

BACHELOROPPGAVE:

HOLZ100

– EN ALTERNATIV BYGGEMETODE

FORFATTERE: PER MARTIN ENGEBRETSEN
GUNNAR-MARTIN S. GUDMUNDSSEN
GINO MORALES-CHACON
ÅGE NØKLEHOLM

Dato: 25. MAI 2010





1 SAMMENDRAG AV BACHELOROPPGAVEN

| | | |
|--|---------------|--|
| Tittel: Holz100 – En alternativ byggemetode | | Nr. : |
| | | Dato : 25/05-10 |
| Deltakere: Per Martin Engebretsen | | |
| Gunnar-Martin S. Gudmundsen | | |
| Gino Morales-Chacon | | |
| Åge Nøkleholm | | |
| Veileder: Harald B. Fallsen | | |
| Oppdragsgiver: Holz100 Nordic | | |
| Kontaktperson: Gaute Enger | | |
| Stikkord Massivtre, Byggeteknikk, Sammenligning, Statikk | | |
| (4 stk) | | |
| Antall sider: 117 49 ex. vedlegg | Antall bilag: | Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell): Åpen |
| | | |

2 KORT BESKRIVELSE AV BACHELOROPPGAVEN:

Vår oppgave har gått ut på å finne informasjon om bygging med massivtreelementer. Selv om produksjon med massivtreelementer har foregått en stund i Europa, har vi nordmenn ikke helt fått øynene opp for denne type konstruksjon. Grunnen til at vi bega oss ut på dette området, er at dette var veldig ukjent for både oss og vår veileder, samt at dagens miljøspørsmål og energipolitikk satte oss på tankene om at massivtrekonstruksjon vil bli mer og mer aktuelt med tiden som kommer.

Vi har gjennom oppgaven hatt Holz100 Norge AS som samarbeidspartner. De produserer og monterer massivtreelementer. Elementenes flate kan benyttes som synlige, eller de kan kles. Alt i alt leverer Holz100 prosjektering, produksjon og montering av bæresystem i elementer. Av Holz100 har vi mottatt en rekke tester og beregninger samt dokumentasjoner på deres produkter. Vi har koblet massivtrekonstruksjon med vanlig norsk byggeskikk og sett på ulemper og fordeler med denne metoden. I tillegg har vi samlet kunnskap gjennom lærebøker og tidsskrifter for å bygge om emnet. En annen viktig del av dette prosjektet er en ekskursjon til en byggeplass i Sørumsdal der Holz100 arbeidet med montasje av et bolighus. Her fikk vi omvisning samt mulighet til å ta masse fotografier. Tegninger og informasjon om det aktuelle bygget fikk vi også, og mye av arbeidet i denne rapporten støtter seg på ekskursjonen.

Produksjonen av massivtreelementer har sine fordeler. Sammensetningen av elementene foregår i kontrollerte omgivelser som minsker risikoen for feil, og svinn fra produksjonsgangen er for det meste treverk og sagflis som kan benyttes igjen i annen produksjon. Takket være dybelmetoden inneholder elementene 100 % treverk. Dette gjør Holz100 elementene til en klar vinner når det kommer til miljømessige spørsmål. Under montering er de lite tidkrevende og en ryddig arbeidsplass opprettholdes. Massivtre isolerer ikke like godt som mineralull, så yttervegger og tak i massivtre må være tykkere enn stenderverk. Lydmessig så må massivtreelementene etterisoleres dersom det stilles bestemte lydkrav til et bygg, men de vil være tilfredsstillende i et vanlig bolighus hvor det ikke stilles lydkrav. Når det kommer til brann er et bygg med bærekonstruksjon i massivtre meget bra. Treverket forkulles så det tar lengre tid før den bærende konstruksjonen svekkes. I motsetning til stål tåler treverket den høye temperaturen ved et branntilfelle. Det elektriske anlegget og VVS legges gjerne inn i kanaler som er frest inn i elementene. Dette krever god planlegging. En omgjøring etter at elementene er plassert kan bli avansert. Massivtreelementer gir stor frihet til montering på vegger. Siden hele elementet består av treverk, inneholder det ingen vitale deler som skades ved spikring eller boring i vegg, som for eksempel punktering av dampsperre.

Vi har gjennom denne rapporten kommet fram til at konstruksjon i massivtre virker positivt på miljøet i forhold til stenderverksvegger. Elementene gjør at vi sparer mye tid på byggeplass. Mindre tid på å bygge gir mindre tid for feil, også når det kommer til helse, miljø og sikkerhet.

En del av den sparte tiden går derimot over i prosjekteringsfasen. En mister muligheten til plutselige endringer. Dette kan være uheldig i et bolighus hvis man plutselig finner ut at man burde gjøre en endring underveis. Et annet punkt er at varmeisolering krever veldig tykke yttervegger. Veggene vil da ta opp mye areal. Men med god planlegging vil man ha mye glede av et hus i massivtre.

3 FORORD

I dette prosjektet har vi inngått et samarbeid med Holz100 Norge AS. Da massivtrekonstruksjon er en meget ukjent byggeskikk i Norge har vi valgt å fordype oss i selve byggestilen. Vi ønsket å få mer kunnskap om temaet massivtrekonstruksjon, og håper vår oppgave kan bidra til opplysning rundt temaet. Vi ønsker å rette en stor takk til Gaute Enger, Kai Roger Berget og Tim Knackstedt fra Holz100 Norge AS. Vi vil også takke vår veileder fra høgskolen i Gjøvik; Harald B. Fallsen som har hjulpet oss gjennom denne våren.

Gjøvik 20. Mai. 2010

Gino Morales-Chacon

Gunnar-Martin S. Gudmundsen

Per Martin Engebretsen

Åge Nøkleholm



4 INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|------|--|-----|
| 1 | Sammendrag av Bacheloroppgaven..... | iii |
| 2 | Kort beskrivelse av bacheloroppgaven: | iv |
| 3 | Forord | v |
| 4 | Innholdsfortegnelse..... | vi |
| 5 | Innledning..... | 8 |
| 5.1 | Oppgaven | 8 |
| 5.2 | Målgruppe | 8 |
| 5.3 | Hvem er vi?..... | 8 |
| 6 | Gjennomføring | 9 |
| 6.1 | Medier | 9 |
| 7 | En innføring i massivtrebegrepet | 10 |
| 8 | Elementene; Oppbygging, Produksjon og Levering | 11 |
| 8.1 | Oppbygging..... | 11 |
| 8.2 | Produksjon..... | 12 |
| 8.3 | Størrelsesbegrensninger..... | 13 |
| 9 | Varme og Inneklima | 14 |
| 9.1 | Luft..... | 15 |
| 9.2 | Varme | 15 |
| 9.3 | Homatherm | 16 |
| 9.4 | U-verdiberegning..... | 17 |
| 10 | Lydegenskaper..... | 18 |
| 10.1 | Lyd | 18 |
| 10.2 | Luftlydstest i en 140mm vegg | 21 |
| 10.3 | Luftlydstest i en 200mm vegg | 22 |
| 10.4 | Kommentar til testene | 23 |
| 11 | Brannegenskaper..... | 24 |
| 11.1 | Hovedelementene i brannteknisk prosjektering..... | 24 |
| 11.2 | Termisk nedbrytning av massivtre | 24 |
| 11.3 | Krav til byggene | 25 |
| 11.4 | Bæreevne og stabilitet | 27 |
| 11.5 | Massivtrefasader | 29 |
| 11.6 | Hvordan sikre bygget mot brann..... | 30 |



| | | |
|------|--|----|
| 11.7 | Branntest av Holz100-massivtreelement | 31 |
| 11.8 | Kommentar til testen | 32 |
| 12 | Statikk | 33 |
| 13 | Eksempel på bolighus med Holz100-Elementer | 35 |
| 13.1 | Huset i Sørumsund | 35 |
| 13.2 | Bæresystemet | 35 |
| 13.3 | Forberedelser | 35 |
| 13.4 | Transport til byggeplass | 35 |
| 13.5 | Montering/Forankring | 36 |
| 13.6 | Installasjoner | 38 |
| 13.7 | Sluttfasen | 38 |
| 14 | Jobbe med Holz100-elementer | 40 |
| 14.1 | Intervju med Totalentreprenør Frode Frøysa, "Villa Andersen" i Hamar, den 10.05.10 | 40 |
| 14.2 | Intervju med ingeniørfirmaet Byggeråd, ved Jan Magne Johansen 19.05.10 | 40 |
| 15 | Byggverk i Norge med Holz100-elementer | 41 |
| 15.1 | Preikestolen Fjellstue | 41 |
| 15.2 | Dovrehytta | 41 |
| 15.3 | Kontorbygg, Rena Leir | 41 |
| 15.4 | Opaker Gård | 42 |
| 15.5 | Eneboliger | 42 |
| 16 | Kombinasjon med andre byggemetoder | 43 |
| 17 | Diskusjon | 44 |
| 18 | Konklusjon | 46 |
| 19 | Referanser | 47 |
| 19.1 | Forskrifter og Lover | 47 |
| 19.2 | Bøker, Nettsider og Tidsskrifter | 47 |
| 19.3 | Bilder og figurer | 47 |
| 19.4 | Programvare benyttet | 48 |

5 INNLEDNING

5.1 OPPGAVEN

På høsten 2009 ble forarbeidet til bacheloroppgaven startet. Gruppen ble der presentert en rekke alternativer til bacheloroppgaver under et felles møte på skolen. Det var gjennom presentasjon av en artikkel i Teknisk Ukeblad at vi fikk øynene opp for massivtrekonstruksjoner. Dette vekket interesse da massivtrekonstruksjoner ble fremstilt som en av de mest miljøvennlige byggemetodene. Holz100 som er det omtalte firmaet i artikkelen oppførte Preikestolhytta som ble belønnet med Statens Byggeskikkpris for 2009. Hytta ble i artikkelen beskrevet som et byggverk oppført uten spiker, lim eller plast. Dette brakte nysgjerrighet og skepsis; “går dette an?”

Målet med denne oppgaven er å finne ut hvordan en massivtrekonstruksjon fungerer med utgangspunkt i Holz100-elementer som består av 100 % treverk. Temaet er ikke godt allment kjent og med dette var det meste av informasjon innen interesse. Hovedpunkter vi ønsket å belyse var de grunnleggende temaene; bæreevne, varmeegenskaper, lydegenskaper, fukt, brann og produktinformasjon.

Gjennom de innledende bachelormøtene har en rød tråd vært at vi skulle kunne begrense oss. Vi funderte lenge på dette da denne typen massivtrekonstruksjon har ligget litt i skyggen i forhold til andre byggeskikker, fram til nå. Til slutt falt avgjørelsen på at vi skulle samle så mye informasjon som mulig. Begrunnelsen var at dette temaet er såpass ukjent per i dag. Utfordringen lå da i å presentere det viktigste.

5.2 MÅLGRUPPE

Vi ønsker å gjennomføre denne rapporten slik at enhver person som søker kunnskap innen massivtrekonstruksjon kan ha nytte av den.

5.3 HVEM ER VI?

Vi er fire byggingeniørstudenter ved Høgskolen i Gjøvik. To av oss kommer fra videregående skole, allmenne fag. En har gått byggfag, teknisk tegning og allmennfaglig påbygging. Sistemann har grunnkurs i trearbeid, snekkerfag og allmennfaglig påbygging samt utdanning innen landbruksteknikk.

6 GJENNOMFØRING

Da massivtrekonstruksjon var veldig ukjent for oss alle, brukte vi en del tid i begynnelsen av bachelorperioden på drøfting og diskusjon. Vi kom raskt til konklusjonen at gangen i oppgaveskrivingen ble som følgende: Informasjonsinnsamling, bearbeiding og skiving, og til slutt ferdigstilling. Under denne prosessen skulle alt som leveres følge samtidig. Selv om omfanget av massivtrekonstruksjon er lavt i Norge, fikk vi samlet veldig mye informasjon om emnet. Dette krevde da litt mer oppmerksomhet fra oss på informasjonsbearbeidelse enn planlagt. Denne våren bestemte vi oss for å holde tankene og fokuset på de ferdige produktene gjennom hele prosessen. Avgjørelsen tok vi fordi vi ønsket å gi oppgaven vår en helhet, og at ingen deler av oppgaven skulle bære preg av hastverk.

Vi samlet mye produktinformasjon hos Holz100 på Braskereidfoss. Under vårt andre besøk fikk vi en full gjennomgang av produksjonslinjen. Da fikk vi en god oversikt over hva massivtreelementer dreier seg om, og vi mottok masse informasjon. Her formidlet vi vårt ønske om å få en omvisning på byggeplass, og det fikk vi. Monteringen av huset ble utsatt en del uker, og vi var bekymret.

Vi har funnet masse informasjon om trevirke og massivtrekonstruksjon i forskjellige bøker samtidig som vi har mimret tilbake på våre tidligere fag. Vi mottok veldig mye informasjon fra Holz100, men har også trukket inn lærebøker og tidsskrifter. Da Holz100 har sin opprinnelse i Østerrike har vi brukt litt tid på oversettelse av dokumenter. Det meste av teknisk dokumentasjon er skrevet på tysk.

6.1 MEDIER

Ved ekskursjon på byggeplass tok vi mange bilder som vi har brukt igjennom oppgaven. Vi har også tegnet det meste av tekniske tegninger på egenhånd der vi ønsker å referere til boken *Tegning for snekkerfaget* av Jan-Herman Larsen (2002). Ved produksjon av 3D-elementer har vi benyttet oss av egne bilder for å lage teksturer på modellene. En liste over programvare brukt til å bygge opp denne rapporten finnes i referansekapittelet.

7 EN INNFØRING I MASSIVTREBEGREPET

Massivtreelementene består av planker eller bord som er lagt lagvis og sammensatt i forskjellige retninger. Sammenføyningsmetodene kan være lim, dybler av stål eller tre, og stålstag. Planker og bord vil sammensatt danne ett byggelement. Størrelsene avhenger litt av hvem som produserer, og hvilken vekt elementene vil få. Tykkelsen av elementene avgjør hvor mange lag som blir lagt i kryss og på tvers, som oftest er dette 3-9 lag etter bruksområdet det er tiltenkt.

