

Jens Kristian Fauske
Åsmund Rokke
Tor Henning Sveen

Ombruk av eldre trevirke

Kvalitetskrav til virke

Mai 2022

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk

Bacheloroppgave

2022



Jens Kristian Fauske
Åsmund Rokke
Tor Henning Sveen

Ombruk av eldre trevirke

Kvalitetskrav til virke

Bacheloroppgave
Mai 2022

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden



Kunnskap for en bedre verden

Ombruk av eldre trevirke

Kvalitetskrav til virke

Jens Kristian Fauske
Åsmund Rokke
Tor Henning Sveen

Gradering: Åpen

Bachelor i ingeniørfag - bygg
Innlevert: 20. Mai 2022
Veileder: Marthin Landgraff

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk

| | | | |
|--|-------------------|-----------------|---|
| Oppgavens tittel: | Dato: 20.Mai 2022 | | |
| Ombruk av eldre trevirke | Antall sider: 83 | | |
| | Masteroppgave: | Bacheloroppgave | x |
| Navn: Jens Kristian Fauske Tor Henning Sveen Åsmund Rokke | | | |
| Veileder: Marthin Landgraff | | | |
| Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Andreas Stenstad, Norsk Treteknisk Institutt Ivar Ragnhildstveit, Omtre AS | | | |

Sammendrag:

Begrensningen med ressurser vi har og kan nytte, sammen med de miljøpåvirkninger som bruk av ressurser gir, er det et ønske å gjenbruke materialer. Vi har derfor i denne oppgaven sett på hvordan direkte ombruk av trevirke i konstruksjoner kan nyttes. Eldre trevirke har i dag ikke noen form for sortering som sier hvilket kvalitet det har. Man vil derfor vær avhengig av å kunne finne en metode som både er effektiv, og som enkelt lar seg nytte, og kan dokumentere de gitte kvalitetene knyttet opp til de vi i dag finne i standardene.

For å kunne dokumentere kvalitetene er det gjort test etter standardene NS-INSTA 142, NS-EN 408 og NS-EN 13183-1 for å se om virket ville kunne bli nyttet, og til hvilket formål som ville være best mulig.

Det var litt variasjon for hvilken styrke vi fikk ut etter å ha gjennomført testene, men resultatet viser at den maskinelle testen ga høyere kvalitet enn hva vi fikk ved den visuelle testen. Resultatet viste også at det var en sammenheng mellom målt kvalitet ved bøyetest og densiteten vi fikk ut.

Resultatet fra målingene vi gjorde viser at virket vil få en minste bøyemotstand på 35 N/mm^2 , noe som er bedre kvalitet enn det en i dag kjøper i butikk.

Flere av de parameterne vi har målt virket på, viser at det har gode kvaliteter som gjør det mulig å kunne nytte dem om igjen. Men vårt målegrunnlag er begrenset, og det vil være nødvendig å gjennomføre flere målinger før en kan gi en klar konklusjon på at det er slik. De resultatene vi fikk, viser at det bør jobbes videre med, og kan være en god løsning på å sikre at vi holder en større mengde av de materialene vi har i bruk over flere livsløp.

Stikkord:

| |
|-----------|
| Ombruk |
| Trevirke |
| Styrke |
| Sortering |

Gjøvik, 11. Mai 2022

Jens Kristian Fauske Å. Rokke
for Henning Sveen

Forord

Som avsluttende oppgave ved studie som byggingeniører ved Norges Tekniske og Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), har vi jobbet med ombruk av trevirke. Gruppen som har jobbet sammen består av Jens Kristian Fauske, Åsmund Rokke og Tor Henning Sveen, hvor alle har studert konstruksjonsteknikk på Gjøvik.

Oppgaven vi valgte, var gitt som et forslag fra NTNU og SirkTre i samarbeid, for å undersøke potensialet om gammelt, brukt virke kan brukes på nytt. Vi var tidlig ute med å velge oppgaven, da vi ønsket oss en oppgave som engasjerte og vi tenkte kunne være spennende. Det var også ønsket fra gruppen å velge en oppgave der det var mulighet å kunne gjøre både testing og få litt håndfast følelse med det en jobbet med.

Vi ble tidlig enige om at vi måtte komme i gang fra starten av det nyåret, slik at vi kunne få gjort så mye arbeid som mulig for å få et bredest mulig grunnlag for oppgaven. Det ble derfor allerede 3. januar tatt kontakt med SirkTre og veileder Marthin Landgraff for å prøve å få et så konkret mål som mulig. Etter hvert som oppgaven kom i gang fikk vi kontakt med Ivar Ragnhildstveit og Krisitne Nore, som kunne gi oss et konkret prosjekt der vi kunne få plukke ned og gjøre vurderinger av materialer fra en gammel garasje i Nes i Ådal.

