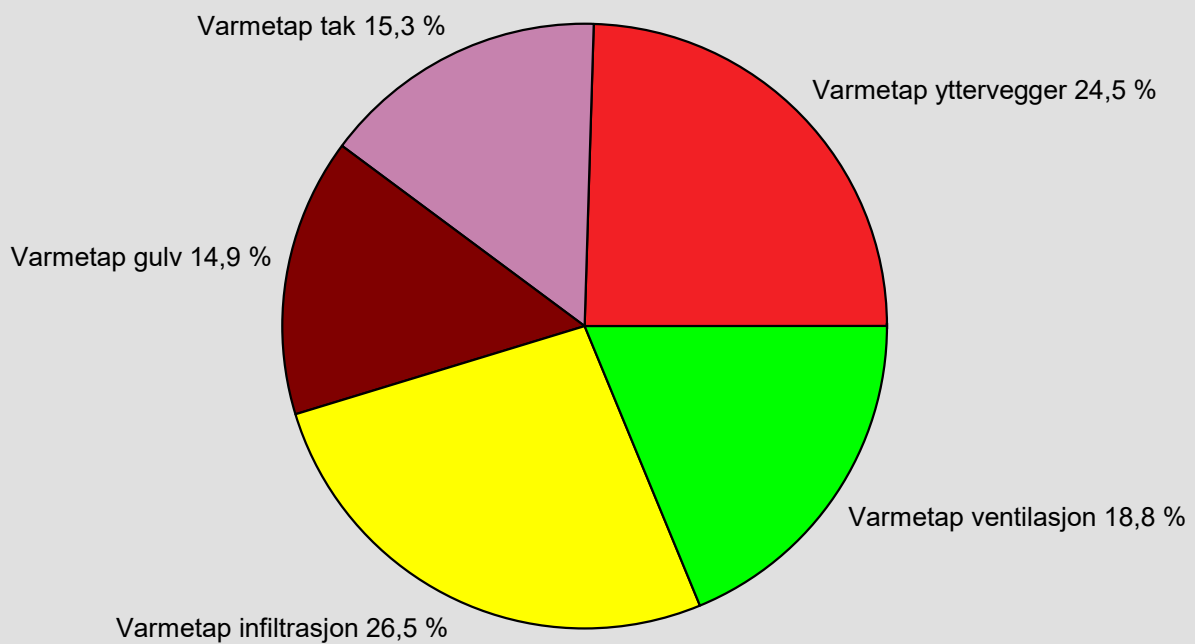


SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Varmetapsbudsjett (varmetapstall)



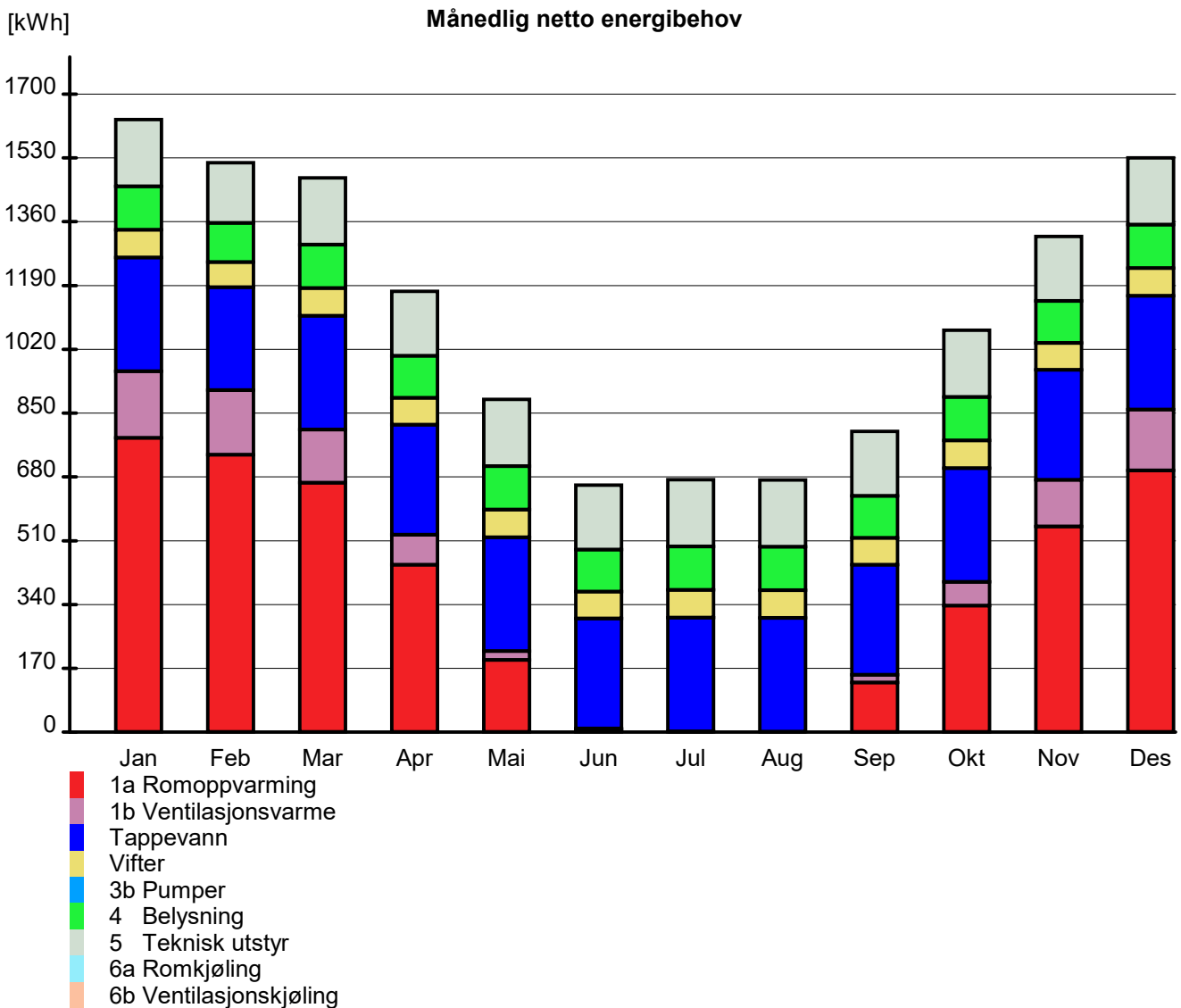
Varmetapstall yttervegger	0,16 W/m ² K
Varmetapstall tak	0,10 W/m ² K
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,09 W/m ² K
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,00 W/m ² K
Varmetapstall kuldebroer	0,00 W/m ² K
Varmetapstall infiltrasjon	0,17 W/m ² K
Varmetapstall ventilasjon	0,12 W/m ² K
Totalt varmetapstall	0,63 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