Massivtreelementene er en fleksibel byggemetode, ved utførelsen av formgivning og overflater. Man får fleksible planløsninger og konstruksjoner fordi den massive konstruksjonen har veldig solide statiskegenskaper. Med massive elementer av treverk kan man oppnå veldig høye brannklasser. En kan tenke seg en sammenligning ved å prøve å få fyr på en side i en telefonkatalog, eller prøve å brenne hele katalogen. Vi vet at egenvekt på betong til sammenligning ligger på 25 kN/m^3 , og da er ikke vekten på massivtreelement avskrekkende. Densiteten for gran og furu er nemlig ikke høyere enn $4,5 \text{ kg/m}^3$. Treverket gir enkle muligheter for å tilpasse og gjøre om løsninger i ettertid, så sant det ikke går ut over statiske egenskaper. Massivtreelementene puster av seg selv, og man trenger ingen ventilasjonsanlegg i samme grad som andre byggemetoder. Bygget vil oppleves som svalt om sommeren, og lunt om vinteren. Ved at elementene er massive, får man gode varme- og lydisolasjonsegenskaper. Dessuten skjermer elementene godt for utvendig stråling, slik at man kan få kontroll med strålingskildene man har i omgivelsene. Dette er noe av faktorene som bidrar til en lønnsom totaløkonomi etter at bygget er ferdig og skal brukes i lang fremtid.

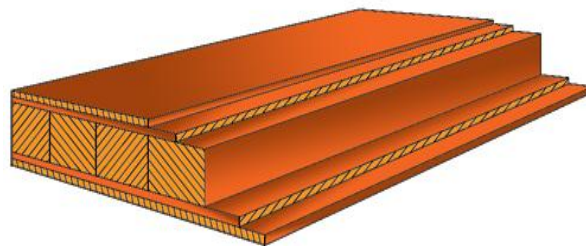
Elementene og det ferdige råbygget består i all hovedsak av tre, og dette er et 100 % fornybart materiale. Det gjør det til en veldig miljøvennlig byggemetode, når den i tillegg er i stand til å magasinere CO_2 . Der det ikke stilles krav til overflate eller bæreevne, stilles det følgelig ingen større krav av trekvalitet. På den måten kan det meste av alt trevirke som produseres, benyttes i produksjonen. Bygningsavfall og søppelsortering på byggeplass blir minimert, når alle konstruksjonsdelene kommer ferdig og råbygget står komplett i løpet av få dager.

I følge Treteknisk (Hefte 1, 2007) finnes det tre ulike typer massivtreelementer:

- | | |
|------------|---|
| Kantstilte | -planker/lameller som er sammensatt stående på høykant. -forbindelsen består av skruer, spiker, lim, tredybler eller stålstag |
| Krysslagte | -plankene/lamellene blir lagt ut på flasken, i flere sjikt. Sjiktene legges normalt i 90 eller 45 grader. - forbindelsen består av lim eller tredybler |
| Hulrom | - finnes i mange utførelser - felles for alle er ett hulrom mellom ett øvre og nedre bæresjikt i massivtreelementet. |

8 ELEMENTENE; OPPBYGGING, PRODUKSJON OG LEVERING

Holz100 elementene ligner i prinsipp på de kjente møbelplatene som finnes i treindustrien. Disse elementene består av en kjerne i helved, som avgjør hvordan elementet må legges med hensyn til bæring. Utenfor denne kjernen legges det flere lag kryssfiner i forskjellige retninger, og på den måten blir elementet stabilt, og man får sperret bevegelsene i lagene.



Massivtre er miljøvennlig ved at det lagrer CO₂, men man tilsetter jo mengder miljøskadelige kjemikalier i limingen. Her vil dybelforbindelsen i Holz100-elementene kunne erstatte limet som ellers ville blitt tilsatt, og man får med dette 100 % treverk i elementene. Det vil si at vi da har et produkt som er 100 % fornybart.

8.1 OPPBYGGING

Et standard Holz100-massivtreelement har en meget enkel oppbygging. Først legges det ytterste sjiktet som også kan kalles overflatelag. Dette består av bord, og legges i elementets bæreretning. Deretter legges det neste sjiktet. Det består også av bord, og legges diagonalt. I dette sjiktet har de langsgående sporfreste profiler for å skape stillestående luftspalter og med den hensikt å isolere bedre. Et tilsvarende lag legges på dette, men denne gangen legger de bordene på tvers. Så plasseres kjernelaget. Laget består av planker, og utgjør den statiske delen av elementet. Jo tykkere kjernelag man har, jo mer krefter kan elementet tåle. På toppen av kjernelaget legges nye diagonale sjikt og til slutt det andre overflatelaget. Kort fortalt kan elementets oppbygging vises slik;

- Ytre vertikalt overflatelag |
- Et horisontalt lag --
- Et diagonalt lag \
- Et vertikalt kjernelag |
- Et diagonalt lag \
- Indre vertikalt overflatelag |



Holz100-elementene kan på grunn av denne sammensetningen ikke legges hvilken som helst retning med hensyn på kjernelaget. Dette laget representerer selve bæreretningen for elementet. Det er da en klar forskjell fra massive limtreelementer som ligger jevnt fordelt i kryss og tvers, og hvor man ikke trenger å ta høyde for hvilken retning man legger elementene i.

Dyblene består kun av bøk. Bøk er det treslaget som har høyest densitet blant de vanlige treetypene man har tilgjengelig. De vil utvide seg ved normal luftfuktighet, og skape et sterkt nok press til å holde hele elementet sammen. Dyblene har lavere fuktighet enn det resterende treverket som blir benyttet i elementet. Dyblene trekker derfor til seg fuktighet, og derfor så utvider de seg.

8.2 PRODUKSJON

Prosjektering

Produksjon av elementer krever mye planlegging og logistikk. Utifra skisser og arkitekttegninger blir massivtrevegger og dekker oppdelt i elementer. Alle kanaler for tekniske føringer må planlegges nøye helt fra starten av prosjektet da disse legges inn i en produksjonstegning og senere freses inn i elementene. Dette fører til at det nå er prosjekteringen som er den vitale delen ved et byggeprosjekt.

Oppsett av sjikt

Etter prosjektering sendes tegninger til fabrikken, og produksjonen er i gang. Lagene legges oppå hverandre. For å lage plass til kanaler for elektro og/eller VVS, forskyver man kjernelaget i elementet og erstatter "blindkanaler" med tilskåret kjernelag. Alle kanaler merkes av med gråblyant, for at vedkommende som fører dybelinnsettingen ikke stikker inn dybler der kanalene går. Lagene blir lagt over kjernelaget som normalt. Neste steg i produksjonen er dybling. Lagene legges oppspent med treklosser i hver ende, før de går til dybelboring og dybelinnpressing.



Dybling

Skjærkapasiteten i elementene bestemmes etter hvor mange dybler som presses inn i elementet. Dette fastslås under dimensjoneringen. Da de sterkeste skjærkreftene forekommer ved opplagring dybles det mer ved endene av spenn. I midten av spennene finner man derimot færre dybler, dette begrunnes med at det her ikke forekommer så sterke skjærkrefter. Det er derimot nødvendig å opprettholde dyblingen gjennom hele spennet da den i tillegg holder lagene på plass. Når de prosjekterende ingeniørene har kalkulert ut hvor de forskjellige mengdene dybler skal ligge i elementet, mates denne informasjonen inn i den datastyrte boremaskinen som igjen borer opp hullene helt eksakt. Et unntak er dybling rundt kanaler, som blir gjort manuelt. Dyblene er tørket ned for å sikre god nok utvidelse etter innsetting. Men det er ikke nok å kun presse inn dyblene ene og alene. De må i tillegg presses på forhånd for å sikre god nok utvidelseskoefisient i borehullene. Her går nemlig dyblene gjennom en egen rundstokk pressemaskin, som blir den siste behandlingen dyblene får, før de presses inn i elementet. Forbindelsene mellom sjiktene blir nå fastlåst ved at dyblene presses inn i borehullene med opptil 5 tonns trykk.



Tilpasning

Nå ligger alle sjiktene låst i tredyblene, og man har et element klar for tilpassing. Det kan være snakk om utskjæringer av vindus- og døråpninger, utfresing av spor for bunnsvill og skråfresing av sporene i elementet for bunnsvill slik at sammenføyningene skal foregå lettere under montering. Stygge kvister i overflaten bores ut og tettes med treplugger. Til slutt slipes overflaten helt jevn.



Kontroll

Kvalitetskontrollen er et eget skjema som en kontrollør fyller ut ved besiktigelse. Her skal alle mål og vinkler stemme, og overflaten kan heller ikke ha noen skjønnhetsfeil.

Produksjonsprosessen blir med dette utført veldig nøye, hvor neglisjeringsterskelen for avvik er lav. Oppføringen av et bygg kan ikke bli stoppet på grunn av en eneste feil i et element. Dette vil i tilfelle gi store forsinkelser som koster byggebransjen store summer.

8.3 STØRRELSBEGRENSNINGER

Sagbrukene er den første begrensningen på størrelsen av elementer man kan komme borti. Eksempelvis skjærer sagbruket som ligger ved fabrikken i Norge lengder opptil 5.70-5.80 meter, og dette vil da kunne begrense produksjonsmulighetene for de langsgående materiallagene - som igjen skal være kontinuerlige. Ved transport er lastebiler og logistikk en begrensende faktor. For Holz100 er derimot vekten den begrensende faktoren. Her kan elementlengden tøytes opp til 8 meter, dersom statikken tilsier at mulighetene for dette ligger tilstede.



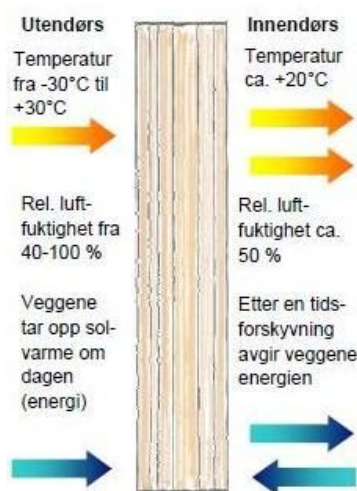
9 VARME OG INNEKLIMA

Hus bygd etter Holz100-prinsippet har to viktige egenskaper; Husene oppleves som varme om vinteren og svalere om sommeren på grunn av lagringskapasiteten i de massive veggene. Et Holz100-hus har også bedre inneklimategenskaper enn de tradisjonelle tømmerhusene. Massive Holz100-elementer gir en ideell utjevning av svingninger i temperatur og fuktighet. Hemmeligheten leveres av naturen selv; Treverket. Det finnes ingen andre byggematerialer som så fremragende isolerer og samtidig lagrer og bufrer både med hensyn til temperatur og fuktighet. Et trehus lever. Dette gjør at Holz100 elementene fungerer som et naturlig klimaanlegg.

Forskriftene sier at temperaturen i oppholdsrom skal være behagelig og gi god helseform. Hva som er behagelig temperatur er ikke lett å si, dette varierer fra person til person. Temperatur avhenger også av hvordan man kler seg inne. Dessuten er ikke "den effektive temperaturen", altså temperaturen vi opplever, alltid lik temperaturen i rommet. Folk flest føler seg behagelig i et rom med temperatur rundt 20 °C. Den effektive temperaturen er avhengig av både luftfuktighet, trekk og varmestråling fra overflaten i rommet. I følge læreboka Espedal 2007 kan den effektive temperaturen regnes ut på følgende måte:

$$T_{eff} = \frac{T_f + T_v + T_o}{3} - 2,2 V$$

- T_{eff} = den effektive temperaturen
- T_v = lufttemperaturen i rommet
- T_t = temperaturen målt med vått termometer (tørr luft gir høy fordampning og lavere temp.)
- T_o = gjennomsnitt (innvendig) temperatur i rommet
- V = lufthastighet i m/s (men med benevning i °C)



Bildet viser hvordan temperaturen virker på et Holz100-element

Før i tiden var temperaturen i hus mye mer variert enn de er i dag, dette skyldes isolering av dagens hus. Før i tiden hadde ikke hus den isolering som vi bruker i dag, og veggene fraktet varmen fra den ene siden til den andre på kort tid. Dette resulterte i varme hus om sommeren, og kalde hus om vinteren. Holz100-elementer inneholder ikke plast. Dette gjør at elementene puster.

At rom er for varme kan være et helseproblem. Høy temperatur fører til fukt, husstøvmidd og skadelige mikroorganismer. For høy temperatur kan også gå utover konsentrasjonsevnen og føre til ulykker.

Lover eller forskrifter gir oss ingen fasitsvar på temperatur i rom. Arbeidstilsynet gir råd om at temperaturen skal være på under 22 °C. Temperaturer under 19 °C og over 26 °C bør unngås i følge Espedal(2007). Hvis temperaturen skulle være utenfor dette på en arbeidsplass kan det føre til misnøye blant arbeiderne og behov for kostbare utbedringstiltak.

9.1 LUFT

Forskriftene sier at bygninger skal ha ventilasjon som gjør at luftkvaliteten blir tilfredsstillende. Dette med luft har vært mye viktigere de siste årene enn for noen tiår siden. Grunnen for dette er at tilfelle av astma og andre luftrelaterte sykdommer har økt de siste årene. Espedal (2007) hevder i sin bok at astma har tredoblet seg på 30 år og ca 40 % av barn og unge i Norge har fått eller har hatt allergi eller liknende symptomer i en eller annen form. Dårlig luft kan føre til mye forskjellige plager, hoste, hodepine, utslett, irritasjon i øynene, kvalme, søvnløshet osv. Selvsagt så kan disse symptomene fremkomme av andre grunner enn dårlig innemiljø.

Man kan ha mang en mening om hva dårlig inneklima er, men en fellesnevner er at ren og frisk luft i innemiljøet vårt er viktig. Inneluften er også avhengig av hvordan kvaliteten på luften ute er. Som nevnt tidligere er det ikke noe plastikk i Holz100-elementene. De har da mulighet til å “puste”. Denne luftgjennomstrømningen skjer sakte. Dette gjør at massivtreelementer har en god evne til å jevne ut døgnvariasjonen i relativ luftfuktighet og temperatur.

I disse tider er det mye fokus på energisparing og miljøvennlighet. Et hus som slipper ut mindre varme krever mindre varme tilført. Det vil da bli mer energieffektivt samtidig som det sparer brukeren for oppvarmingskostnader. Med dette har det kommet strengere krav til U-verdien på boligen. Kravet for U-verdi gjennom yttervegg er per i dag $18 \text{ W/m}^2\text{K}$. For tak gjelder $13 \text{ W/m}^2\text{K}$ i henhold til Teknisk Forskrift §8 (1997). Verdien beregnes utifra de forskjellige sjikts varmekonduktivitet og tykkelse.