Det har vært mye arbeid med oppgaven for å kunne komme så langt at vi kunne gjennomføre testing i lab. Det var nødvendig å gjøre en større jobb for å få tilgang til testemnene, men det har også gitt stor innsikt og spennende oppdagelser underveis. Sammen med god veiledning fra både interne og eksterne oppdragsgivere og fagpersonell, har det gitt mye jobb og mye læring i prosessen.

Vi ønsker derfor å sende en takk til: Marthin Landgraff for konkret og presis veiledning, og diskusjonspartner når en rekke spørsmål har dukket opp. Kristine Nore og Ivar Ragnhildstveit i SirkTre og Omtre for oppgave og veiledning ved en rekke praktiske utfordringer. Andreas Stenstad med flere ved Norsk treteknisk institutt, samt Thomas Haavi, Arild Øvergaard, og Pål Erik Enderud for støtte under deler av oppgaven.

Vi håper denne oppgaven kan bidra på veien til å utnytte ressursene vi har i samfunnet på en mer gunstig måte, slik at vi kan oppnå målene som er satt i Parisavtalen.

Gjøvik, Mai 2022

Jens Kristian Fauske, Åsmund Rokke og Tor Henning Sveen

Abstract

Since the world does not have an unlimited number of resources, we must make sustainable material choices when building. That way we could help slow down the climate changes. Burning and recycling of wood lets out tons of stored carbon dioxide every year. We believe that a large amount of this wood, could be used again, as it is, instead of being recycled. Hence the carbon dioxide would be stored for another life cycle.

To get a better grasp of this issue, we got a hold of an old garage, approximately 120 years old, and disassembled it. We picked out ten test subjects and did a visual grading of it, later comparing it to the results of a four-point bending test done in a professional laboratory.

We suspected the results would be better than the typical off the shelf construction material. That proved to be correct, in some ways by a large amount. Bending resistance was high, but its stiffness gave a lower result. The main reason for fracture, was twigs, even though they were small and few. This was distinct in our CT-scans of the fracture areas.

To conclude, we can say that previously use wooden construction, have a great potential for being used again. Because the extent of our tests was small, we cannot say that our numbers are certain. We also recommend further studies, with a greater number of tests, but also to test other properties of the material.

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|-----|
| Forord | iv |
| Abstract | vi |
| Innholdsfortegnelse | vii |
| Tabelliste | xi |
| Formelliste..... | xii |
| 1 Innledning..... | 1 |
| 1.1 Bakgrunn, tema, mål og problemstilling | 1 |
| 1.1.1 Bakgrunn | 1 |
| 1.1.2 Tema..... | 2 |
| 1.1.3 Mål og avgrensinger..... | 3 |
| 1.1.4 Problemstilling | 3 |
| 2 Teori | 4 |
| 2.1 Grunnlag for vurdering av virke | 4 |
| 2.1.1 Treets egenskaper | 4 |
| 2.1.2 Vekstvilkår | 5 |
| 2.1.3 Hogst | 6 |
| 2.1.4 Skurmetode..... | 7 |
| 2.2 Styrkenedsettende faktorer | 9 |
| 2.2.1 Naturlige virkesfeil..... | 10 |
| 2.2.2 Produksjonsfeil..... | 11 |
| 2.3 Fastsetting av klasse | 12 |
| 2.3.1 Bøyemotstand..... | 12 |
| 2.3.2 Skjærmotstand..... | 13 |
| 2.3.3 Trykk- og strekkmotstand | 14 |
| 2.3.4 E-modul..... | 15 |
| 2.3.5 Densitet..... | 16 |
| 3 Case/ Materialer | 17 |
| 3.1 Garasjen på Nes | 17 |
| 3.1.1 Garasjens oppbygging | 18 |
| 3.1.2 Anskaffet materiale | 20 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2 | Lovgivning og reguleringer | 21 |
| 3.2.1 | Fuktmåling | 22 |
| 4 | Metode..... | 23 |
| 4.1 | Kvantitativ metode | 23 |
| 4.2 | Beregninger | 23 |
| 4.3 | Sortering og kvalitetsbedømmelse av trevirke | 23 |
| 4.3.1 | NS-INSTA 142..... | 24 |
| 4.3.2 | NS-EN 14081 | 29 |
| 4.3.3 | NS-EN 408 | 29 |
| 4.3.4 | NS- EN 384 | 32 |
| 4.3.5 | NS-EN 13183-1..... | 32 |
| 4.3.6 | NS- EN 338 | 34 |
| 4.3.7 | CT-skanning | 34 |
| 4.4 | Statistikk | 36 |
| 5 | Resultater..... | 37 |
| 5.1 | Forprosjekt..... | 37 |
| 5.2 | Visuell bedømming..... | 38 |
| 5.3 | Maskinell test..... | 39 |
| 5.3.1 | Firepunkts bøyetest | 39 |
| 5.3.2 | Bøyespennning | 39 |
| 5.3.3 | E-modul..... | 40 |
| 5.3.4 | Densitet..... | 41 |
| 5.3.5 | Fuktighet..... | 41 |
| 5.3.6 | Bilder før og etter testing | 42 |
| 5.4 | CT-skanning | 42 |
| 5.4.1 | Bøyebrudd | 43 |
| 5.4.2 | Trykkbrudd..... | 45 |
| 5.4.3 | Skjærbrudd | 46 |
| 6 | Diskusjon og analyse..... | 47 |
| 6.1 | Nedplukking og sortering | 47 |
| 6.2 | Visuell bedømmelse | 48 |
| 6.3 | Fuktmålinger..... | 51 |
| 6.4 | Maskinell test..... | 52 |