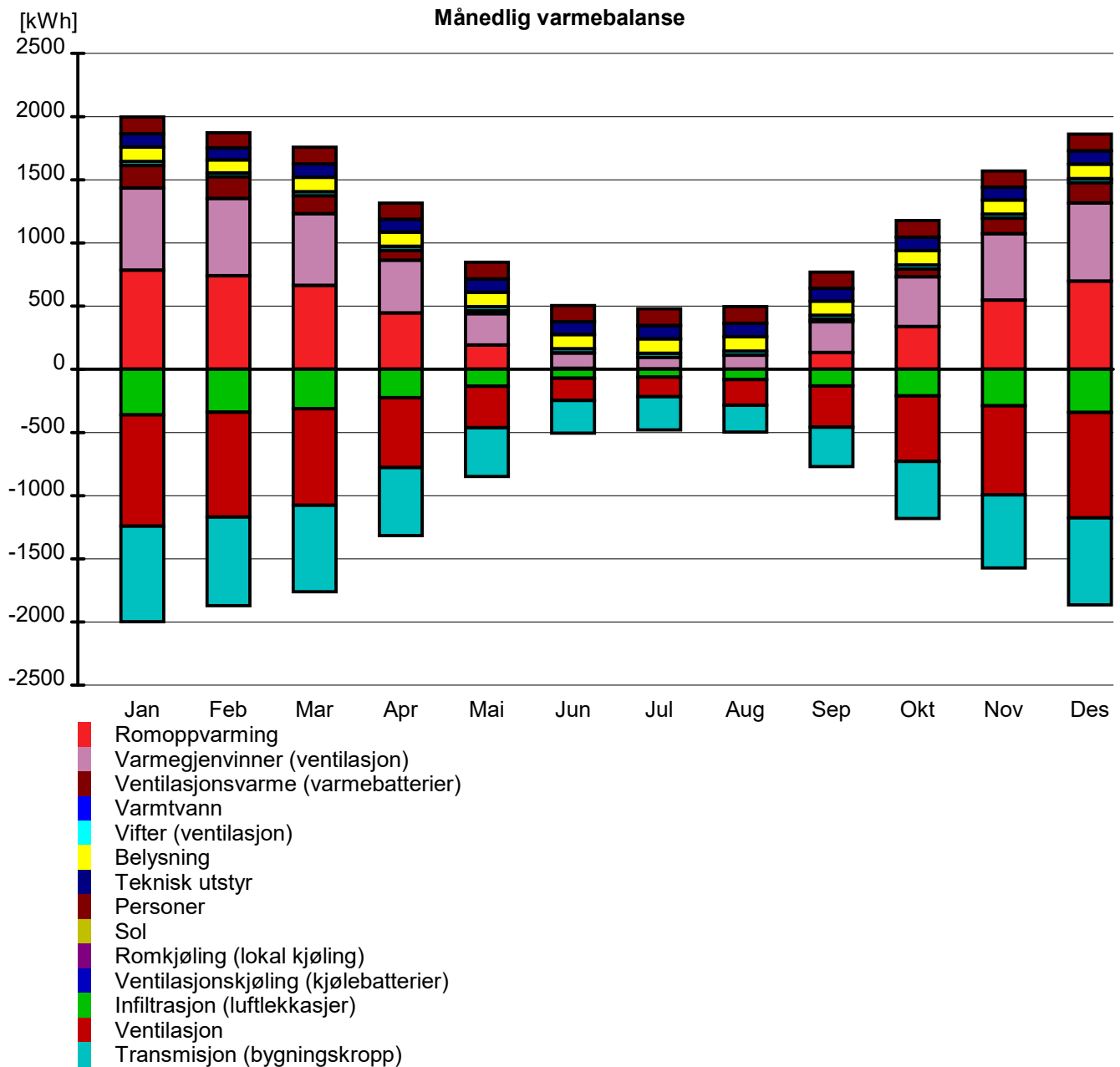




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre





SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)

Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-3,7 °C	10,7 °C	-22,0 °C	20,4 °C	21,0 °C	19,0 °C
Februar	-4,8 °C	10,2 °C	-24,7 °C	20,4 °C	21,0 °C	19,0 °C
Mars	-0,5 °C	14,1 °C	-17,7 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C
April	4,8 °C	19,0 °C	-7,6 °C	20,6 °C	21,0 °C	19,2 °C
Mai	11,7 °C	26,4 °C	-1,0 °C	20,8 °C	22,1 °C	19,6 °C
Juni	16,5 °C	30,8 °C	3,5 °C	21,5 °C	23,3 °C	20,2 °C
Juli	17,5 °C	29,8 °C	8,0 °C	21,8 °C	23,8 °C	20,4 °C
August	16,9 °C	32,6 °C	5,2 °C	22,4 °C	24,6 °C	20,9 °C
September	11,5 °C	24,2 °C	-1,2 °C	20,8 °C	21,6 °C	19,7 °C
Oktober	6,4 °C	19,6 °C	-6,8 °C	20,7 °C	21,1 °C	19,3 °C
November	0,5 °C	12,9 °C	-14,7 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C
Desember	-2,5 °C	11,2 °C	-20,9 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,0 °C

Månedlige temperaturdata (operativ temperatur)

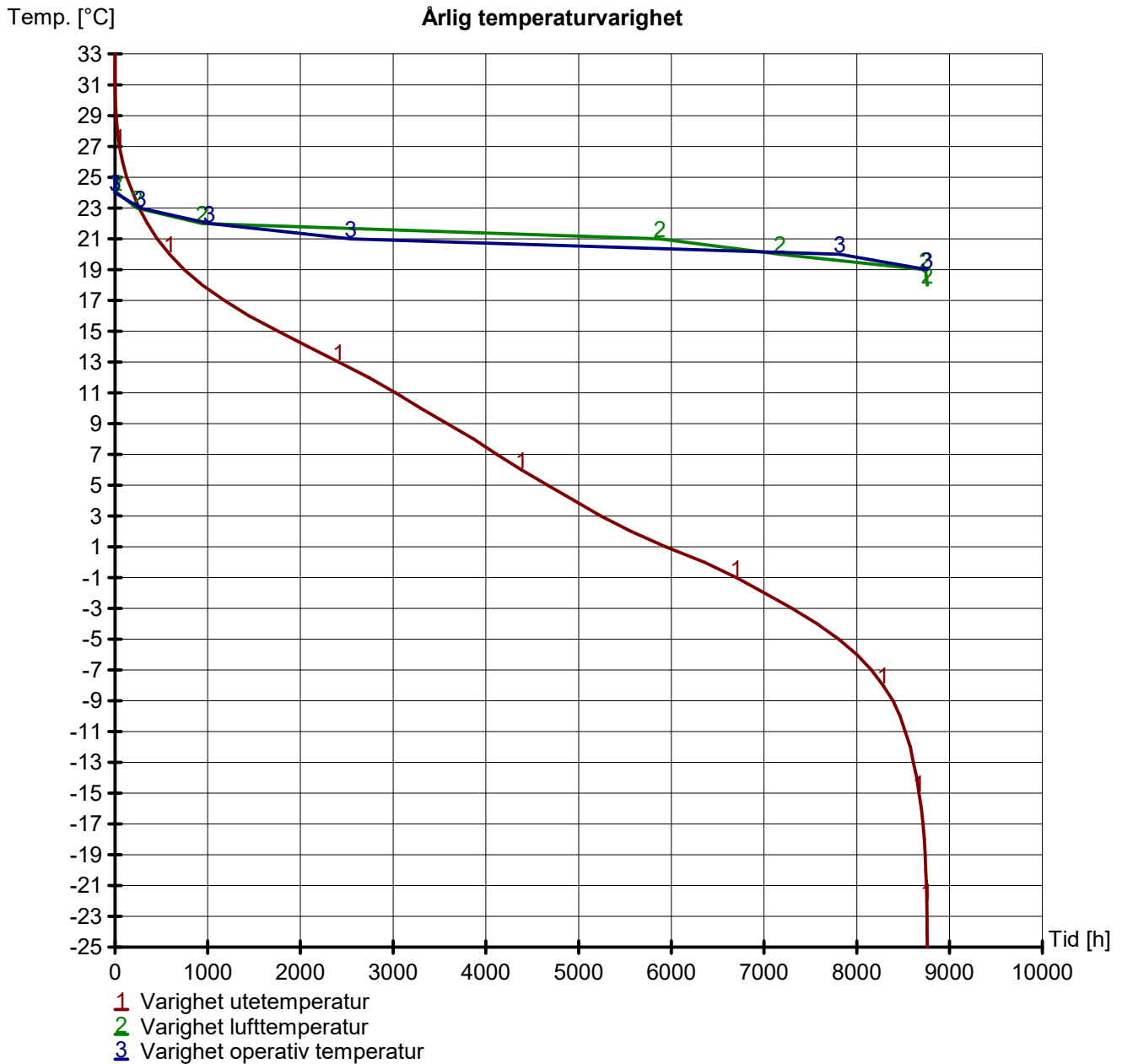
Måned	Midlere ute	Maks. ute	Min. ute	Midlere sone	Maks. sone	Min. sone
Januar	-3,7 °C	10,7 °C	-22,0 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,8 °C
Februar	-4,8 °C	10,2 °C	-24,7 °C	20,4 °C	21,0 °C	19,4 °C
Mars	-0,5 °C	14,1 °C	-17,7 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,7 °C
April	4,8 °C	19,0 °C	-7,6 °C	20,6 °C	21,0 °C	19,9 °C
Mai	11,7 °C	26,4 °C	-1,0 °C	20,8 °C	21,7 °C	20,4 °C
Juni	16,5 °C	30,8 °C	3,5 °C	21,6 °C	22,9 °C	20,9 °C
Juli	17,5 °C	29,8 °C	8,0 °C	21,9 °C	23,6 °C	20,7 °C
August	16,9 °C	32,6 °C	5,2 °C	22,5 °C	24,0 °C	21,1 °C
September	11,5 °C	24,2 °C	-1,2 °C	20,9 °C	21,4 °C	20,3 °C
Oktober	6,4 °C	19,6 °C	-6,8 °C	20,7 °C	21,0 °C	20,3 °C
November	0,5 °C	12,9 °C	-14,7 °C	20,6 °C	21,0 °C	19,4 °C
Desember	-2,5 °C	11,2 °C	-20,9 °C	20,5 °C	21,0 °C	19,4 °C