Et Holz100-element består av 100 % treverk, mens i en stenderverksvegg har vi forskjellige komposisjoner. Veggtverrsnittet vil i stenderverksveggen variere ettersom man tar for seg et snitt ved stender eller et snitt ved mineralullen. Her er det mineralullen som fungerer som den mest varmeisolerende biten. Ved massiv trevegg trenger vi da adskillig tykkere sjikt for å oppnå samme varmeisolerings som en stendervegg.

9.2 VARME

Alle materialer leder varme. Varme er en betegnelse på molekylene og atomenes bevegelse. Når et bygg settes opp vil da en viktig del av prosjekteringen være å velge riktige materialer og sammensetninger for å holde en lav varmegjennomstrømning samtidig som byggverket er solid nok til ikke å rase sammen. For å forstå hva som kan og bør utføres av tiltak for å sikre et varmetett hus, må man se på de forskjellige måter varmen beveger seg. I følge Espedal (2007) beveger varmen seg på tre forskjellige måter; Varmeledning, varmestråling og konveksjon.

- **Varmeledning** foregår når varmen overføres fra molekyl til molekyl. Dette er da en varmeoverføring som går igjennom materialene. Forskjellige materialer har forskjellig varmeledningsevne. Hvis du er ute en dag og setter deg ned på en stein vil du føle kulden mye bedre enn hvis du setter deg ned på en trebenk. Grunnen til dette er at varmen ledes fortere i metaller enn i treverk. Hva du føler er egentlig ikke kulden, men heller at din varme blir ført inn i steinen eller benken.
- **Varmestråling** skjer over alt. Alt som bærer en temperatur på over 0 grader Kelvin (-273°C). Dette gjelder alt vi omgir oss med. Varmestråling er elektromagnetisk stråling. Vi kan føle den hvis den er sterk, men vi kan ikke se den med mindre vi benytter oss av

varmeterminografingsutstyr. Hvis en sitter nærme en varm gjenstand, kan man føle at den stråler varme. Gode eksempler på dette er å befinne seg nærme panelovner, åpen flamme eller lignende. Når det motsatte føles; at det føles som det stråler kulde, er det varmen som stråler fra deg.

- **Konveksjon** forekommer når gasser varmes opp og forflytter seg. Man kan si at gassen frakter varmen rundt. Dette forekommer gjerne i større sjikt der luft eller annen gass flytter seg først oppover når den blir varmet. Øverst vil den trekke mot kald side og kjøles ned til den når bunnen av sjiktet. Der blir den igjen varmet opp, og vi får en “sirkelbevegelse”. Da fungerer gassen som en varmetransport. Ved tynne sjikt vil ikke denne effekten bli stor fordi luften opplever friksjon mot flaten den beveger seg langs.

Kuldebroer er en del eller et område av en konstruksjon som vil få større varmegjennomstrømning enn resten. De oppstår gjerne der vi har brudd i veggmønsteret og der byggets statiske/estetiske behov gjør det vanskelig å isolere. Kuldebroer oppstår ofte på følgende steder: vinduer, dører, elementskjøter, etasjeskillere, gjennomføringer, hjørner og bjelkelag. Her vil det bli en ekstra utfordring å isolere da vi ofte har viktige elementer som samtidig bidrar til varmegjennomstrømning. Før var kuldebroer ofte forbundet med farlige partier der fukt og kondens hadde lett for å oppstå. På grunn av strengere regler når det kommer til energieffektivisering er kuldebroer som regel bare et problem når det gjelder varmetap.

9.3 HOMATHERM

Som en konsekvens av nye krav til varmeisolasjon og U-verdi ble Holz100 nødt til å isolere elementene ytterligere for å imøtekomme dagens krav. Før ble en vanlig type trefiberplater brukt som utvendig isolasjon for å imøtekomme kravene, men nå som kravene har blitt strengere måtte et nytt produkt inn på banen. Hvis ikke hadde veggens tykkelse blitt enorm. Løsningen ble Homatherm.

Homatherm er isolasjonsplater som er satt sammen av sammenpresset trefiber og cellulose. De er ikke tilsatt noen kjemikalier. Disse gir en god beskyttelse mot varme, støy og brann i tillegg til å være miljøvennlige. Isolasjonen er med det også en del av Holz100 leveransen; 100 % treverk. Homathermplatene brukes til isolasjon av alle Holz100-elementene, og blir levert i tykkelser fra 40mm til 240mm.

Grunnen til Homatherms gode isolasjonsegenskaper, er at trefiberplatene har en lav varmelederevne ($\lambda_G = 0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Siden Homatherm har gode isolasjonsegenskaper, så gjør dette at det slippes ut lite varme på vinterstid, mens det er med på å holde varmen ute om sommeren. Trefiberplatene er enkle å håndtere og frakte, dessuten så er det enkelt å skru på trefiberplatene ved montering. Siden materialet er åpent for dampdiffusjon, så gir dette en god beskyttelse mot fuktighet. Ønskes mer informasjon om Homatherm, finner du dette på Homatherm sine hjemmesider: www.homatherm.com/no/



Homatherm skrudd på utsiden av Holz100 elementet



Homatherm på paller, i tykkelse 100mm og 220mm

9.4 U-VERDIBEREGNING

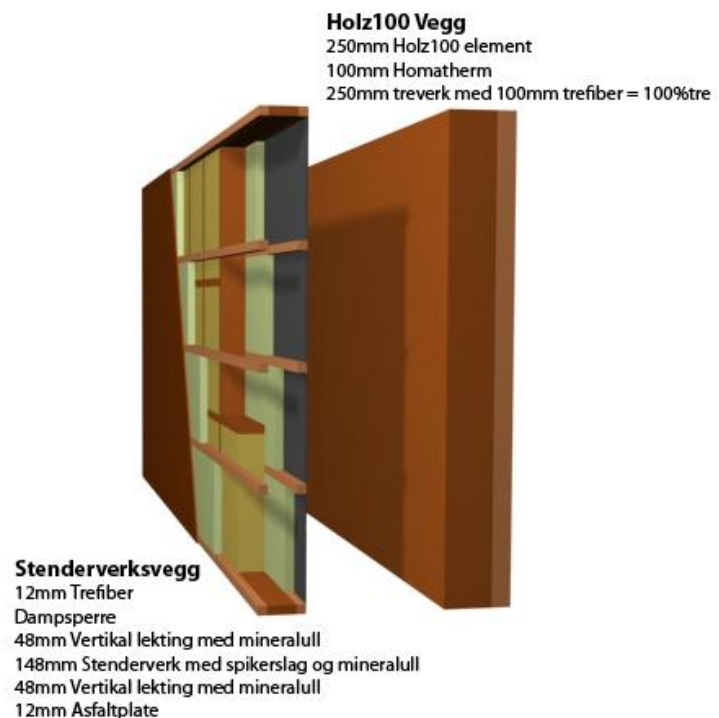
Vi har tatt for oss U-verdiberegningen på vegg og tak ved byggingen i Sørum. Vi mottok ferdige U-verdiberegninger på elementene fra Holz100. I tillegg har vi beregnet et tak og en egen vegg. Til slutt har vi sett på detaljer for hvordan Holz100 isolerer sine elementer for å møte de nye kravene til teknisk forskrift.

Beregningene viser at det avgjørende ved varmeisolering er veggen med de ulike sjikt og isolasjonslagets tykkelse. Holz100-elementer har ingen problemer med å møte de nye kravene, men det går på bekostning av total vegg- og taktykkelse. Ved å titte på detaljene ser vi også hvordan

en del kuldebroproblematikk automatisk er forenklet da isolasjonslaget er massivt og ligger på utsiden av bygget kontra inni.

Under byggeprosessen vil arbeid utføres forskjellig. Et byggelement vil aldri få den nøyaktige beregnede U-verdien. For å oppnå likest mulig resultater bør en prosess utføres i kontrollerte omgivelser, med faste rutiner. På en byggeplass kan feil oppstå, og gjerne ved behandling av dampsperre eller isolasjon. Her er det en stor fordel at Holz100 elementene er produsert på fabrikk, og at flere av operasjonene utføres maskinelt. Steder som er mest utsatt for kuldegjennomgang er skjøter og hjørner. I en stenderverksvegg vil veggen ha en betydelig lavere U-verdi i hjørner på grunn av endring i veggens materialfordeling, og fordi to av fire sider ligger mot kulda. Sett at vi følger kuldens vei gjennom veggen fra ytterhjørnet til innerhjørnet vil vi passere et mindre parti isolasjon. Ved bruk av elementer som i bygget vi har tatt for oss ser vi at hjørnene ikke vil fungere som en like intens kuldebro da materialsammensetningen blir den samme. Det legges et tykt lag Homatherm på utsiden som isolerer mot kulden. Dette laget skal monteres slik at det ikke har skjøter der det er elementskjøter. Dette for å unngå at kulden får en kort veg inn i bygget via skjøtene. Trekker vi nå en linje fra ytterhjørnet til innerhjørnet vil kulden gå igjennom mer enn 100mm Homatherm før den må passere 250mm med treverk.

Holz100-elementene produseres på fabrikk. Dette er en klar fordel da det forebygger produksjonsfeil som kan lede til svekket isoleringsevne. Elementene har i tillegg en langt enklere materialsammensetning som gjør at hvis produksjonsfeil oppstår vil ikke dette ha store konsekvenser. Da treverk ikke isolerer like mye som mineralull må Holz100-elementene gjøres tykkere. Dette kan være en ulempe da ytterveggene vil ta opp store arealer. Elementet monteres og isoleres meget hurtig. Her gir elementbygging derimot en stor fordel. U-verdiberegningene ligger under Vedlegg A.



10 LYDEGENSKAPER

Lyd er et vidt begrep, men når vi snakker om lyd i byggsammenheng, forbinder vi ofte dette med støy. Støy er noe vi forbinder med ubehag. Det kan defineres som uønsket lyd, og man må ta hensyn til eventuelle støykilder som er i nærheten når man skal sette opp et bygg. Støy kan komme utenfra, men det kan også være snakk om støy fra naboer, og her kan det være behov for å gjøre tiltak for å redusere støyen. Teknisk Forskrift (1997) forteller om hvilke krav som stilles, men dette kommer man tilbake til i teoridelen som følger. I denne delen om lyd skal vi fortelle litt om lydegenskapene til Holz100-elementer, og elementenes lydisoleringsegenskaper.

10.1 LYD

Ifølge Byggforsks byggdetaljanvisning nummer 421.401 (Lydtutbredelse og støy, Grunnbegreper) er lyd svingninger som brer seg i elastisk stoff, enten i form av gass, væske eller fast stoff. Grunnen til dette er en kraftpåvirkning, som begynner å svinge om sin egen likevektstilstand. Lydens bevegelse er i bølgeform. Øret mottar disse signalene fra en lydkilde via trommehinna, som da settes i bevegelse og gir signalene videre som vi oppfatter som lyd. Vi skiller mellom to ulike lydbølger, trykkbølger og bøyingsbølger. Trykkbølgene forplantes i lufta, mens bøyingsbølger beveger seg i fast stoff.

I Teknisk Forskrift i Plan- og bygningsloven (1997) er det oppgitt krav som skal være beskyttende mot støy for beboerne i et hus. Det viktigste er at lydforholdene er tilfredsstillende ved arbeid, søvn, hvile og rekreasjon.

I henhold til Espedal (2007) stilles følgende krav til lydbildet:

- Ikke hørselskadelig
- Reduserer ikke konsentrasjonsevne og arbeidseffektivitet
- Ikke vanskeliggjøre nødvendig kommunikasjon
- Ikke hindre oppfattelse av faresignaler
- Ikke hindre hvile og rekreasjon
- Ikke redusere søvnkvalitet
- Ikke utløse stressreaksjoner

I Treteknisk (Hefte 5, 2007), finner vi kravene til hvordan lydforhold som er tilfredsstillende kan dokumenteres.

- 1) Utførelse av analyser og/eller beregninger som er med på å dokumentere at lydforhold oppleves tilfredsstillende for et flertall av byggets brukere.
- 2) Det blir lagt til grunn grenseverdier for lydforhold i samsvar med Norsk Standard NS 8175 Lydforhold i bygninger, Lydklasser for ulike bygningstyper.

I de aller fleste tilfeller så er det alternativ 2 som er mest benyttet. I denne standarden er det gitt grenseverdier for definerte lydklasser. I Byggforsks byggdetaljanvisning nummer 421.401 (Lydtutbredelse og støy, Grunnbegreper) finner vi de ulike klassene som et bygg kan kategoriseres i. Disse klassene er kategorisert i klasser A-D, hvor A er mest strengt, og D er minst strengt. Dersom de lydtekniske forholdene til et dimensjonert hus er tilfredsstillende i henhold til NS8175, så vil

kravene være oppfylt. Lydklasse C er grenseverdien som settes for oppføring av nye bygg, mens lydklasse D angir grenseverdier som bør oppnås ved rehabilitering av eldre bygg.

I Treteknisk (Hefte 5, 2007) står det at følgende er viktig å ta hensyn til, i en prosjekteringsfase av et bygg:

- Luftlydisolasjon
- Trinnlydnivå
- Lydoverføring

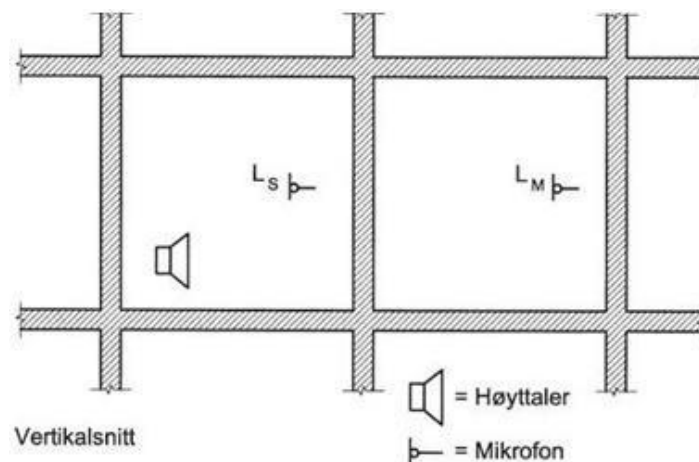
Luftlydisolasjon er isolasjon mot luftbåret lyd, for eksempel er dette lyd fra TV, musikk og tale. Når lydbølger treffer en del av bygget, så vil dette sette lyden i svingninger. Mens noe av lyden som treffer en vegg blir reflektert tilbake, så vil noe av lyden trenge seg igjennom vegg. Forskjellen i lydnivå på de forskjellige sidene av vegg sier noe om hvor god en vegg er lydisolert. Forskjellen her kalles lydreduksjonstallet (R), og denne måles i dB. Dette vil altså si at jo høyere lydreduksjonstall man har, jo bedre er lydisoleringen i bygningsdelen.