| | | |
|-----|----------------------|----|
| 6.5 | Densitet..... | 53 |
| 6.6 | CT-skanning..... | 54 |
| 7 | Konklusjon..... | 56 |
| | Ordliste..... | 58 |
| | Litteraturliste..... | 60 |
| | Vedlegg..... | 63 |

Figurliste

| | |
|---|----|
| Figur 1: Illustrasjon av trefibrene ved forskjellig fuktinnhold, (Tronstad & Steiner, 201?)..... | 5 |
| Figur 2: Skurmønster i sjubords-stokk, (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012) | 7 |
| Figur 3: Firebords stokk, ((Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)..... | 8 |
| Figur 4: Gammel sagmetode, (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)..... | 8 |
| Figur 5: Nytt skurdmønster, (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)..... | 9 |
| Figur 6, Skjær, (Bell, Dimensjonering av trekonstruksjoner, 2017) | 13 |
| Figur 7: Trykk og strekk, (Bell, Dimensjonering av trekonstruksjoner, 2017)..... | 15 |
| Figur 8: Låven på Nes, her under dekonstruksjon, (Foto: Privat)..... | 17 |
| Figur 9: Sortering av virke hos Norsk Massivtre (Foto: Privat) | 17 |
| Figur 10: Produksjon i elementtrigg (Foto: Privat) | 18 |
| Figur 11: Takkonstruksjonen innenfra (Foto: Privat) | 18 |
| Figur 12: Bærende konstruksjon under gulv (Foto: Privat) | 19 |
| Figur 13: Avstiving og skjøter i tak (Foto: Privat)..... | 19 |
| Figur 14: Element av gammel kledning, (Foto: Privat) | 19 |
| Figur 15: Åringsbredde, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009) | 25 |
| Figur 16: Flatbøy, kantkrok og vindskjevhet, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009)..... | 26 |
| Figur 17: Hovedprinsipp, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009) | 27 |
| Figur 18: Gankvist, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009)..... | 27 |
| Figur 19: Kvistmå k, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009)..... | 27 |
| Figur 20: Kvistgruppe, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009) | 28 |
| Figur 21: Oppsett for bøyetest, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2012)..... | 30 |
| Figur 22: Avstander for uttak av emne til fuktmåling, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2002) | 33 |
| Figur 23: CT- Skanning gjort på lab NTNU, Gjøvik. (Foto: Privat) | 35 |
| Figur 24: Treverk sin kapasitet. (UiO, 2022) | 36 |
| Figur 25: Skjærbrudd (Foto: Privat)..... | 42 |
| Figur 26: Kolvbrudd (Foto: Privat) | 42 |
| Figur 27: CT av tverrsnitt til bøyebrydd. Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022) | 43 |
| Figur 28: Emne av bøyebrydd til CT (Foto: Privat)..... | 43 |
| Figur 29: CT av bøyebryddstverrsnitt med kvister. Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022) | 44 |
| Figur 30: Trykkbruddet (Foto: Privat) | 45 |
| Figur 31: Kvistens utstrekning gjennom trykkbruddet. Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022) | 45 |
| Figur 32: Skjærbrudd, tverrsnitt, CT. Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022)..... | 46 |
| Figur 33: Skjærbrudd, CT. (Foto, Privat) Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022) | 46 |