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

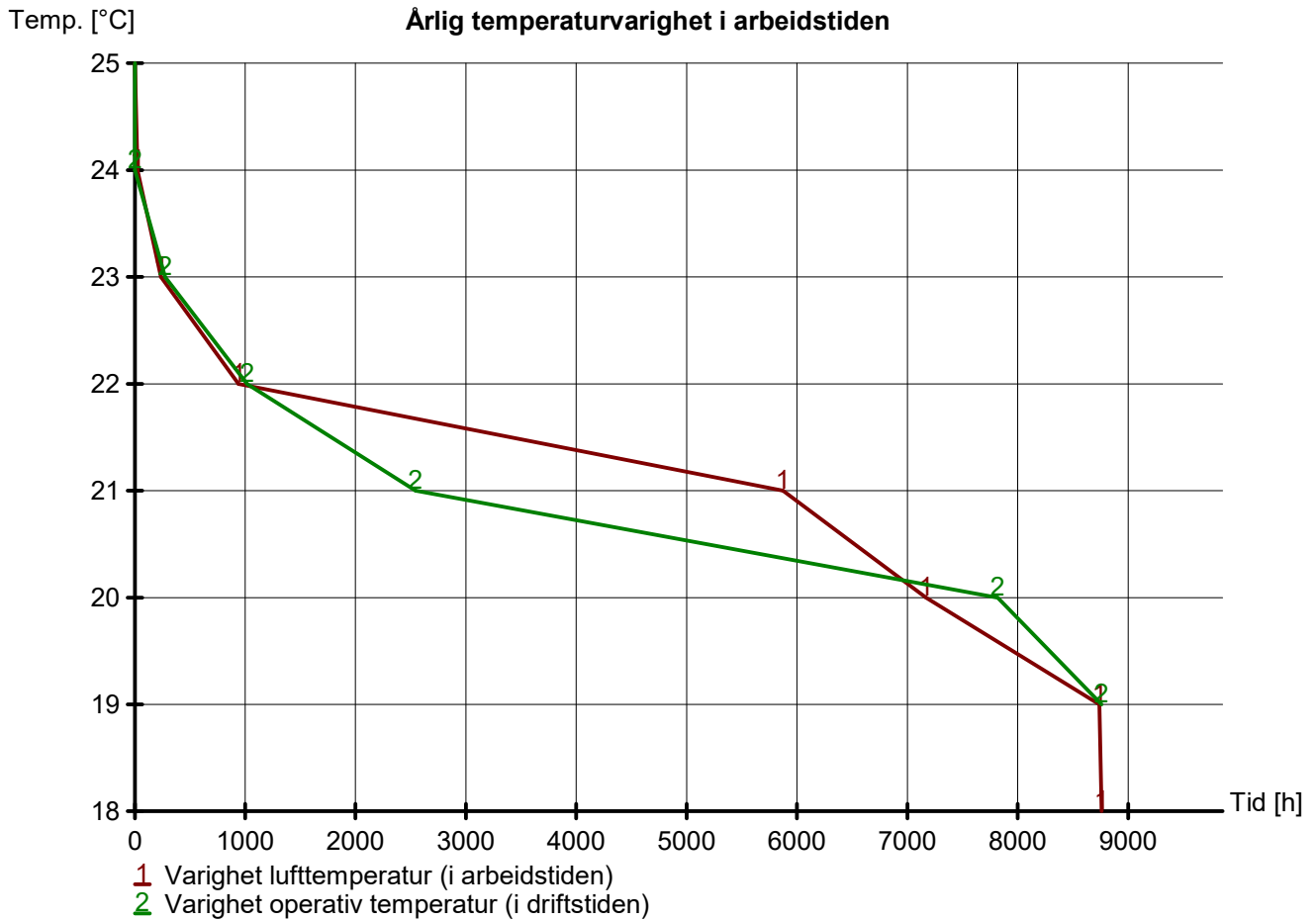




SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre



Årlig varighet operativ temperatur i arbeidstiden

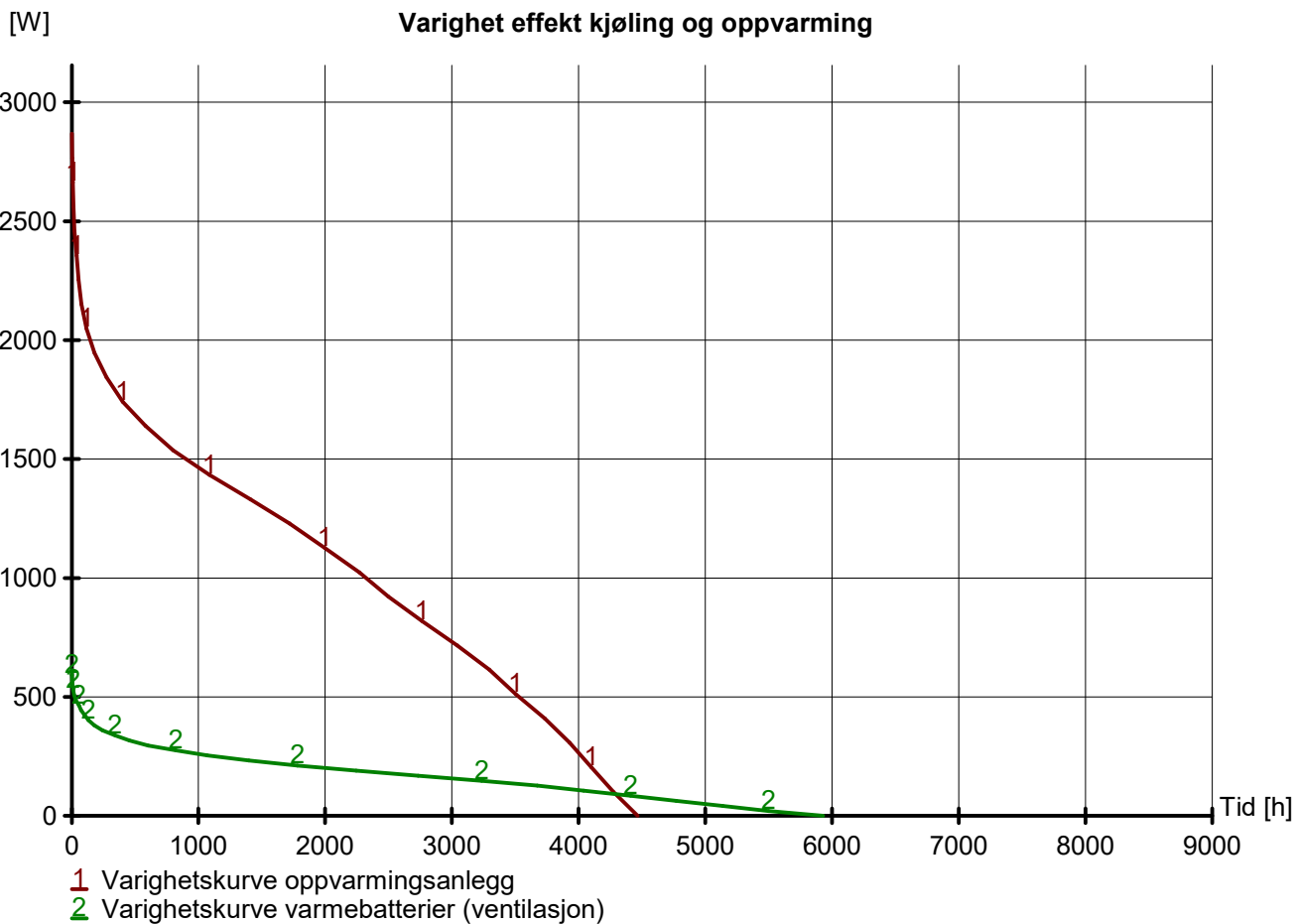
Beskrivelse	Operativ temperatur
Antall timer over 26°C	0



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre



Dekningsgrad effekt/energi oppvarming	
Effekt (dekning)	Dekningsgrad energibruk
3,0 kW (90 %)	100 %
2,7 kW (80 %)	100 %
2,4 kW (70 %)	99 %
2,0 kW (60 %)	98 %
1,7 kW (50 %)	94 %
1,3 kW (40 %)	86 %
1,0 kW (30 %)	73 %
0,7 kW (20 %)	55 %
0,3 kW (10 %)	32 %
Nødvendig effekt til oppvarming av tappevann er ikke inkludert	-