Lydreduksjonstallet er ifølge Espedal (2007) definert som:

$$R = L_s - L_m + 10 \log(S/A)$$

L_s og L_m er middeltrykksnivået i de to ulike rommene (S for sender, M for mottaker), S er skillekonstruksjonens areal i m^2 , og A er mottakerrommets totale absorpsjonsareal.

*Byggforsk: Anvisning 421.401 figur 424
Måling av lydtrykksdifferanse mellom senderrom og mottakerrom.*



Vi kommer også innom begrepet veid reduksjonstall, R_w . Dette reduksjonstallet tar hensyn til de frekvensområdene som øret ikke oppfatter så godt, og dette brukes i laboratorium for å kategorisere luftlydisolasjon i bygningsdeler.

Trinnlydnivå sier noe om konstruksjonens evne til å overføre lyd fra eksempelvis fottrinn. Disse lydene forekommer ved at det brer seg vibrasjoner i bygningskonstruksjoner som blir utstrålet som lyd. Det er gange som er den vanligste årsaken til denne typen vibrasjoner. Ved trinnlydsmålinger registreres ikke verdien i senderrommet, for det er ikke her lyden vil merkes som støy. Vi måler derfor lyden kun i mottakerrommet, og vi er ute etter å få dette så lavt som mulig. Jo lavere trinnlydnivå vi registrerer i mottakerrommet, jo bedre isolerer en etasjeskiller mot trinnlyd.

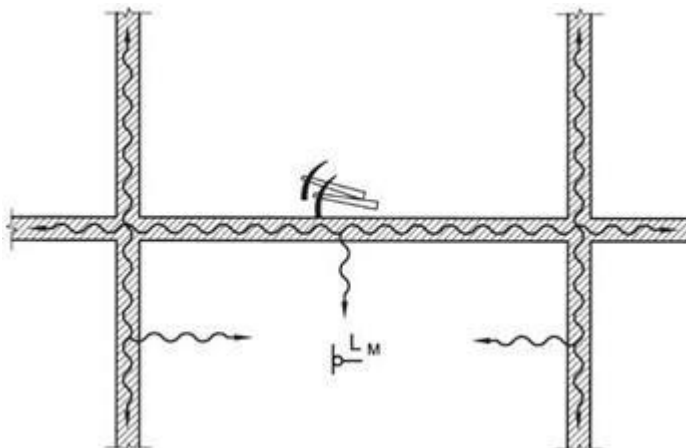
I likhet med luftlydisolasjon, så måles trinnlydnivå i laboratorium og når bygget er ferdigstilt. Veid trinnlydnivå i laboratorium uttrykkes ved $L_{n,w}$, mens veid normalisert trinnlydnivå som blir målt i ferdig bygg uttrykkes ved $L'_{n,w}$.

Trinnlydnivået L_n ved en laboratoriemåling er ifølge Espedal (2007) gitt ved følgende formel:

$$L_n = L_2 + 10\log(A/A_0)$$

L_2 er lydtryknivå i rommet hvor trinnlydnivået måles, A er mottakerrommets absorpsjonsareal målt i m^2 , og A_0 er et referanseareal på $10m^2$.

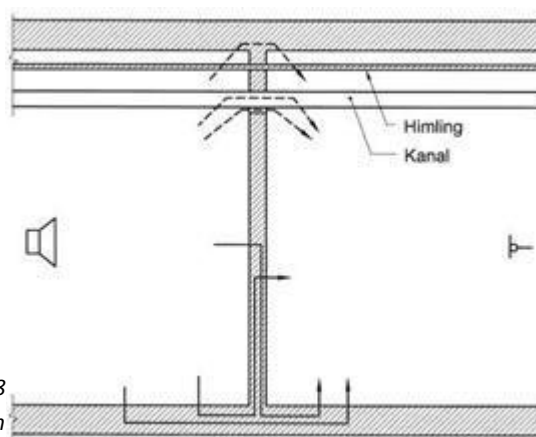
Byggforsk: Anvisning 421.402 figur 711
Trinnlyden brer seg i konstruksjonen.



På bildet over ser man hvordan lyden sprer seg i konstruksjonen. Som man sikkert skjønner så kan denne trinnlyden spre seg langt inn i en konstruksjon, men dette er avhengig av en rekke faktorer (bæresystem og materialvalg er vesentlig). Trinnlyden er også avhengig av størrelsen på mottakerrommet, siden det viser seg at trinnlydnivået i store rom generelt er høyere enn i mindre rom.

Lydoverføring skjer gjennom to forskjellige måter; direktetransmisjon og flanketransmisjon. Ved en direktetransmisjon vil lyden overføres direkte gjennom en konstruksjonsdel. En tung konstruksjonsdel vil være mer effektiv mot direkte transmisjon enn en lettere konstruksjonsdel. Ved en flanketransmisjon vil lyd bli overført via tilstøtende bygningsdeler. Eksempler på steder hvor det kan oppstå flanketransmisjon er: utettheter, sammenkoblinger mellom enheter og kanaler/føringer.

Vi skiller mellom to ulike typer flanketransmisjoner: vertikal og horisontal flanketransmisjon. Ved vertikal flanketransmisjon er det viktig å ha gode løsninger i forbindelse med bæresystemet i et bygg. I en overgang mellom etasjeskillere og bærende yttervegger kan man ofte oppleve vertikal flanketransmisjon. Horisontal flanketransmisjon forekommer som oftest via etasjeskillere og dekker.



Byggforsk: Anvisning 421.402 figur 8
Eksempel på flanketransmisjon

10.2 LUFTLYDSTEST I EN 140MM VEGG

Prüfbericht Nr. B03.858.001.310

Rapport: Test av luftlydisolasjon i et 140mm tykt Holz100-veggelement i laboratorium.

Dato for utførelse: 12/01-2004

Sted: Technical University of Graz, Østerrike

Elementets oppbygging er som følger:

26 mm horisontallagt trelag

29 mm diagonallagt trelag

60 mm vertikallagt trelag

26 mm horisontallagt trelag

Testen ble utført på følgende måte:

Testrommet er laget i henhold til ÖNORM EN ISO 140-1. Testrommenes sidevegger (senderrom og mottakerrom) består av 420 mm armert betong. I mottakerrommet er det i tillegg montert gipsplater på betongveggene i rommet. Taket er også i armert betong, men er delt opp i to deler, henholdsvis 250 mm og 110 mm tykt, med et 50 mm tykt isolasjonslag av mineralull imellom betongen. Man plasserer en støykilde i senderrommet, og man måler forskjellen i lydstyrke i senderrommet og i mottakerrommet.

Testresultatet ga Holz100-elementet en $R_w = 39$ [dB]. Den originale testen er lagt med som Vedlegg B.

10.3 LUFTLYDSTEST I EN 200MM VEGG

Prüfbericht Nr. B03.858.002.310

Rapport: Test av luftlydisolasjon i et 200mm tykt Holz100-veggelement i laboratorium.

Dato for utførelse: 20/01-2004

Sted: Technical University of Graz, Østerrike

Elementets oppbygning er som følger:

26 mm vertikallagt trelag

30 mm diagonallagt trelag

60 mm horisontallagt trelag

29 mm diagonallagt trelag

29 mm horisontallagt trelag

26 mm vertikallagt trelag

Testen ble utført på følgende måte:

Testrommet er laget i henhold til ÖNORM EN ISO 140-1. Testrommenes sidevegger (senderrom og mottakerrom) består av 420 mm armert betong. I mottakerrommet er det i tillegg montert gipsplater på betongveggene i rommet. Taket er også i armert betong, men er delt opp i to deler, henholdsvis 250 mm og 110 mm tykt, med et 50 mm tykt isolasjonslag av mineralull imellom betongen. Man plasserer en støykilde i senderrommet, og måler forskjellen i lydstyrke mellom senderrommet og mottakerrommet.

Testresultatet ga Holz100-elementet en $R_w = 41$ [dB]. Hele testen er også lagt med som Vedlegg B.

10.4 KOMMENTAR TIL TESTENE

Testene som er nevnt ovenfor tok for seg to forskjellige vegger, med tykkelser 140mm og 200mm. Disse veggene som benyttes vil i all hovedsak bli benyttet som innervegger i et hus.

Lydisoleringsevnen til et Holz100-element vil være mye bedre i en yttervegg, siden man her har en tykkere vegg, i tillegg til at det blir lagt Homatherm trefiberplater utenpå veggelementene, som også er med på å redusere utendørsstøy.

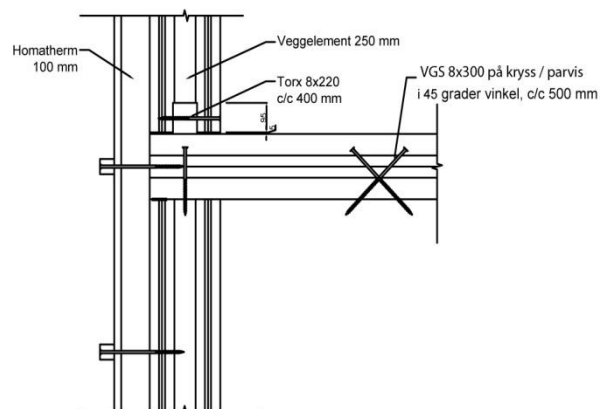
Sammenligner man de to testene med en vanlig stenderverksvegg med 140mm mineralull, så vil man oppnå en luftlydisolasjon på 52 dB (Glava, Forskjøvet trestenderverk med dobbel platekledning). Veggene er altså en god del bedre enn Holz100-veggen med tanke på luftlydisolasjon, men er likevel ikke tilfredsstillende som en vegg mellom to boenheter.

De to testede veggelementene vil ikke kunne fungere som en tilfredsstillende vegg med tanke på luftlydisolasjon mellom to boenheter. Til dette isolerer veggene for dårlig. I Treteknisk (Hefte 5, tabell 1, 2007) står det at kravet som stilles for en godkjent luftlydisolasjon mellom boenheter i klasse C, er en luftlydisolasjon på over 55 dB. Skal veggene som er blitt testet tilfredsstillende kravene, så må det gjøres utbedringer. Homatherm trefiberplater kan isåfall være et lurt og miljøvennlig alternativ. Etasjeskillere i massivtre vil fint kunne bli benyttet når det ikke spesifiseres bestemte krav for trinnlyd og luftlydisolering. Men om det for eksempel er snakk om et skille mellom to boenheter, så må det gjøres utbedringer for dette. I likhet med veggene (som nevnt ovenfor), kan isolasjon benyttes for å tilfredsstillende gitte krav. Det er forholdsvis enkelt å legge denne tilleggsisolasjonen, og den kan legges både i underkant og overkant av etasjeskilleren.

I Treteknisk (Hefte 5, 2007) er det skrevet om det som er viktig for både elementvegger og etasjeskillere rent lydmessig, og det er forbindelsene mellom disse. Bæresystemet har en god del å si i denne sammenheng, og gode knutepunkter er ofte en viktig faktor for god lydisolering.

En etasjeskiller som er lagt på etasjehøye vegger vil være en god løsning, siden dette bidrar til en økt stivhet i konstruksjonen. Skal det bygges flere boenheter ved siden av hverandre, er det viktig å tenke på hvordan lyd og vibrasjoner kan spre seg fra en bolig til en annen. Et dekke kan bidra til dette, dersom det ligger kontinuerlig gjennom begge boenhetene.

Etasjeskiller og veggsammenføyninger



Holz100-etasjeskiller ligger som regel oppå vegg, med ny vegg ovenpå. Dette er den mest gunstige løsningen når det kommer til flanketransmisjon da lyden føres ut fra bygget.

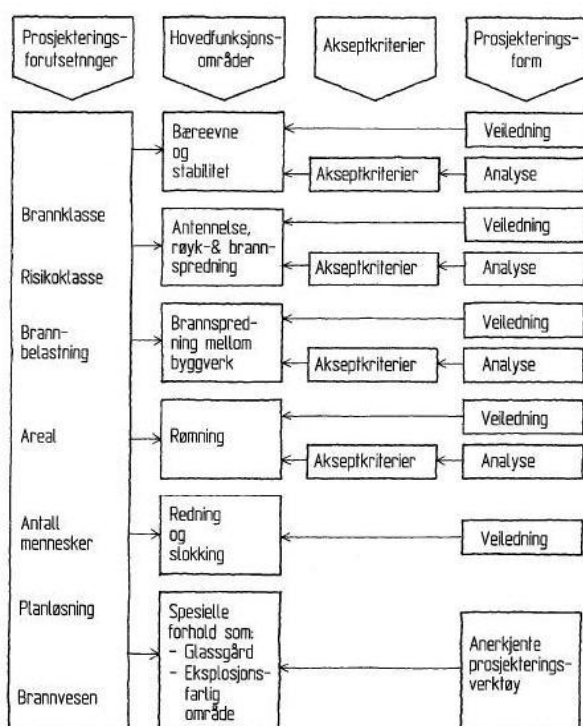
11 BRANNEGENSKAPER

Statistikk fra Brannvernforeningens nettside sier at det forekom 2736 bygningsbranner i Norge i 2008, og det ble betalt hele 4,75 milliarder kroner i erstatningsutbetalinger. Erstatningsutbetalingene har de siste årene økt, og dette gjør at det må rettes økt fokus for å hindre at brannen oppstår.

Tre er per definisjon brennbar, men det brenner forholdsvis sakte. Tre forkuller med tilnærmet konstant hastighet, under en brann vil forkullingshastigheten innover treverket bare være 0,5-1 mm per minutt. Materialet som ikke er brent holder fortsatt mye av bæreevnen sin. Det gjenværende tverrsnittet vil tilnærmet opprettholde sine stivhets- og fasthetsegenskaper og dermed opprettholde bæring og stabilitet i konstruksjonen hvis det er bygget i tre. Ofte kan man se at selve bæresystemet står igjen etter en brann, som et forkullet skjell. Man kan lett vurdere resttverrsnittet og bæreevnen til de påkjente trekonstruksjonsdelene og tiden til eventuell kollaps. Tre har lav varmeledningsevne og gir derfor liten temperaturøkning på motsatt side av tverrsnittet. Ved en brann spres røyk og brann først og fremst på grunn av åpne dører, via rør- og kanalgjennomføringer og via takkonstruksjon og lignende.