Tabelliste

| | |
|--|----|
| Tabell 1: Oversikt over testet virke | 20 |
| Tabell 2: Fasthetsklasser og sorteringsklasser med tilhørende densitet | 25 |
| Tabell 3: Noe av det vurderte virke | 37 |
| Tabell 4: Målte verdier og visuelt bedømte kvaliteter av virket. | 38 |
| Tabell 5: Resultat fra bøyetest | 39 |
| Tabell 6: E-modul etter test | 40 |
| Tabell 7: Resultat fra densitetsprøver | 41 |
| Tabell 8: Fuktmålinger fra densitetsprøver | 41 |
| Tabell 9: Styrkeklasse til ulike test typer | 53 |

Formelliste

| | Formel nr. | Sidetall |
|----------------------------------|------------|----------|
| Formel: Skjærmotstand | 2-1 | 13 |
| Formel: Skjærspenning | 2-2 | 14 |
| Formel: Densitet | 2-3 | 16 |
| Formel: Kvistandel | 4-1 | 28 |
| Formel: Global Elastisitetsmodul | 4-2 | 31 |
| Formel: Elastisitetsmodul E_0 | 4-3 | 31 |
| Formel: Bøyefasthet | 4-4 | 32 |
| Formel: Fuktprosent | 4-5 | 33 |

1 Innledning

1.1 Bakgrunn, tema, mål og problemstilling

1.1.1 Bakgrunn

Verden jobber i dag mot en sirkulær økonomi, hvor målet er å få mest mulig ut av de begrensede ressursene vi har. Dette målet skal nås ved å i størst mulig grad bruke et produkt så lenge det fysisk lar seg gjøre. Grunnet byggebransjens omfattende størrelse, vil selv moderate forandringer gjøre stor forskjell globalt, spesielt nord i Europa, da det her er brukt stor grad av tre tidligere. Som en av de tre mest brukte byggematerialene, står treverk for bærekonstruksjonen i mange bygninger på verdensbasis, spesielt i Norge. Norsk institutt for bioøkonomi rapporterte i 2017 at det ble samlet inn 778 tonn returtre rundt om i landet. Dette kommer fra store og små prosjekter på landsbasis. De meldte at om lag 95 % av dette ble brent i en energigjenvinningsprosess. (Norsk institutt for bioøkonomi, 2019)

Det er i samfunnets ønske å nytte materialet i sin opprinnelige form, så langt det lar seg gjøre. I henhold til resirkuleringspyramiden, er det ønskelig å benytte seg av materialene i størst mulig grad før en sender dem videre ned i pyramiden. Med andre ord; bruk på nytt, deretter resirkuler. (Nilsen, 2021)

Det finnes i dag flere kilder som viser at returvirke i stor grad kan benyttes videre, slik at man unngår å brenne det. NMBU-studentene Amundrød og Trommald skrev i sin master-oppgave om hvordan returvirke kan benyttes som de midtre sjiktene i nye krysslaminerte massivtreelementer (Trommald & Amundrød, 2020). Den bruken er et veldig godt alternativ til brenning, også for trevirke som ikke er av beste kvalitet. Det finnes mye trevirke i eldre norske bygg som sannsynligvis kunne vært brukt direkte på nytt. Trommald og Amundrøds virke kom rett fra byggeplass, hvorav noe aldri hadde vært nytt til konstruksjon, men heller var avkapp og emner med skader som gjorde dem mindre aktuelle til nytt bruk.

Som et overordnet mål for verdenssamfunnet, ønsker vi i dag å redusere de klimapåvirkninger vi har påført kloden. Gjennom Parisavtalen kom en frem til en målsetting om 2 grader, og for å løse det, har FN satt opp 13 delmål som skal forenkle måloppnåelsen. Som et av disse

målene, er punkt 12 «Ansvarlig forbruk og produksjon» (FN-sambandet, 2022). Dette punktet legger spesielt vekt på å utnytte de ressursene vi har så langt det går, samt å redusere avfall i størst mulig grad. Man kan derfor si at ved å bruke konstruksjonsvirke videre i nye konstruksjoner, er man i aller høyeste grad med på å dra i riktig retning når det gjelder bærekraftsmålene.