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Dokumentasjon av sentrale inndata (1)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger [m ²]:	111	
Areal tak [m ²]:	89	
Areal gulv [m ²]:	71	
Areal vinduer og ytterdører [m ²]:	0	
Oppvarmet bruksareal (BRA) [m ²]:	120	
Oppvarmet luftvolum [m ³]:	349	
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,17	
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,16	
U-verdi vinduer og ytterdører [W/m ² K]	0,00	
Areal vinduer og dører delt på bruksareal [%]	0,0	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]:	0,00	
Normalisert varmekapasitet [Wh/m ² K]	142	
Lekkasjetall (n50) [1/h]:	2,50	
Temperaturvirkningsgr. varmegjenvinner [%]:	70	

Dokumentasjon av sentrale inndata (2)

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Estimert virkningsgrad gjenvinner justert for frostsikring [%]:	70,0	
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	2,50	
Luftmengde i driftstiden [m ³ /hm ²]	1,20	
Luftmengde utenfor driftstiden [m ³ /hm ²]	0,00	
Systemvirkningsgrad oppvarmingsanlegg:	0,89	
Installert effekt romoppv. og varmebatt. [W/m ²]:	80	
Settpunkttemperatur for romoppvarming [°C]	20,3	
Systemeffektfaktor kjøling:	2,50	
Settpunkttemperatur for romkjøling [°C]	0,0	
Installert effekt romkjøling og kjølebatt. [W/m ²]:	0	
Spesifikk pumpeeffekt romoppvarming [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt romkjøling [kW/(l/s)]:	0,00	
Spesifikk pumpeeffekt varmebatteri [kW/(l/s)]:	0,50	
Spesifikk pumpeeffekt kjølebatteri [kW/(l/s)]:	0,00	
Driftstid oppvarming (timer)	16,0	



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Dokumentasjon av sentrale inndata (3)		
Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Driftstid kjøling (timer)	0,0	
Driftstid ventilasjon (timer)	24,0	
Driftstid belysning (timer)	16,0	
Driftstid utstyr (timer)	16,0	
Oppholdstid personer (timer)	24,0	
Effektbehov belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Varmetilskudd belysning i driftstiden [W/m ²]	1,95	
Effektbehov utstyr i driftstiden [W/m ²]	3,00	
Varmetilskudd utstyr i driftstiden [W/m ²]	1,80	
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m ²]	3,40	
Varmetilskudd varmtvann i driftstiden [W/m ²]	0,00	
Varmetilskudd personer i oppholdstiden [W/m ²]	1,50	
Total solfaktor for vindu og solskjerming:	0,00	
Gjennomsnittlig karmfaktor vinduer:	0,00	
Solskjermingsfaktor horisont/utspring (N/Ø/S/V):	1,00/1,00/1,00/1,00	

Inndata bygning	
Beskrivelse	Verdi
Bygningskategori	Småhus
Simuleringsansvarlig	Marius Glasø
Kommentar	

Inndata klima	
Beskrivelse	Verdi
Klimasted	Oslo
Breddegrad	59° 55'
Lengdegrad	10° 45'
Tidssone	GMT + 1
Årsmiddeltemperatur	6,3 °C
Midlere solstråling horisontal flate	110 W/m ²
Midlere vindhastighet	2,2 m/s



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Inndata energiforsyning	
Beskrivelse	Verdi
1a Direkte el.	Systemvirkningsgrad romoppv.: 0,81 Systemvirkningsgrad varmtvann: 1,00 Systemvirkningsgrad varmebatterier: 0,88 Kjølefaktor romkjøling: 2,50 Kjølefaktor kjølebatterier: 2,50 Enerkipris: 0,80 kr/kWh CO2-utslipp: 395 g/kWh Andel romoppvarming: 100,0% Andel oppv, tappevann: 100,0% Andel varmebatteri: 100,0 % Andel kjølebatteri: 100,0 % Andel romkjøling: 100,0 % Andel el, spesifikt: 100,0 %

Inndata ekspertverdier	
Beskrivelse	Verdi
Konvektiv andel varmetilskudd belysning	0,30
Konvektiv andel varmetilsk. teknisk utstyr	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd personer	0,50
Konvektiv andel varmetilskudd sol	0,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. vegger	2,50
Konvektiv varmoverføringskoeff. himling	2,00
Konvektiv varmoverføringskoeff. gulv	3,00
Bypassfaktor kjølebatteri	0,25
Innv. varmemotstand på vinduruter	0,13
Midlere lufthastighet romluft	0,15
Turbulensintensitet romluft	25,00
Avstand fra vindu	0,60
Termisk konduktivitet akk. sjikt [W/m ² K]:	20,00



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Inndata rom/soner	
Beskrivelse	Verdi
Oppvarmet gulvareal	120,0 m ²
Oppvarmet luftvolum	348,7 m ³
Normalisert kuldebroverdi	0,00 W/(m ² K)
Varmekapasitet møbler/interiør	0,0 Wh/m ² (Ingen møbler)
Lekkasjetall (luftskifte v. 50pa)	2,50 ach
Skjerming i terrenget	Moderat skjerming
Fasadesituasjon	Flere eksponerte fasader
Driftsdager i Januar	31
Driftsdager i Februar	28
Driftsdager i Mars	31
Driftsdager i April	30
Driftsdager i Mai	31
Driftsdager i Juni	30
Driftsdager i Juli	31
Driftsdager i August	31
Driftsdager i September	30
Driftsdager i Oktober	31
Driftsdager i November	30
Driftsdager i Desember	31