11.1 HOVEDELEMENTENE I BRANNTEKNIISK PROSJEKTERING

Prosjekt mål – hensikten med bygget:



§ 7-21 Hovedelementene i brannteknikk prosjektering

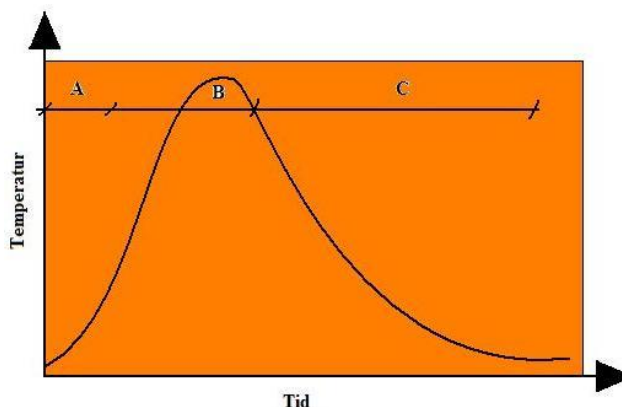
- Fastlegge type bygg, planløsning, omgivelser og lignende.
- Bestemme størrelser, inndeling, antall brukere/beboere, type og størrelse på brannbelastning.
- Grunnlaget for videre beregninger/antagelser i prosjektet.

11.2 TERMISK NEDBRYTNING AV MASSIVTRE

Fuktigheten i treet må reduseres hvis tre skal brenne. Vannet i treet vil drives ut av treverket under oppvarming. Temperaturen vil ikke øke før alt vannet er drevet ut. I denne fasen vil temperaturen ligge på rundt 100 – 105 °C. Ved temperaturstigning vil den termiske nedbrytningen av trevirke starte, det vil da skje en forkulling av treoverflaten. Kull har en lavere varmeledningsevne enn tre (ca. 0,07 W/m°C for kull, 0,14 W/m°C for treet), og dette vil gjøre at det forkullede laget vil beskytte og virke isolerende på det upåvirkede trelaget som ligger bak.

Tretekniisk (Hefte 4, 2007) gir en kort forklaring på hva som skjer med trevirket ved en termisk nedbrytning i de ulike temperatuere:

- Ca. 110 – 230 °C**
Den termiske dekomposisjon begynner. Nå vil en del av treets bestanddeler omdannes til forskjellige gasser (karbondioksid og karbonmonoksid) med ved 150 – 160 °C skjer nedbrytningen som fører til en tydelig mørkfarging av treet.
- Ca. 230 – 260 °C**
Nå vil flammepunktet nås. Ved denne temperaturen lettes treets gasser (metanol og formaldehyd) i kontakt med luft og flammer antennes, men forbrenningen kan ikke holde seg selv i gang ved denne temperaturen.
- Ca. 260 – 290 °C**
Brennpunktet: nå har gassene fått en sammensetning og temperatur som medfører forbrenning med varmeoverskudd. Ved dette punktet kan temperaturen øke opp til ca. 1000 °C.
- Ca. 350 – 450 °C**
Selvantennelse, gassen får kontakt med luft og vil antennes uten tilstedeværelse av flamme. Når temperaturen når 500 °C består gassene av hydrogen, karbonmonoksid og tjæredam. Ved denne temperaturen blir det overtenning (alt brennbart materiale i rommet er nå en del av brannen).



Figuren viser en typisk brannforløp i et rom. Kurven viser hvordan temperaturen i branngassene varierer etter hvert som brannen utvikler seg. Typisk maksimaltemperaturer er fra 800 til 1200 °C.
A = antennelsesfasen
B = flammeffasen
C = avkjølingsfasen

11.3 KRAV TIL BYGGENE

Risikoklasser (RKL)

Med risikoklasse mener man risikoen for liv og helse, ut i fra dette bestemmer man hvilken risikoklasse bygget skal bygges i. Det skilles mellom 6 risikoklasser, fra 1-6.

| Risikoklasse | Bare sporadisk personopphold | Alle kjenner til rømningsveiene og kan berge seg selv til sikkerhet | Bare beregnet for våkne personer | Lite brannfarlig aktivitet |
|--------------|------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------|
| 1 | Ja | Ja | Ja | Ja |
| 2 | Ja/nei | Ja | Ja | Nei |
| 3 | Nei | Ja | Ja | Ja |
| 4 | Nei | Ja | Nei | Ja |
| 5 | Nei | Nei | Ja | Ja |
| 6 | Nei | Nei | Nei | Ja |

§ 7-22 Tabell 1 Risikoklasser

Når man bygger med massivtreelementer bygger man som oftest mindre bygg, som for eksempel boliger. Det er ikke vanlig å bygge i massivtrekonstruksjoner for virksomhet i RKL 5/6.

Brannklasse (BKL)

Brannklasse bestemmes etter at risikoklassen er fastlagt. Brannklassen velges utifra risikoklassen og antall etasjer i bygget. Det er 4 brannklasser, fra 1-4. Man må vite byggets brannklasse for å kunne fastlegge kravene til materialer, bærekonstruksjoner og brannteknisk oppdeling.

Brannklasse 1 (BKL 1)

For brannklasse 1 vil massivtrekonstruksjoner kunne brukes i bærekonstruksjonen ved å følge REN/TEK uten noe avvik og dermed oppfylle kravene gitt av TEK.

| Risiko- klasse | Etasje | | | |
|-------------------|--------|-------|--------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 og 4 | 5 eller flere |
| 1 | - | BKL 1 | BKL 2 | BKL 2 |
| 2 | BKL 1 | BKL 1 | BKL 2 | BKL 3 |
| 3 | BKL 1 | BKL 1 | BKL 2 | BKL 3 |
| 4 | BKL 1 | BKL 1 | BKL 2 | BKL 3 |
| 5 | BKL 1 | BKL 2 | BKL 3 | BKL 3 |
| 6 | BKL 1 | BKL 2 | BKL 2 | BKL 3 |

Brannobjekt: Bygninger som medfører særlig brannfare eller hvor en brann kan ha svært alvorlige konsekvenser, kan bli registrert som særskilt brannobjekt.

§ 7-22 tabell 3 Bygningens brannklasse (BKL)

Bygningsutforming, BKL:

- Bygning i to etasjer - BKL 1
- Tre eller flere - BKL 2, men er det 3 eller 4 etasjer, kan øverste etasje være BKL 1.
- Bygninger i en etasje, arbeidsbrakker, skur og driftsbygninger i landbruk kan oppføres uten krav til brannklasse.

Brannklasse 2 (BKL 2)

For brannklasse 2 angir veiledningen at bærende hovedsystem må utføres med brannmotstand på 60 minutter.

Brannobjekt: Store bedrifter og bygninger som medfører særlig brannfare eller hvor en brann kan ha svært alvorlige konsekvenser, kan bli registrert som særskilt brannobjekt.

Bygningsutforming BKL:

- Bygning i en eller to etasjer - BKL 1
- 3 eller 4 etasjer - BKL 2
- 5 eller flere - BKL 3

11.4 BÆREEVNE OG STABILITET

TEK § 7-23 viser kravene til bæreevne og stabilitet ved brann. Byggdelenes brannmotstand bestemmes ut fra bygningens brannklasse.

Bygget vi har sett på i Sørørum har 2 etasjer pluss kjeller. Kjelleren er ikke beregnet som et rom der personer skal sove. Derfor ser man på bygget som et 2 etasjers hus, man teller ikke med kjelleren. Dette gjør at bygget kan bygges i BKL 1. Ifølge forskriftene er da kravet til bæresystemet R15. Ifølge Holz100 sine tester (punkt 10.7) holder massivtreelementene R90, så dette er ikke noe problem. I et slikt bygg skal byggverket bevare sin stabilitet og bæreevne i minimum den tiden det trengs for å redde de personene som er i bygget. For byggverk i brannklasse 1 og 2 kan det sees bort fra de bærende konstruksjoners bidrag til brannforløpet.



Bildet viser et Holz 100 veggelement som tilfredsstillers dagens brannkrav

I større bygg, i bygg med masse mennesker, og i bygninger med spesifikk brannenergi over 400 Mj/m², må bygningsdelene ha bedre brannmotstand enn det som fremgår av tabell 1 § 7-23.

| Bygningsdel | Brannklasse | | |
|---|----------------------|---|------------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Bærende hovedsystem | R 30 [B 30] | R 60 [B 60] | R 90 A2-s1,d0 [A 90] |
| Sekundære, bærende bygningsdeler, etasjeskillere som ikke er stabiliserende | R 30 [B 30] | R 60 [B 60] | R 60 A2-s1,d0 [A 60] |
| Trappeløp | - | R 30 [B 30] | R 30 A2-s1,d0 [A 30] |
| Bærende bygningsdeler under øverste kjeller | R 60 A2-s1,d0 [A 60] | R 90 A2-s1,d0 [A 90] | R 120 A2-s1,d0 [A 120] |
| Utvendig trappeløp, beskyttet mot flammepåvirkning og strålevarme | - | R 30 [B 30] eller A2-s1,d0 [ubrennbart] | A2-s1,d0 [ubrennbart] |

§ 7-23 tabell 1 Bærende bygningsdekkers brannmotstand avhengig av BKL

Beregning av massivtreelementenes bæreevne

Når man tar for seg de branntekniske dimensjoneringene av bærende og brannskillende konstruksjoner utføres dette som regel på de forskjellige elementnivåene, det vil si at man tar for seg hver bygningsdel som for eksempel vegger, dekker og lignende. Holz100-elementene er krysslagte massivtreelementer. Ved en brannpåkjenning oppstår det generelt asymmetri med hensyn til geometri og mekaniske egenskaper på grunn av forkulling og temperaturpåvirkning. Dette kan være avgjørende for bæreevnen ved brann for massivtreelementene på grunn av lav skjærmodul hos de tverrgående sjikt (rulleskjær). Når man skal beregne bæreevnen til massivtreelementer kan dette gjøres enkelt. Man tar hensyn til de forventede brannegenskaper med utgangspunkt fra beregnet innbrenningsdybde og det gjenværende resttverrsnittet. Styrken og stivhetsegenskapene til massivtreelementer påvirkes ved en brannbelasting, dette er det viktig å ta hensyn til. Yttersjiktet er som regel orientert i elementets lengderetning (spennretning) og har en høyere fasthetsklasse enn innersjiktene, dette kan ha betydning for styrke- og stivhetsreduksjoner til elementet under en brann. Ved enveis bæring av elementet, for eksempel en bjelke med opplegg på to sider, kan dette ha stor betydning hvis det ytterste sjiktet er direkte eksponert for brann. Element som har toveis bæring og opplegg langs alle sider vil i større grad opprettholde styrke- og stivhetsegenskapene, siden de tverrliggende sjikt vil kunne avlaste yttersjiktene. I brannklasse 1 og 2 kan bærende og skillende konstruksjoner dimensjoneres ved beregning i henhold til Eurocode 5 (9) eller NS 3470-2 (8) eller prøving for standard brannpåvirkning i henhold til ISO 834.



Bildet viser et Holz 100 element, en yttervegg som stiller til dagens krav

11.5 MASSIVTREFASADER.

Trefasader oppfattes av brannvesenet som uproblematisk på bygninger opp til og med 4 etasjer. Ifølge Treteknisk (Hefte 4, 2007) kan slukking fra gatenivå skje fra ca. 12 meters høyde (cirka 4 etasjer), og med hjelp av stigebil kan enda høyere bygg bekjempes. Bildet under viser et Holz100-bygg i massivtreelementer.



Varmetilskuddet fra en trefasade er relativt lite sammenliknet med varmen fra et overtent rom. Overtenning i et rom medfører stor fare for brannsmitte via fasade til overliggende eller omkringliggende brannceller. Dette kan forhindres ved å sprinkle bygget, siden dette vil forhindre overttenning og minsker risikoen for brannspredning. Sprinkling gir en større frihet for valg av fasadematerialer. Ubehandlet tre brukt i fasader kan brukes uten problemer i brannklasse 1 (bolig med 1 eller 2 etasjer). Det stilles strengere krav til brannklasse 3 og 4, her kan man bruke brannimpregnert tre for å oppfylle kravene. Hvis slikt trepanel benyttes skal dette dokumenteres for vær- og aldringsbestandighet som ofte kreves overflatebehandling med både grunn- og toppfarge. Ved å bruke brannklassifiserte vinduer eller flammeskjerm over vindu kan dette øke sikkerheten mot brannspredning via vinduet.

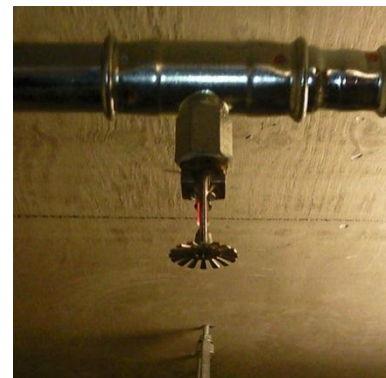
11.6 HVORDAN SIKRE BYGGET MOT BRANN

Sprinkling vil øke den totale sikkerheten av et bygg. Spesielt for komplekse bygg eller bygninger med mange etasjer kan sprinkling bety mye med tanke på sikkerhet for liv og verdier. Dette medfører at brannen slokkes/kontrolleres i et tidlig stadium og er med på å gjøre jobben lettere for brannvesenet. Har man et sprinklersystem installert i bygget vil dette gjøre det lettere å bruke treverk generelt i bygg, i bærende konstruksjoner, ved synlige overflate og lignende. Sprinkling vil forhindre overtenning og vil stille positivt med tanke på krav som stilles til brannsikkerhet; hjemlet i kravspesifikasjon som vedlegg til det europeiske byggevaredirektivet:

- Utvikling og spredning av brann og branngasser
- Spredning av brann til nærliggende bygninger
- Bæreevne
- Rømning av personer som befinner seg i eller på byggverket
- Redningsmannskapets sikkerhet

Fordelen med sprinkleranlegg er at det er knyttet til den eksisterende vannforsyningen i bygget og vil utløses når temperaturen når 70 °C. Et sprinkleranlegg kan slokke eller kontrollere en brann med ca 95 % sannsynlighet. Erfaring fra Arizona i USA der boligsprinkler ble utviklet på 1970-tallet, er det ikke registrert et eneste dødsfall der boligsprinkling har vært brukt. Ifølge Espedal (2007) er mer enn 90 % av de materielle skadene redusert ved sprinkling.