Vi kan se på en enkel gjennomsnittlig eneboligbolig i Norge, som binder mellom 14 og 22 tonn CO₂, litt avhengig av hvilken type bolig og utforming den er gitt. Det er kjent at ved hvert tonn trevirke som brukes, bindes det 1,8 tonn CO₂. Slik at jo større masse en klarer å bruke på nytt, jo større er potensialet for å binde klimagasser. Med et potensiale på 251 020 tonn i 2020, har en mulighet til å kunne kraftig redusere den mengden som blir sluppet fri gjennom forbrenningsprosesser. Hvis en da innen 2030 når målet med å ha brukt om igjen 100 000 tonn av dette materialet i året, vil en kunne redusere det norske CO₂-utslippet med 180 000 tonn. Med et totalutslipp på 49 300 000 tonn CO₂ for Norge i 2020, vil dette være en bidragsyter som kan være med å sikre at vi etter hvert når målene som er satt i Parisavtalen. (Statistisk sentralbyrå, 2022)

Penger og naturressurser spart og bevart er et stort og spennende tema, men denne oppgaven vil fokusere på de mekaniske egenskapene til det returnerte trevirket. Vi vil se på hvorvidt det lar seg gjøre å ta ned og bruke gammelt konstruksjonsvirke videre på en mest effektiv mulig måte.

1.1.2 Tema

Denne oppgaven er en del av SirkTRE-prosjektet som startet ved årsskiftet 2022. Prosjektet består av 28 partnere og en rekke underleverandører, hvor alle har som mål å samarbeide for å etablere en sirkulær verdikjede for treindustrien. Prosjektledende er Omtre AS, som også er oppdragsgiver for denne oppgaven. Prosjektet går over en treårs periode, og har som mål å benytte 250 000 m³ med returtre til ny bruk. Dette skal binde om lag 500 000 tonn CO₂ i et nytt livsløp for nye bygg. (Norsk Treteknisk Institutt, 2021) (SirkTre, 2021)

For denne oppgaven innebærer det å undersøke konstruksjonsvirket fra et bygg Omtre har kjøpt til formålet. Dette er anslagsvis den første garasjen på Nes i Ådal, og har sin opprinnelse nært århundreskiftet 1900. Det bestod av bindingsverk med et innvendig påbygg for avstivning, samt et dæltak på sperrer. Detaljer om dette kommer senere i oppgaven.

1.1.3 Mål og avgrensinger

Overordnet mål for oppgaven er å bidra til løsninger som kan hjelpe byggebransjen og treindustrien med å kaste mindre materialer. Målet er heller å bruke virket om igjen slik det er, for å få mest mulig ut av ressursen.

Et mer spesifikt mål, er å finne ut i hvilken grad man kan si det er mulig å bruke konstruksjonsvirke fra et bygg som er igjennom sitt livsløp, i nye bygg. Dagens standarder for styrkeklassifisering og sortering gjelder kun for trevirke som akkurat er igjennom hogst. Dermed gjelder ikke standardene for virke eldre enn det, og således heller ikke for vårt, som er drøye hundre år gammelt.

For å gjøre en ombruksprosess til et attraktivt og aktuelt valg for en byggherre, er det nødt til å være både tids- og kostnadseffektivt. Da må virket ha en pris som kan konkurrere med andre alternativer, og være mulig å ta i bruk relativt kort tid etter bestilling. Dette krever at man raskt og enkelt må klassifisere virket, med så få steg som mulig.

1.1.4 Problemstilling

«Kan man ved testing finne en kvalitet på brukt virke, slik at det kan reklassifiseres til videre bruk som konstruksjonsvirke?»

2 Teori

2.1 Grunnlag for vurdering av virke

For å definere virkets styrke, er det flere aspekter som er viktige å se på. Treverk har lenge vært viktig for norsk historie og byggemetoder. Av den grunn finnes det utallige bygg i tre spredt over landet. Flere av dem er mange hundre år gamle, og noen over tusen. Det er med andre ord mye treverk som kan få nytt liv. Dette understreker også hvor lenge man kan beholde treverk om man tar godt vare på det.