Inndata yttertakk	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Tak (yttertakk)
Totalt areal	89,4 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	180°
Takvinkel	36,0°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung himling Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Skråtak m, 48 mm sperrer, 350 mm isolasjon Uverdi: 0,13 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Inndata gulv mot friluft/kryprom/grunn	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Gulv (gulv)
Oppvarmet gulvareal	71,3 m ²
Gulvtype	Gulv på grunn
Utvendig omkrets	34,36 m
Tykkelse grunnmur	0,30 m
Grunnforhold	Leire/silt Varmekapasitet: 833 Wh/m ³ K Varmeledningsevne: 1,50 W/mK
Ekstra kantisolering	Type: Vertikal Navn: 50 mm XPS (varmeledningsevne 0,034) Høyde/bredde: 0,60 m Tykkelse: 5,0 cm Varmeledningsevne: 0,03 W/mK
Innv. akk. sjikt gulv	Tungt gulv Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Gulvkonstruksjon	Betongdekke (200-250 mm), 150mm isolasjon (under) Uverdi: 0,22 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Yttervegg (fasade)
Totalt areal	30,4 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	0°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,17 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Yttervegg 2 (fasade)
Totalt areal	30,4 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	180°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,17 W/m ² K



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Yttervegg 3 (fasade)
Totalt areal	24,9 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	90°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,17 W/m ² K

Inndata fasade/yttervegg	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Yttervegg 4 (fasade)
Totalt areal	24,9 m ²
Retning (0=Nord, 180=Sør)	270°
Innv. akkumulerende sjikt	Tung vegg Varmekapasitet 63,0 Wh/m ² K
Konstruksjon	Egendefinert Uverdi: 0,17 W/m ² K

Inndata oppvarming	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Oppvarming (oppvarming)
Settpunkttemperatur i driftstid	21,0 °C
Settpunkttemperatur utenfor driftstiden	19,0 °C
Maks. kapasitet	50 W/m ²
Konvektiv andel oppvarming	0,50
Driftstid	16:00 timer drift pr døgn
Vannbårent oppvarmingsanlegg	Nei



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
 Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
 Programversjon: 6.010
 Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
 Firma: Undervisningslisens
 Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
 Prosjekt: Bindingsverk
 Sone: Massivtre

Inndata CAV	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Ventilasjon (CAV ventilasjon)
Ventilasjonstype	Balansert ventilasjon
Driftstid	24:00 timer drift pr døgn
Luftmengde	I driftstiden: tilluft = 1.2 m ³ /hm ² , avtrekk = 1.2 m ³ /hm ² Utenfor driftstiden: tilluft = 1.2 m ³ /hm ² , avtrekk = 1.2 m ³ /hm ² Helg/feriedag: tilluft = 1.2 m ³ /hm ² , avtrekk = 1.2 m ³ /hm ²
Tilluftstemperatur	19.0 °C
Varmebatteri	Ja Maks. kapasitet: 30 W/m ²
Vannbåren distribusjon til varmebatteri	Delta-T: 30.0 °C SPP: 0.5 kW/(l/s)
Kjølebatteri	Nei
Varmegjenvinner	Ja, temperaturvirkningsgrad: 0.70
Vifter	Plassering tilluftsvifte: Etter gjenvinner Plassering avtrekksvifte: Etter gjenvinner
SFP-faktor vifter	2.50 kW/m ³ /s

Inndata belysning	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Internlast (internlaster, belysning)
Effekt/Varmetilskudd belysning	I driftstiden; Effekt: 2,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 100 % Antall timer drift pr døgn: 16:00

Inndata teknisk utstyr (internlast)	
Beskrivelse	Verdi
Navn:	Internlast (internlaster, teknisk utstyr)
Effekt/Varmetilskudd teknisk utstyr	I driftstiden; Effekt: 3,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % Utenfor driftstiden; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % På helg/feriedager; Effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 60 % Antall timer drift pr døgn: 16:00



SIMIEN

Resultater årssimulering

Simuleringsnavn: Årssimulering
Tid/dato simulering: 18:47 12/5-2019
Programversjon: 6.010
Simuleringsansvarlig: Marius Glasø
Firma: Undervisningslisens
Inndatafil: M:\Skole\3. Året\Bachelor\Simien\Simien - Massivtre.smi
Prosjekt: Bindingsverk
Sone: Massivtre

Inndata oppvarming av tappevann

Beskrivelse	Verdi
Navn:	Internlast (internlaster, tappevann)
Tappevann	Driftsdag; Midlere effekt: 3,4 W/m ² ; Varmetilskudd: 0 %; Vanndamp: 0,0 g/m ² Helg/feriedag; Midlere effekt: 0,0 W/m ² ; Varmetilskudd: 0 %; ; Vanndamp: 0,0 g/m ²

Inndata varmetilskudd personer (internlast)

Beskrivelse	Verdi
Navn:	Internlast (internlaster, varmetilskudd personer)
Varmetilskudd personer	I arbeidstiden: 1,5 W/m ² Utenfor arbeidstiden: 0,0 W/m ² Ferie/helgedager: 0,0 W/m ² Antall arbeidstimer: 24:00