Man kan også sikre seg mot brann ved å bruke røykvarslere. Denne typen brannsikring er den mest brukte her i landet på boligbygg. Det finnes to typer detektorer; røykdetektorer og varmedetektorer. I de fleste tilfeller vil røykdetektor gi en raskere og bedre varsel enn varmedetektor. Det er derfor røykdetektor er mest brukt. I rom der det kan oppstå røyk, som for eksempel kjøkken og rom der det er dusj, kan en røykdetektor gi falske alarmer. Her er det bedre å bruke en varmedetektor. Man kan også sikre seg med et brannalarmanlegg, og dette er det krav om i større bygg.



Bildet viser et sprinkler anlegg

11.7 BRANNTTEST AV HOLZ100-MASSIVTREELEMENT

Massivtrekonstruksjoner har en større bæreevne og stabilitet enn lettere trekonstruksjoner. Dette gjør at massivtrekonstruksjoner er mindre utsatt for sammenbrudd og kollaps. Det har blitt gjort diverse brannforsøk med massivtrekonstruksjoner med og uten beskyttelse (med en eller to gipsplater). Dette har vist at massivtrekonstruksjonen holder seg under standardtemperaturen i brannrommet i henhold til Eurocode 1.

Holz100 har utført flere tester på sine massivtrekonstruksjoners evne med tanke på brann. Det ble gjort en test på et bærende gulvelement 3000 x 5200 x 230 mm med en last på 5,0 kN/m². Tanken var å teste det bærende gulvet for brann i 90 minutter. De første 60 minuttene var gulvelementet belastet med en last på 5,0 kN/m², mens i de siste 30 minuttene var lasten redusert til 4,5 kN/m².

Observasjon under testen:

| Tid, minutter:sekunder | Observasjon (observasjonen viser til den ueksponerte siden hvis ikke annet er angitt) |
|------------------------|--|
| -20:00 | En last er anvendt og øker gradvis. |
| -15:00 | Testens last på 5,0 kN/m ² er oppnådd og holdes konstant frem til 60 min. |
| 00:00 | Antennelse av treverket starter. |
| 04:00 | <i>Eksponert side</i> Det nederste laget begynner å forandre farge og blir svart. The oppstår flammer på det nederste laget. |
| 40:00 | <i>Eksponert side</i> Det er fortsatt flammer på det nederste laget. Ca. 1-5 cm ² av laget er brent opp. |
| 50:00 | <i>Eksponert side</i> Det nederste laget er nå brent opp og falt av resten av elementet. |
| 60:00 | Testens last på 5,0 kN/m ² reduseres ned til 4,5 kN/m ² og holdes konstant til det 90 min. |
| 75:00 | En liten mengde grå røyk oppstår mellom sprekkene i de forskjellige lagene. |
| 89:00 | <i>Eksponert side</i> Det er fortsatt flammer i laget. |
| 90:00 | Testen avsluttes. |

Resultatet ble som følger:

- Bærende gulv med en last på 5,0 kN/m² = 60min, ingen feil
- Bærende gulv med en last på 4,5 kN/m² = 90 min, ingen feil

Integritet

- Antennelse av filtlaget = 90 min, ingen feil
- Vedvarende flamme = 90 min, ingen feil
- Sprekker og åpninger = 90 min, ingen feil

Isolasjon

- Gjennomsnittlig temperatur = 90 min, ingen feil
- Maks temperatur = 90 min, ingen feil

11.8 KOMMENTAR TIL TESTEN

På grunn av trevirkets lave varmegjennomgang, vil massivtreelementer ha en lav temperaturøkning på uekspontert side i en brann, derfor har den en god egenskap med tanke på isolasjon og integritet. Dette forutsetter at elementene er tette. Tradisjonelle bygg består av mye diverse materialer og sammenføyninger, det kan fort oppstå feil ved montasje og ved byggeplass. Massivtreelementer kan lettere oppfylle sine krav på grunn av sin oppbygging, det bidrar til et mer kompakt og tett konstruksjon. Holz100-elementer gir høyeste grad av brannsikkerhet. Tre brenner kun bra når det er delt opp og får tilgang til oksygen. Et massivt Holz100-element brenner svært dårlig, og forkulles kun langsomt på overflaten. Konsekvensene av dette er at Holz100 kan vise til meget gode brannsikkerhetsverdier etter godkjente tester hos uavhengige institutter. Etter at elementer er eksponerte for flammer med temperatur fra 900-1000 °C i opptil 180 minutter, opprettholdes full statisk bæreevne. Sensasjonelt for Holz100-elementer, er at temperaturøkningen på elementsiden som ikke eksponeres for flammer, kun er 2 °C etter 120 minutters flammeeksponering. På denne måten overstiger Holz100-systemet brannsikkerhetsstandarder REI 60 uten problemer. Dette gir mye bedre sikkerhet enn i vanlige stenderverkshus av tre, og også bedre sikkerhet enn i sammenlignbare bygninger med betong og tegl i konstruksjonene.



Fotograf Dag-Asle Langø, Hus i Brann, Trondheim

12 STATIKK

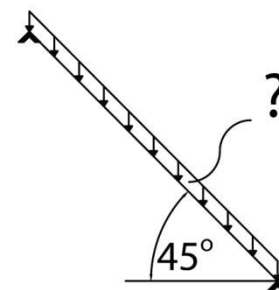
Noe av det viktigste ved et byggverk er statikken. Prosjekterende må sørge for at bygget kan bære sin egen vekt og moment både under bygging og etter ferdigstilling. Treverk er et meget solid materiale som tåler enorme mengder strekk og trykk. I motsetning til stenderverk, er hele kjernen på et massivtreelement bærende. Det er da lett å konkludere med at dette tåler mye mer. Vi ønsket å undersøke hva slags statisk potensial elementene har.

Vi har tatt for oss tre elementer. Et takelement, et gulvelement og en vegg. Ønsket vårt er å belyse elementenes statiske potensial. Alle utregninger er notert i Vedlegg D. Vi kom fram til følgende problemer som vi ønsket å gjennomgå i denne rapporten:

- **Case 1: Takelementet.**
Ved takelementer ønsket vi å finne ut hvor mye større last elementet kunne ta, med hensyn på nedbøyning.
- **Case 2: Etasjeskilleren.**
Ved etasjeskiller ønsket vi å finne nedbøyning ved nyttelast 2 kN/m^2 på et 3,5 meter langt spenn. Vi ønsket også å finne ut hvor langt element vi kunne bygget med ved 2 kN/m^2 nyttelast.
- **Case 3: Veggelementet.**
Veggelementene burde klare å holde en enorm aksialkraft da kjernen er massiv kontra bindingsverk som har stendere med mellomrom. Å finne denne aksiallasten ville være en god sammenligning.

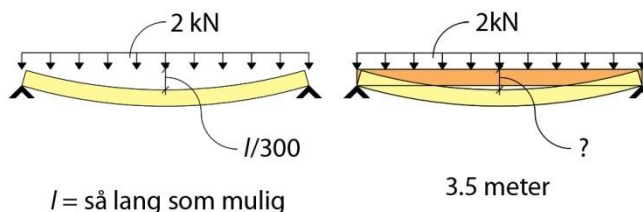
Case 1:

På Sørumsdal regnet vi med en maks snølast på $2,6\text{ kN/m}$. På et 5 meter langt takelement vil denne snølasten gi en langtidsnedbøyning på $16,32\text{ mm}$. Ved å tillate en nedbøyning på $l/200$, kom vi fram til at taket kunne holde en snølast på $4,74\text{ kN/m}$. Dette er nesten det dobbelte av hva taket vil bli utsatt for.



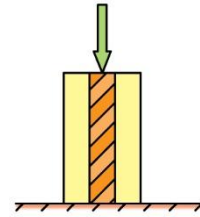
Case 2:

Beregningene sier oss at et gulvelement med et spenn på 3,5 meter vil synke ca $2,5\text{ mm}$. Dette er langt under kravene. Ved å snu om formelen, og kombinere den med kravet for maks nedbøyning var vi i stand til å regne ut maks spennvidde på elementet. Dette ble hele 5,5 meter. Da var nedbøyningen på $18,33\text{ mm}$.



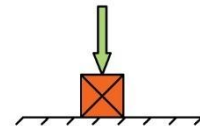
Case 3:

Ved beregninger kom vi fram til at et veggelement på en meter bredde og 2,4 meter høyde kan holde en aksialkraft på hele 181kN. Dette tilsvarer ca 18 tonn, eller nesten 65 tilsvarende elementer i høyden! Utfra denne utregningen kom et nytt spørsmål; Case 4: "Tåler bunnsvillen virkelig dette?"



Case 4 (Bunnsvillen)

Da vi så at vi var i stand til å gjøre et praktisk prosjekt, satte vi igang dette umiddelbart. Ved ren tilfeldighet hadde et grupped medlem en 20 tonns verksteds presse til rådighet. Dette pluss en bunnsvill fra Holz100 viste seg å være akkurat hva vi trengte.



Vi valgte å benytte en halvmeter bunnsvill istedet for en meter. Dette for å sikre en mer nøyaktig måling da presseanordningen kun ga en punktlast. Vi la en HEB-220 i bunnen og en HEB-160 på toppen av bunnsvillen. Pressen utgjorde en punktlast på HEB-160 bjelken, som fordelte denne kraften jevnt over hele svillen. For hvert tonn vi la på bunnsvillen, målte vi sammenpressingen med skyvelær. Målinger er notert i vedlegget.

Vi så at ved 9 tonns vekt på halvmeteren var svillen klempt sammen med 2mm. 9 tonn på halvmeteren utgjør 18 tonn på meteren, som er akkurat hva vi målte til makskapasitet på kjernelaget i veggelementet. Når kjernelaget blir utsatt for maks aksialkraft ser vi at bunnsvillen kryper med nøyaktig 2mm. Da vil ytterlagene treffe opplagringen, og dermed bidra til økt aksialkapasitet. Ved utregning kom vi fram til at ved trekvalitet C24 kan svillen utsettes for 56,21 kN per halvmeter. Dette ifølge Eurocode 5.



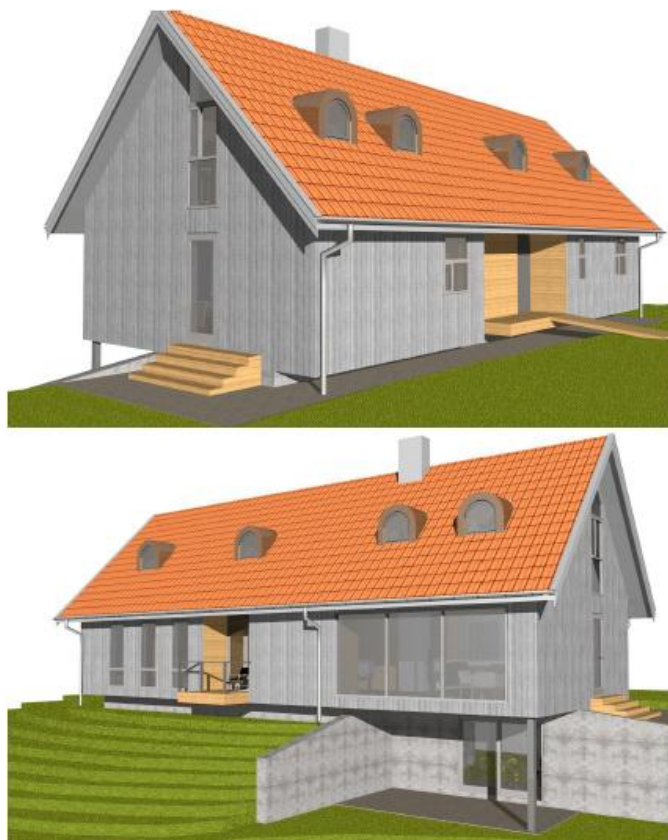
Konklusjonen

Vi ser utfra dette forsøket at veggelementene tåler påkjenningen, men i følge Eurocode 5 har vi ikke kapasitet til å tilføres mer enn 112 tonns kraft til svillen. Ved målig var svillen sammenpresset med 1mm. Utfra resultatene kan vi konkludere med at elementene ofte tåler mer enn de er beregnet til.

13 EKSEMPEL PÅ BOLIGHUS MED HOLZ100-ELEMENTER

13.1 HUSET I SØRUM

Bygget skal være en enebolig, og ligger i Sørum kommune i Akershus. Holz100 regner med å være ferdig med oppsetting av elementene på 5 dager (mandag til fredag, 12-16.april 2010). Etter dette så monterer de på Homatherm trefiberplater som en del av isoleringen av huset. Beregnet tid på dette var cirka 3 dager. Fundamentet og kjelleren er av betong, mens veggene, etasjeskillere og taket er Holz100-elementer av massivtre. Vi fikk observere prosessen, samt en gjennomgang av bygget med Tim Knackstedt (personlig kommunikasjon, den 14. April 2010). All informasjon i dette kapittelet stammer fra denne befaringen, personlige observeringer samt informasjon fra CD mottatt av Holz100.



Artitekttegninger av huset på Sørum. Tegnet av arkitekt Martin Glomnes ved Vindveggen Arkitekter

13.2 BÆRESYSTEMET

Huset har et bærende veggssystem, hvor man ser på byggetegningene at de i hovedsak er etasjehøye, med unntak av to veggelementer som går helt opp til taket. Disse elementene skal ikke bære etasjeskillere. Ellers ligger etasjeskillere mellom 1. og 2. etasje fritt opplagt på veggene i 1.etasje. Lastene tas i ytterveggene, samt i innerveggene som går langs mønet. Der hvor det ikke ligger vegger langs mønet, er det montert limtrebjelker som er innfelt i etasjeskilleren. Hensikten med dette er å fordele lasten fra etasjeskillere ned i innervegg og yttervegg. Et bilde av dette ligger under Vedlegg F.