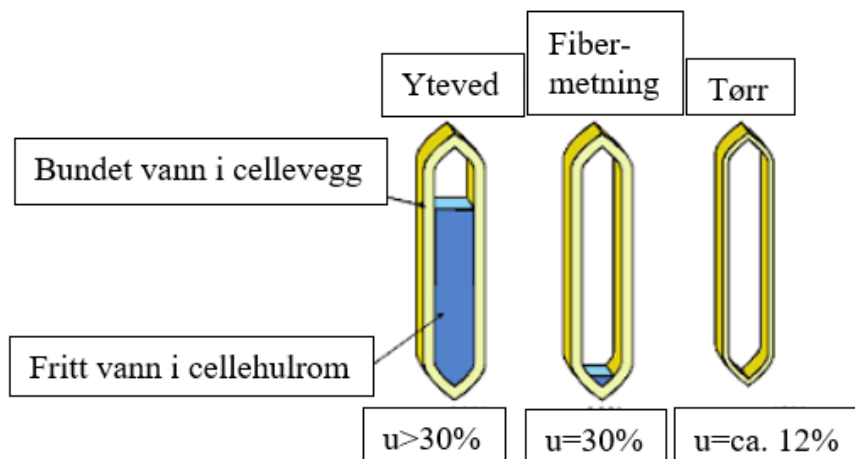
Det vil i dette kapitlet bli gjennomgått hvilke faktorer som er av betydning for virkets oppførsel og egnethet for videre bruk.

2.1.1 Treets egenskaper

Treet har gjennom mange år vært en av de mest brukte byggematerialene, spesielt i det store områdene som inngår i Taigaen. Grunnen til dette er dets lette formbarhet, god tilgang og gode egenskaper. Fordi materialet er hygroskopisk og anisotropisk, oppfører det seg annerledes ved lastpåkjenning i forskjellige retninger, og ved forskjellig fuktinnhold. Dette gir tre som byggemateriale mange bruksområder.

Det som i hovedsak bestemmer styrken til et tre, er densitet, altså tettheten på materialet. Karakteristisk densitet for dagens konstruksjonsvirke i klasse C24 er på 350 kg/m^3 , og klasse C30 med densitet 380 kg/m^3 .

De tre viktigste bestanddelene av treet, som i størst grad bestemmer dets egenskaper, er cellulose, hemicellulose og lignin. Man finner om lag 40-60 % cellulose i et tre, 6-30 % hemicellulose, og 18-40 % lignin (Norsk treteknisk institutt, 2009). Cellulosen er lange disakkarider, mens hemicellulosen er korte disakkarider. Disse er buntet sammen i lengderetning i en form som skaper et indre hulrom. Sammen danner disse veggene i trefibrene. Lignin fyller hulrommene mellom de forskjellige buntene med cellulose, og binder dem sammen. Dermed har mengden av de forskjellige sammensetninger av de tre hovedmaterialene noe å si for densiteten.



Figur 1: Illustrasjon av trefibrene ved forskjellig fuktinnhold, (Tronstad & Steiner, 201?)

Samtidig vil fuktinnholdet i treet også påvirke densiteten. I naturlig tilstand inneholder treet over 30 % vann. Det er det som er fibermetningspunktet til tre. Når fuktinnholdet kommer under dette punktet vil hulrommet i trefibrene være tomme, og videre uttørking trekker vann fra fiberveggene. Dette fører til at veggene krymper (se figur 1), og det kan oppstå virkesfeil som tørkesprekker. Ved anskaffelse av konstruksjonsvirke i dag, vil det treet man får fatt i stort sett ha et fuktinnhold på om lag 15-18 %. Det er altså vanlig at virket har mindre tørkesprekker, men det aller verste skal være plukket vekk under sortering. (Tronstad & Steiner, 201?)

2.1.2 Vekstvilkår

Som tidligere nevnt er treet sterkest når det har høy densitet, eller høy tetthet. Den oppgitte densiteten man får er basert på målinger gjort på et helt prøvestykke, og tallet man får er av de 5 % dårligste resultatene. Dette kalles 5 %-fraktilen, og er en konservativ sikkerhetsmargin som sikrer at 95 % av alt tre man får fatt på er bedre enn den oppgitte verdien. Om vinteren er trærne i dvale. Når våren kommer, skyter veksten fart og vokser raskt. Etter hvert som sommeren kommer sakter denne prosessen ned, helt til det igjen er i dvale. Dette er det vi ser som årringer i treet, lyse og mørke ringer. Vårveden er lys, og sommerveden er mørk. Fordi sommerveden vokser saktere enn vårveden, får den tettere trefibre med tykkere vegger. Dette fører til økt densitet, hardhet, i de mørke delene av årringene. Slik at det er virkets tetthet, samt passe avstand mellom årringene som sikrer den beste kvalitet. (Norsk treteknisk institutt, 2009)

2.1.3 Hogst

Måten vi hogger og tar ut skog har endret seg drastisk i løpet av de siste 100 årene. Fra at man i flere århundrer hadde drevet med plukkhogst spesielt tiltenkt det enkelte byggeprosjekt, til dagens metode med flatehogst av maskiner og tømning av større skogområder av gangen.