Vedlegg D-3

Tradisjonell bindingsverks vegg

Produkt	Kilder	Leverandør
13 mm gips	Hentet fra BM	Byggmakker
48 mm utlekting	Hentet fra BM	Byggmakker
Isolasjon 50mm	Hentet fra BM	Byggmakker
Dampsperre	Hentet fra BM	Byggmakker
Isolasjon 200mm	Hentet fra BM	Byggmakker
48x198mm stenderverk	Hentet fra BM	Byggmakker
9 mm GU	Hentet fra BM	Byggmakker
23 mm utlekting	Hentet fra BM	Byggmakker
19 mm liggende panel	Hentet fra BM	Byggmakker

Hentet 27.03.2019

Elementer

Produkt	Måles i	Enhetspris	LM per kvm	Pris per kvm
13 mm gips	m2	33,1		33,1
48 mm utlekting	lm	8,8	3,5	30,8
Isolasjon 50mm	m2	26,1		26,1
Dampsperre	m2	5,9		5,9
Isolasjon 200mm	m2	98,0		98,0
48x198mm stenderverk	lm	30,4	3,5	106,4
9 mm GU	m2	65,4		65,4
23 mm utlekting	lm	5,6	3,5	19,6
19 mm liggende panel	lm	18,4	7,7	141,7
				527,0

Arbeid

Produkt	Måles i	Antall timer	Pris per time	Totalpris per kvm
13 mm gips	time/m2	0,22	505	111,1
48 mm utlekting	time/m2	0,21	505	106,1
Isolasjon 50mm	time/m2	0,07	505	35,4
Dampsperre	time/m2	0,11	505	55,6
Isolasjon 200mm	time/m2	0,1	505	50,5
48x198mm stenderverk	time/m2	0,32	505	161,6
9 mm GU	time/m2	0,2	505	101,0
23 mm utlekting	time/m2	0,12	505	60,6
19 mm liggende panel	time/m2	0,42	505	212,1
Totalt	time/m2	1,77	505	893,9

Totalt arbeid + material

1420,8

Vedlegg D-4

Massivtrevegg

Produkt	Kilde	Leverandør
80 mm massivtrelement	Hentet fra Splitkon	Splitkon
200mm glava stender type 1	Hentet fra Glava	Glava
200mm glava stender type 2	Hentet fra Glava	Glava
200 mm pluss plate	Hentet fra Glava	Glava
Vempro vindsperre	Hentet fra Glava	Glava
48 mm utlekting	Hentet fra BM	Byggmakker
19 mm liggende kledning	Hentet fra BM	Byggmakker

Hentet 27.03.2019

Elementer

Produkt	Måles i	Enhetspris	LM per kvm	Pris per kvm
80 mm massivtrelement	m2	475,0		475,0
200mm glava stender type 1	lm	170,0	1,2	204,0
200mm glava stender type 2	lm	226,3	0,3	67,9
200 mm pluss plate	m2	112,0		112,0
Vempro vindsperre	m2	24,2		24,2
48 mm utlekting	lm	8,8	3,5	30,8
19 mm liggende kledning	lm	18,4	7,7	141,7
				1055,6

Arbeid

Produkt	Måles i	Antall timer	Pris per time	Totalpris per kvm
Massivtreelement	pris/m2	0,12	505	60,6
Glava pluss system	time/m2	0,19	505	95,95
Vindsperre	time/m2	0,15	505	75,75
48 mm utlekting	time/m2	0,21	505	106,05
19 mm liggende kledning	time/m2	0,42	505	212,1
Totalt	time/m2	1,09	505	550,5

Totalt arbeid + elementer
1606,0

Vedlegg D-6

				Felt A, Isolasjon	Felt B, Bindingsverk
				0,87	0,13
Utvendig overgangsmotstand			Rse		
Utvendig ventilert kledning			Rse + R1 + R2	0,13	0,13
Ventilert Hulrom			R2		
GU 9mm			R3	0,04	0,04
Bindingsverk 198mm			R4 = 0,198/0,13		1,523076923
Mineralull 198mm			R5 = 0,198/0,034	5,82352941	
Dampsperre			R6	0,03	0,03
Utforing 48mm		0,36923077	R7 = 0,048/0,13		
Isolasjon 48mm			R8 = 0,048/0,034	1,41176471	1,411764706
Gipsplater, 13mm			R9	0,06	0,06
Innvendig overgangsmotstand			Rsi	0,13	0,13
				7,62529412	3,324841629

Utvendig overgangsmotstand			Rse	
Utvendig kledning 19mm			Rse+R1+R2	0,13
Ventilert Hulrom 23mm			R2	
GU 9mm			R3	0,04
Ekvivalent varmemotstand for sjikt med isolasjon og bindingsverk			$R4 = 1 / (0,87/5,82) + (0,13/1,52)$	4,25989673
Dampsperre			R5	0,03
Isolasjon 48mm			R6 = 0,048/0,034	1,41176471
Gips 13mm			R7	0,06
Innvendig overgangsmotstand			Rsi	0,13
				6,06166144

Rtotøvre	6,52768927
Rtotnedre	6,06166144
Rtot	6,29467535
U-verdi	0,159