13.3 FORBEREDELSE

Da Holz100 ankom byggeplassen stod såle og kjeller klar. På muren var det lagt papp slik at etasjeskillere kunne senkes rett nedpå og festes. Her ble det ikke tatt i bruk bunnsviller.

13.4 TRANSPORT TIL BYGGEPLASS

De ulike elementene ble fraktet på lastebiler fra produksjonsfabrikkene. To biler kom fra Tyskland og en bil kom fra Braskereidfoss. Holz100 har per i dag ikke tilstrekkelig kapasitet til å produsere alle elementene sine på Braskereidfoss i Hedmark, så derfor må man frakte elementer hele veien fra Tyskland til Norge. Holz100 utvider i disse dager produksjonslinjen på Braskereidfoss for å kunne begynne å produsere flere elementer i Norge, og derav redusere fraktkostnader.

13.5 MONTERING/FORANKRING

Utforming av bygget, beliggenhet og ikke minst høyde har mye å si for forankringen av elementene. Bygget skal stå i mot naturens påkjenninger samt laster på grunn av egenvekt og nytte.

Forankring av veggene gjøres ved at de plasseres på en bunnsvill, for så å bli festet til svillen med skruer. De andre elementene festes også med lignende treskruer. Skruene som ble brukt til montering av svillene var på 8X180mm, mens i etasjeskillerene ble det benyttet skruer med dimensjon 8X340mm.



Skruer brukt til forankring/sammenføyning av elementer.

Fra lastebil til byggeplass

Siden alt kommer ferdig tilpasset fra fabrikk, så viser det seg at monteringen av Holz100-elementer er en enkel og effektiv måte å plassere vegger, gulv og andre elementer på. Husets dekke i 1. etasje, veggene i 1. etasje, de fleste veggene i 2. etasje og etasjeskiller er montert på kun 3 dager. Monteringen av elementene gjøres ved hjelp av en kran på lastebilen, og det går veldig fort fra et element er løftet opp fra lasteplanet til det er ferdig montert på bygget. I forhold til mye annen elementbygging er massivtreelementer lette. Dette er en fordel for da kan de ta til takke med en vanlig kranbil. Ellers ville det være nødvendig å transportere og rigge mobilkran. Dette ville blitt en tilleggs kostnad. Kranbilen frakter samtidig elementer. Montering av et element tar cirka 30 minutter. Dette er fra det blir løftet av lastebilen til det er ferdig festet på bygget. Elementene blir løftet opp fra lastebilen og til bygget med en gjennomgående bolt.

Montasjerekkefølgen er som følger:

- Dekke, 1.etg :Heising og Montering
- Yttervegger, 1.etg :Heising og Montering
- Innervegger, 1.etg :Heising og Montering
- Etasjeskiller :Heising og Montering
- Limtrebjelker, 2.etg :Heising og Montering
- Vegger, 2.etg :Heising og Montering
- Takåser :Heising og Montering
- Tak :Heising og Montering
- Homatherm :Montering



Byggeplassen. Dette er fra dag 4 i monteringsfasen. Montering av veggelementer via lastebilkrane.

Dekker/Vegger

Dekkene (210 mm tykt) er festet i betongen med $\varnothing 12$ innstøpte ekspansjonsbolter (med lengde 150mm) i grunnmuren, og det er satt sammen av mange elementer. Elementene er sammenføyd med not og fjær prinsippet. Veggene (250 mm yttervegger, 185 mm bærende innervegger) blir festet ved at man skrur fast bunnsviller i dekket (både i dekket i 1. etasje, og i etasjeskiller), og veggen blir deretter plassert/nedsenket på bunnsvillen, og festet med dybler som sikrer forankringen.



T.v. Midlertidig støtte av elementene

T.h. Filtlag mellom elementene

Der hvor treelementene møter hverandre i kontaktflatene tre mot tre, legges det et lag med filt. (se bildet over) Dette er for å sikre optimal tetthet, og minimere eventuelle avvik i sammenføyningene. Løsningen gjelder for alle aktuelle elementer. Midlertidige støtter blir satt opp før man har fått festet veggen med skruer.

Etasjeskillere

Etasjeskillerne (210 mm tykk) heises inn og legges på veggelementene. Siden etasjeskillerne er delt opp i flere elementer, så må det naturligvis bli en del skjøter mellom elementene. Elementskjøtene er basert på not- og fjær prinsipp, i likhet med de fleste andre Holz100-elementer. Etasjeskilleren blir festet i ytterveggene, innerveggene og i sammenføyningene med treskruer.



Etasjeskiller og limtrebjelke i 2. etg.

Takelementer/Takåser

Takelementene vil ikke kunne stå for selvbæring over åpne himlinger alene. Derfor har takåsene som oppgave å fordre opplagerkrefter som endeopplegg og forankring, for takelementene.

Takelementene spenner mellom yttervegg og møne. Siden takelementene også er delt opp i flere elementer, så skjøtes elementene også her på not og fjær prinsipp. Montering av takelementene går fort (i likhet med montering av andre elementer), og dette er viktig for at man får lukket bygget. Takelementene festes i ytterveggene, i takåsen og i sammenføyningene.



Takås klar til montering

Værbeskyttelse under montasje

En stor fordel med bygging i massivtreelementer er at det går fort å montere disse. Montering av elementene kan dermed ganske enkelt legges opp til perioder hvor det er meldt lite eller ingen nedbør. For et lite bolighus kan dette gå fint, men for et større byggeprosjekt så kan det være nødvendig å beskytte deler av bygget, for eksempel med presenninger.

13.6 INSTALLASJONER

Holz100-elementene er tilpasset tekniske installasjoner, og elementene legger til rette for en stor frihet i form av valg og ulike løsninger. Alt av installasjoner er tenkt ut før elementene produseres, og derfor blir elementene tilpasset allerede i produksjonen. Dette er naturligvis av stor betydning at installasjonene er nøye gjennomtenkte, siden dette har betydning i forhold til andre valg som skal bli gjort senere i prosessen. Tekniske løsninger, konstruksjonsdetaljer, planløsning og rominndeling er emner som det må tas hensyn til i valg av installasjonsløsninger. Brannkrav og lydkrav må det også tas hensyn til. Brannkravene som stilles til sikkerhet/rømningsveier må ikke påvirkes negativt av installasjonene som velges, og man må også passe på at installasjonene ikke fører til at brann kan spre seg til andre deler av bygget. Forplantning er et stikkord som er viktig i denne sammenheng. Dette gjelder også for lyd, siden lyd ofte forplanter seg gjennom kanaler og tekniske føringer. Treets materialeegenskaper må man også ta hensyn til i utformingen av installasjonene. Siden temperatur og fuktighet varierer i løpet av året, vil dette føre til svelling og krymping. Derfor er det viktig at det blir laget føringer med en viss sikkerhetsmargin.

I veggene kan installasjoner føres, ved at man freser inn rom for disse. Installasjonene kan også bli ført ved at man legger dem i bakkant av en tildekkingslist. Gjennomgående veggkanaler, horisontale og vertikale el-kanaler kan enkelt føres inn i en vegg, og alt dette blir forberedt i planleggingsprosessen, hvilket gir mindre jobb ute på byggeplass.

13.7 SLUTTFASEN

Kledning av Homatherm

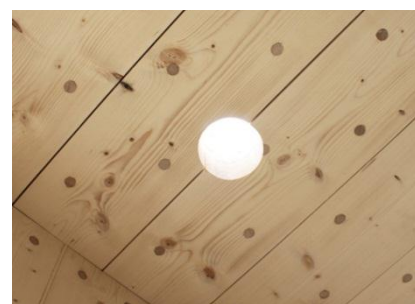
Homatherm trefiberplater blir festet på utsiden av elementene, og er med for å tilfredsstille de nye energikravene som stilles. På veggene og i underkant av utkragerer er det lagt på 100mm med Homatherm, mens på taket er det lagt på 220mm Homatherm. Som nevnt så er monteringstiden på trefiberplatene 3 dager. De starter med å legge det nederste laget med Homatherm rundt hele bygget, og disse blir så skrudd fast. Når dette laget er festet, fortsetter man med et nytt lag over det nederste, og slik fortsettes det til hele bygget er dekket med Homathermplater. Det eneste som er viktig når man skal legge på Homathermplatene, er det at man bør unngå at skjøtene mellom Homathermplatene ligger på samme sted som elementskjøtene, siden dette kan virke som en kuldebro. En fordel med Homathermen er at hvis elementmonteringsarbeidet blir forsinket kan Homathermplatene monteres i mellomtiden. Platene blir festet skikkelig når sløyfene/lektene blir



Tekniske løsninger i vegg. 2. etg.



Uttak for stikkontakter i innervegg



1Forboret hull for gjennomføringer gjennom en etasjeskiller. Sett fra underkant.



lagt på utsiden, de festes da med treskruer igjennom trefiberplatene og inn i massivtreelementet. Enkelte ganger benyttes det skiver ved montering av lektene, avhengig av lektenes trekvalitet.

Lekting og kledning av bygget

Holz100 har nå gjort sin jobb, og kledning av bygget er oppdragsgivers ansvar. Det er bare fantasien som setter stopper for hva man kan kle elementene med. Man kan også velge å bruke elementets overflate. Da bør det overflatebehandles.

14 JOBBE MED HOLZ100-ELEMENTER

14.1 INTERVJU MED TOTALENTREPRENØR FRODE FRØYSA, “VILLA ANDERSEN” I HAMAR, DEN 10.05.10

Vi var interessert i å finne ut forskjellene mellom en totalentreprise på tradisjonelt hus i forhold til Holz100-elementer. På Hamar er det satt opp en villa i Holz100-elementer, hvor vi fikk oppgitt Frode Frøysa som totalentreprenør. Vi kontaktet han over telefon, og fikk svar på spørsmålene vi hadde laget til han over e-post. De hadde gjort alt fra grunnarbeidet til ferdigstillelsen av villaen, og vi lurte i første omgang på hvordan grunnmuren måtte dimensjoneres i forhold til ett bindingsverkhus. Frøysa hadde imidlertid satt bort denne statikkjobben til ett rådgivende ingeniørfirma, men han virket overbevist om at det skulle være store lastforskjeller blant byggemetodene. Grunnen til dette var at det ble lagt mer armering og forskalet tykkere vegger enn hva som var normalt for denne husstørrelsen.

Når det bygges med massivtre må det planlegges godt på forhånd hvor elektrikerkurser skal gå og hvor rørgatene skal ligge. Dette gikk uten problemer på byggeplassen i Hamar. Elektrikeren hadde et møte med byggherren, hvor lyspunkter og kontakter ble plassert på plantegningene. Deretter hadde elektriker et telefonmøte med Holz100 for å avklare hvor det skulle freses skjulte kanaler i tillegg til det som er standard i elementkonseptet (De har jo en utfrest horisontal spalte nederst på alle vegger og utfreste vertikale kanaler ved alle dører). Frøysa kunne videre opplyse at endringer i ettertid ofte kan gi ”åpne” løsninger. På villaen i Hamar hadde en i tillegg en sjakt cirka 40x40 cm gjennomgående fra kjeller og opp til 2. etasje som ble brukt til fremføring av vann/avløp og vannbåren varme, elektriske føringer og sentralstøvsuger. Denne løsningen ble oppfattet som veldig praktisk. Våtrommene var også sentrert rundt denne sjakten.

Den store fordelen med selve oppføringen av boligen var at den kom raskt opp, ca en uke på elementene og en uke til påføring med 120mm trefiberplater utenpå alle yttervegger. Deretter isolerte og tekket entreprenøren taket, satte inn vinduene og kunne begynne å fyre (dette var på seinhøsten).

14.2 INTERVJU MED INGENIØRFIRMAET BYGGERÅD, VED JAN MAGNE JOHANSEN 19.05.10

Frode Frøysa hadde nevnt tidligere at det måtte være en vesentlig forskjell på statikken, siden grunnmuren de hadde totalentreprise på virket overdimensjonert i motsetning til hva de var vant til. Ingeniørfirmaet Byggeråd som dimensjonerte grunnmuren for Holz100 bygget kunne derimot fortelle at vanlig grunnmur ikke trengte å forsterkes ytterligere i forhold til tradisjonelle byggemetoder som for eksempel bindingsverk. Vekten av massivtrekonstruksjonen hadde ingen større innvirkning på hvilke valg av grunnmur man ønsket å ta i bruk. For ringmuren kunne holde med standard Leca mur på 200mm tykkelse, med samme dimensjoneringsgrunnlag som for bindingsverk. Johansen fortalte videre at større åpne løsninger og vindkrefter for denne husbygningen var det avgjørende for hvordan grunnmuren skulle dimensjoneres. Skulle man i tilfelle sette opp det samme huset på tradisjonell måte, kom man til å ende opp på det samme dimensjoneringsresultatet.

15 BYGGVERK I NORGE MED HOLZ100-ELEMENTER

Holz100 har siden oppstarten i Norge produsert en rekke forskjellige bygg, og har blant annet vært med på å vinne Statens Byggeskikkpris i 2009 for Preikestolen Fjellstue. Holz100 har i Norge levert hytter, eneboliger, kontorbygg, samt et kurs og konferansehotell. Holz100-elementer kan altså brukes til det meste, og vi skal her gå innpå noen av byggene som Holz100 har satt opp i Norge. Bilder brukes med tillatelse fra Holz100.

15.1 PREIKESTOLEN FJELLSTUE

Preikestolen Fjellstue er et bygg på tre etasjer, som ligger i Vatne i Strand kommune. Bygget er tegnet av et arkitektfirma som heter Helen & Hard AS. Fjellstuen har et bruttoareal på 1290 kvadratmeter, og inneholder 28 rom, med til sammen 75 sengeplasser, egen restaurant og et konferanserom. Bygget ble satt opp i 2008 med Holz100 som en av hovedentreprenørene, og fikk som tidligere nevnt Statens Byggeskikkpris i 2009. Holz100-elementene ble her brukt som den bærende del av konstruksjonen, og er også med på å prege bygget innvendig. Ønsker du mer informasjon kan du lese Ole Harald Dales artikkel online på "bygg.no" (full lenke i referanselisten)



15.2 DOVREHYTTA

Dovrehytta ble bygget i 2003, etter at den gamle Dovrehytta hadde blitt revet. Hytta er tegnet av Jann-Ove Larsen fra LPO arkitektur & design AS. Den er formet med hensyn på fjellpartiene i hyttas nærmiljø, med skrå vinkler som åpner seg opp mot dalen. Alt av materialvalg er valgt med hensyn på miljøet rundt, samt gamle tradisjoner. Dette miljøhensynet er Holz100-elementene med på å forsterke, siden de kun er laget i treverk. Holz100-elementene er også her, i likhet med Preikestolen Fjellstue, brukt som den bærende del av konstruksjonen, i tillegg til at det gir et godt estetisk inntrykk. Ønsker du mer informasjon om dovrehytta kan du gå inn på deres nettside: "www.dovrehytta.no"



15.3 KONTORBYGG, RENA LEIR

Dette bygget ble satt opp i 2003, og var et tilbygg til Forvaltningsbygget på Rena leir. Byggets areal er på 300 kvadratmeter, og er et kontorbygg med plass til 19 personer, pluss et møterom. Arkitektfirmaet for prosjektet var LPO arkitektur & design AS.