Frem til motorsaga kom i bruk, var valg av virke mens det fortsatt stod på rot en svært viktig del av jobben for de som drev med hogsten. På den måten sikret en seg at bare de emnene som var best og tilegnet de enkelte prosjektet ble tatt ut og nyttet. Dimensjonshogst var nyttet fram til 1900-tallet da industrialiseringen av skogbruket skjød fart (Wallin, 1990). Men det medførte at en etter hvert fikk en skog som var mindre produktiv, da det stod igjen mange store trær som tok opp næring og slapp lite lys til skogbunnen. Det førte til at det ble en lavere reetablering av nye trær, og derfor blir en etter hvert tvunget til å endre loven for bord som var knyttet til sagbruksprivilegiet.

I heftet «Var virket bättre förr» som ble laget i samarbeid mellom den svenske riksantikvaren og Nordiska Museet, blir det hentet inn muntlig kunnskap fra en rekke områder rundt i Sverige. Der pekes det på at tilgangen på materialet, og hvor i landet en befinner seg, har stor innvirkning på hva slags virke som ble valgt. Det er stor likhet mellom norsk og svensk skogbruk og tradisjonen for hvordan det har vært nyttet, og det er derfor å kunne anta at mye av det samme har vært med å påvirke de valgene som ble gjort i Norge. Siden det i Norge er enda større variasjoner i landskapet og terrenget, vil det nok også ha påvirket tilgangen på virke i enda større grad (Riksantikvarieämbetet og Nordiska museet, 1982). Gjennom den informasjonen som ble samlet inn, var det flere som pekte på at det var nyttet materialer som kunne ha feil eller mangler, men som en ved riktig bruk kunne utnytte godt.

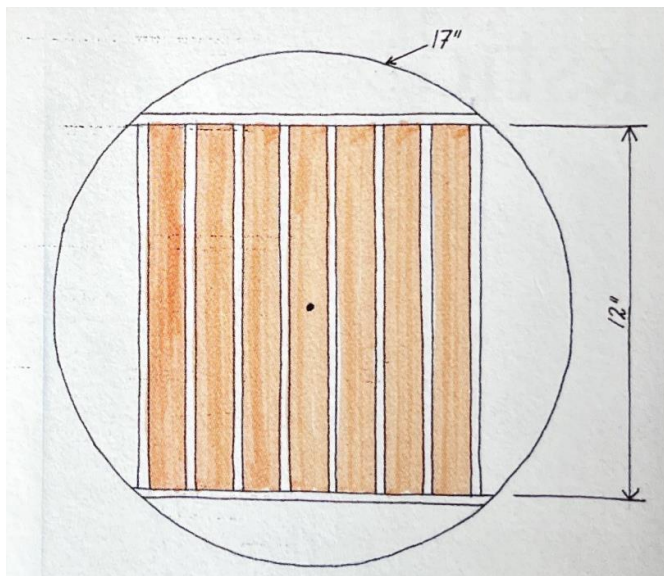
For at et tre skulle bli tatt ut som virke til et fremtidig bygg, var det en rekke kriterier som ble lagt til grunne og som det ble vurdert etter. Det måtte et trent øye til, og god kunnskap om treets vekst og alder før det ble tatt ut til bruk. I deler av landet ble det gjort forarbeid for uttak av virke i opptil ti år før treet skulle felles. Flere steder der en hadde tatt ut store deler av det omfangsrike og fineste tømmeret, måtte en gjøre tiltak for å sikre god kvalitet. Det ble gjort ved å hogge av toppen og deler av kvisten på treet, slik at det kunne få større andel av malm i stokken, som fungerer som naturlig impregnering. Fra treet var beskåret til det ble hogget, tok det ofte seks til åtte år. Da hadde store deler av veden fått rikelig med malm (feitved), og det var klart til bruk. Videre ble det sett på tegn som viste at treet hadde kommet over i en

aldringsprosess, slik som at toppen var flat eller tørr, barken var flakete, og årringene var smale i de ytre lagene. For gran var tegn som hvordan kvisten stod ut fra stammen, tegn på hva treet ville kunne nyttes til. Det var tegn som hengekvist og spikerkvist. Virke som ble benyttet til reisverk og sperreverk, hadde ofte vankant på alle fire hjørnene i toppen, og det ble sett på som «umål» å nytte virke som gav fulle kvadratiske tverrsnitt. (Godal J. B., Tre til laft og reis, 1996)

Dagens metode for hogst er flatehogst av større teiger eller områder med ensartet og aldersstyrt skog. Det har gitt større avvirkning, og det har også ført til gjennomsnittlig høyere kvalitet på trærne som en tar ut fra hvert område. Det gjør det også lettere for nyplantede trær å vokse opp. Sammen med foredling av planter, har en fått trær som er bedre tilpasset dagens bruk og vekstområder.