15.4 OPAKER GÅRD

Opaker Gård er et kurs og konferansested, og nybygget ble satt opp i 2004. Dette var et stort byggprosjekt for Holz100, hvor hele 1300 kvadratmeter med Holz100-elementer ble levert. Huset er på to etasjer, og har en grunnflate på 307 kvadratmeter.



15.5 ENEBOLIGER

Enebolig som er satt opp i Elverum, Hedmark, i 2003. Bygget er på et plan og har en størrelse på 230 kvadratmeter.



Eneboligen er satt opp i Kongsvinger, Hedmark, i 2003. Bygget er på to etasjer og full kjeller, og har en størrelse på 220 kvadratmeter.



16 KOMBINASJON MED ANDRE BYGGEMETODER

Byggeteknikken vil i noen tilfeller støtte på andre byggemetoder. Siden det er ganske nytt å benytte seg av Holz100-elementene i byggeprosjekter, vil man ikke så ofte kunne fortsette et eventuelt påbygg med de samme materialene. Da må man finne løsninger på hvordan man kan få til en kontinuerlig konstruksjon. Det å bygge bindingsverkvegg, og fortsette denne veggen i Holz100 byr ikke på store utfordringer. For å fortsette på ett eksisterende bygg av andre materialer, legger man grunnmurspapp imot kontaktflaten. Dette gjøres på samme måte med grunnmur, ren murvegg, eller sammenføyning med bindingsverkvegger. Svillen skrues så direkte i den eksisterende veggen, i kontakt med mur benyttes naturlig nok ekspansjonsbolter istedenfor torx-skruene. Når disse forberedelsene er gjort, kan man fortsette byggingen med Holz100-elementene.

For lettere takkonstruksjoner kan heltrevegger kombineres med selvbærende taksperrer, likens etasjeskillere i bindingsverk. En bør allikevel være oppmerksom på at heltredekkene har formidable brannmotstandsegenskaper i forhold til hva bindingsverk har. Noen bygg benytter seg av metoden å bygge en stålkonstruksjon med etasjeskillere i massivtre, her vil man kunne oppnå en god brannmotstand i etasjeskillene.

I enkelte spennlengder og andre lengre åpninger, tilsier statikken noen ganger at man må benytte seg av andre byggematerialer. For å få til mest mulig trehuspreg, vil det i hovedsak være naturlig å benytte seg av limtrebjelker. Det blir også brukt stål, litt ettersom hvor store kreftene og spennlengdene er, og hva byggherre og arkitekt måtte finne på av egne estetiske ønsker.

17 DISKUSJON

Holz100-bygg har en rekke fordeler når det kommer til miljø. Et Holz100-bygg vil være positivt for allergikere og andre med lignende sykdommer/plager, siden elementene er fri for kjemikalier og andre sykdomsfremkallende stoffer. Et annet punkt som er positivt for miljøet, er at man under bygging opplever minimalt med søppel (og derav søppelhåndtering) på byggeplass. Som det er nevnt tidligere i rapporten, så kommer alt på lastebil, istedenfor hver for seg innpakket i plast. I tillegg til dette, så vil arbeiderne på byggeplassen oppleve et bedre arbeidsmiljø, ved at man får en ryddig og oversiktlig arbeidsplass. Elementene til Holz100 lagrer også naturligvis store mengder CO₂, hvilket gir en positiv effekt på miljøet. Siden elementene er massive, så vil dem ta opp mye mer CO₂ enn et tradisjonelt bindingsverkshus. Innemiljøet vil også være behagelig i et Holz100-bygg, ved at det er svalt om sommeren og lunt om vinteren. Elementene puster, og tilpasser seg uteklimaet og inneklimate kontinuerlig.

Blir man nødt til å rive et hus, så vil naturligvis et Holz100-bygg være mer miljøvennlig enn et tradisjonelt bindingsverkshus. Ved riving vil over 90 % av det som er nedrevet være treverk, og siden dette er en fornybar ressurs, kan dette brukes til andre formål. Dette bidrar til at mye av det som er revet blir sendt til deponi som søppel, men blir gjenvunnet istedenfor.

En miljømessig ulempe med Holz100 er transporten. Siden produksjonslinjen på Braskereidfoss har for liten kapasitet, så har Holz100 vært nødt til å frakte elementer fra Tyskland. Men, dette er et argument som vil falle bort, siden Holz100 allerede er i gang med å få etablert flere produksjonslinjer, så man skal ha kapasitet nok til etterspørselen fra markedet.

Produksjonen av Holz100-elementer har en rekke fordeler. Man får en mindre risiko for produksjonsfeil i et Holz100-elementet, i motsetning til eksempelvis oppføring av en tradisjonell stenderverksvegg på byggeplass. Sjansen for å begå en feil om man setter opp en vegg ute på en byggeplass er større, enn ved at det foregår i kontrollerte omgivelser innendørs, med faste rutiner. Dessuten så har Holz100-elementene den fordel at det har en enkel oppbygning, hvilket naturligvis vil gi mindre risiko for feil.

En av ulempene ved produksjonen, er at det krever veldig mye detaljert og tidkrevende planlegging. Alt skal være nøye gjennomtenkt, og alle kanaler må være riktig skjært ut. Naturligvis så kan man også snu denne problemstillingen, og si at det er positivt med en tidkrevende planlegging, siden dette er med på å luke ut feil.

Når det kommer til selve prosjekteringsfasen, så opplever man også fordeler. Man har en kort byggetid, og det går derfor fort å sette igjen bygget. Siden det går kort tid å få på plass taket på bygget, så vil man minimere sjansen for fuktskader. Et annet positivt aspekt ved en kort byggetid, er at man reduserer sjansen for at det oppstår uhell ute på byggeplass.

Planleggingen i forhånd (som er nevnt i avsnittet over) er lang, og er med på å gi et bedre sluttprodukt, siden alt er nøye gjennomtenkt og planlagt. Dette bidrar også til en god og effektiv logistikk, siden det er lite som må flyttes om hverandre. Dessuten så er monteringsjobben ute på byggeplass enkel, ved at man benytter byggekran for å få elementene av lastebilen, og til bygget.

Fleksibiliteten i Holz100-elementene er også bra. Elementene kan brukes i mange forskjellige bygg, og kan leveres i forskjellige størrelser etter ønske. De begrensende faktorene for elementene har vi nevnt tidligere i rapporten. Holz100-elementene kan kles med det aller meste av overflatebehandlinger, eneste unntaket er glass. Elementene har også en fleksibilitet i form av at man opplever stor frihet i valget om hvor rør- og elektriske kanaler skal ligge.

En ulempe ved elementene kan være det at elementene ikke vil være åpne for endringer av rør- og elektriske kanaler ved egeninnsats etter at bygget er satt opp. Skulle dette bli aktuelt, så kan Holz100 se på det, og gjøre utbedringer for byggets eier dersom det er ønskelig.

Brannegenskapene til Holz100-elementene er veldig gode. Elementene som blir benyttet i et vanlig bolighus går langt over de kravene som stilles. Dette er bevist gjennom testen som ble utført på et Holz100-element. Branntesten ble gjort av Sveriges Tekniske Forskningsinstitutt, og den viste at elementene bare forkuller. Dessuten så var det bare en svak temperaturøkning på den andre siden av eksponert side. Fullt resultat av denne testen ligger under brannkategorien i rapporten.

En ulempe med elementene kan være at det kan bli vanskelig å fjerne en bærende vegg som er blitt utsatt for brann.

Vi har i oppgaven valgt å se på Holz100-elementer helt generelt, og har gjort oss kjente med de viktigste prinsippene for massivtre. Vi kunne ha tatt for oss et større bygg og gjort flere beregninger, men vi så på beskrivelsen som minst like viktig for å få dette formidlet.

Vi kunne også valgt å fulgt opp byggeprosessen, ved å beskrevet hele gangen fra grunnmur settes opp, og til ferdigstillingen av et hus i Holz100-elementer. Vi valgte å se bort ifra dette siden vi i grunn er fornøyd med det vi allerede hadde oppnådd. Vi valgte heller å intervjuer en entreprenør for å undersøke hvordan han opplevde det å jobbe med Holz100-elementer.

Vi kunne også valgt å gå mer spesifikt på et bestemt emne istedenfor å se mer helhetlig på elementene og deres egenskaper. Men vi valgte å se på helheten av dette, siden det var så ukjent for oss, og vi hadde interesse av å spre denne kunnskapen til andre.

Skolens fag tok mesteparten av vår tid før påske, så vi fikk derfor ikke kommet skikkelig i gang med hovedarbeidet før etter påskeferien. Vi kunne sikkert ha disponert tiden på en litt annen måte, men det har uansett ikke vært problematisk å benytte de siste ukene i semesteret til kun å fokusere på bacheloroppgaven, siden dette var det eneste vi hadde å fokusere på i denne perioden.

Vi har hatt stor tilgang på utenlandsk litteratur fra Holz100, og dette har i all hovedsak vært litteratur som har stått på tysk. Noe har også vært på engelsk. Det ville naturligvis vært enklere å hatt mer norsk litteratur, men det var samtidig spennende og interessant å benytte seg av internasjonal litteratur.

18 KONKLUSJON

Målet med denne oppgaven var å finne ut hvordan en massivtrekonstruksjon fungerer med utgangspunkt i Holz100-elementer som består av 100 % treverk. Hovedpunktene vi ønsket å belyse var de grunnleggende temaene bæreevne, varmeegenskaper, lydegenskaper, fukt, brann og produktinformasjon.

Produksjonen av massivtreelementer har definitivt en rekke fordeler. Produksjonen av elementer i kontrollerte omgivelser gir en større sikkerhet og minsker muligheten for feil. Under montering av elementer på byggeplass går det lite tid, og man har en ryddig arbeidsplass. Massivtre isolerer ikke like godt som mineralull, så derfor blir yttervegger og tak i massivtre en god del tykkere enn stenderverk. Lydmessig så må massivtreelementene etterisolerers dersom det stilles bestemte lydkrav til et bygg, men de vil være tilfredsstillende i et vanlig bolighus hvor det ikke stilles lydkrav. Brannmessig er et bygg med bærekonstruksjon i Holz100-elementer meget bra. Det som er det vesentlige er at treverket forkulles, så det tar lengre tid før den bærende konstruksjonen svekkes. I motsetning til stål tåler treverket den høye temperaturen ved et branntilfelle. Det elektriske anlegget og VVS er planlagt allerede i planleggingsfasen. En omgjøring etter at elementene er plassert kan bli avansert.

19 REFERANSER

19.1 FORSKRIFTER OG LOVER

Teknisk Forskrift. (1997) forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk, [Online] Lovdata. URL:<http://www.lovdato.no/for/sf/kr/kr-19970122-0033.html> (29.04.2010)

19.2 BØKER, NETTSIDER OG TIDSSKRIFTER

Brannvernforeningen [Online] URL: <http://www.brannvernforeningen.no/index.asp?id=27339> (18.05.2010)

Brannvernforeningen [Online] URL: <http://www.brannvernforeningen.no/Brannstatistikk/Antall-bygningsbranner> (18.05.2010)

Dale, O. H. Preikestolen fjellhytte. *Byggeindustrien*[Online] URL:<http://www.bygg.no/id/40821> (10.05.2010)

Dovrehytta (2004) En fjellcafé i Rondane [Online] URL:<http://www.dovrehytta.no> (10.05.2010)

Espedal, K. J. (2007) Varmeisolering. I:Ekeli, T. red. *Bygningsfysikk*. Lillestrøm: Byggenæringens forlag AS, s. 63-83.

Fallsen, H. (2009) Konstruksjonslære I. Upublisert manuskript

Fallsen, H. (2010) Stål og Tre Konstruksjoner. Upublisert manuskript

Glava (2010) Skillevegger [Online] URL:<http://www.glava.no/konstruksjoner/skillevegger/forskjovet-trestenderverk-med-dobbel-plateledning/> (07.05.2010)

Haukøy, J & Zickfeldt, W. (1978) *Tysk-Norsk Ordbok*. Oslo: Kunnskapsforlaget

Kittelsen, R (1999) Materiallære *Trearbeid –en innføring*. Oslo: Universitetsforlaget AS, s. 55-123.

Kittelsen, R & Rødningsby, H (2002) *Snekkerboka* Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS, s. 153-157.

Larsen, Jan-H. (2002) *Tegning for snekkerfaget*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS

Treteknisk (2007) *Bygge med Massivtreelementer*. Oslo: Norsk Treteknisk Institutt

Veiledning til Teknisk Forskrift §7-1–§7-21 [Online] URL: www.be.no

19.3 BILDER OG FIGURER

Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk, Byggdetaljer 421.401 Lydutbredelse og støy. Grunnbegreper. Figur 424.

Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk, Byggdetaljer 421.402 Romakustikk og lydisolering. Grunnbegreper. Figur 711.

Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk, Byggdetaljer 421.402 Romakustikk og lydisolering. Grunnbegreper. Figur 8.



Bilde: Hus i brann, Trondheim. Av Dag-Asle Langø [Online]

URL:<http://huseierne.jalbum.net/Fotokonkurransen%20-%20Hus%20&%20Bolig%20100%20%C3%A5r/slides/Hus%20i%20brann,%20Trondheim%20-%20Dag-Asle%20Lang%C3%B8.html>

Detaljtegninger av hus mottatt av Holz100

19.4 PROGRAMVARE BENYTTET

- Microsoft Word 2007 & 2010(beta)
- Microsoft Excel 2010 (Beta)
- Microsoft PowerPoint 2010(beta)
- Adobe Photoshop CS4
- Autodesk AutoCAD 2011
- Autodesk 3ds Max 9