2.1.4 Skurmetode

På slutten av 1400-tallet var teknologien med oppgangssager kommet så langt at den spredte seg utover landet. Det ble etter hvert sagt så mye og mot slutten av 1600-tallet, at styresmaktene var redde for at skogene skulle tømmes for egnet tømmer. Det førte til at det ble satt i gang undersøkelser, og i 1688 ble sagbruksprivilegiet innført for å regulere mengden og kvaliteten på tømmeret som ble tatt ut. Reguleringen førte til at mengden med skjært

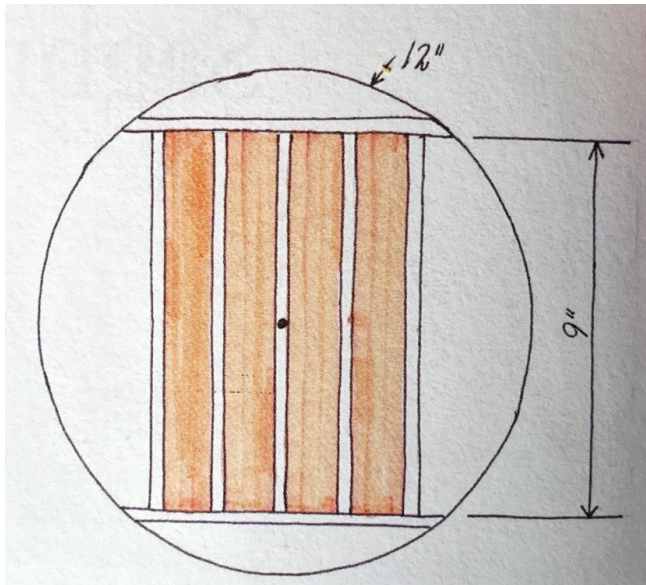


Figur 2: Skurmønster i sjubords-stokk, (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)

materiale ble kraftig redusert, samtidig som de med sagbruksprivilegiet fikk en økt posisjon og inntekt. Som et krav i privilegiet var det beskrevet hvordan stokkene skulle deles, og hvilken størrelse bordene skulle få. Den første reguleringen sa at stokken skulle være 17 tommer (omtrent 45cm) i toppende, slik at en skulle få sju bord som var 12 tommer (30 cm) brede. Stokkenes lengde skulle være mellom 270 og 400 cm.

I 1725 ble denne reguleringen endret til at stokkens toppende skulle ha 12 tommer (omtrent 31 cm), og skulle gi fire bord som var 9

tommer (omtrent 23 cm) bredde. Denne reguleringen var gjeldene frem til 1860, da sagbruksprivilegiet ble fjernet. I hele denne perioden hadde det vært bygdesager som sagde virke for bruk lokalt, og som ikke var underlagt reguleringen som sagbruksprivilegiet hadde gitt.

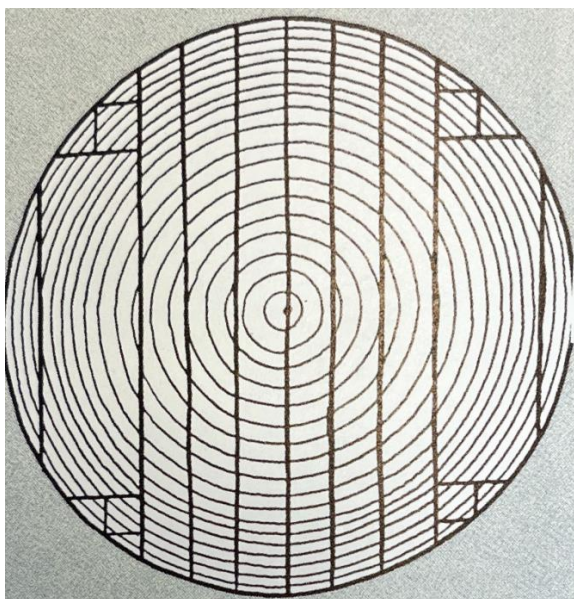


Figur 3: Firebords stakk, (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)

Etter opphevingen av sagbruksprivilegiet, var det ikke noen skrevet regulering for hvordan virket skulle være, men mange steder fortsatte man med de gamle reguleringene. Men man fikk noen nye mål, som halvbord, som da var delte 9 tommers bord. (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)

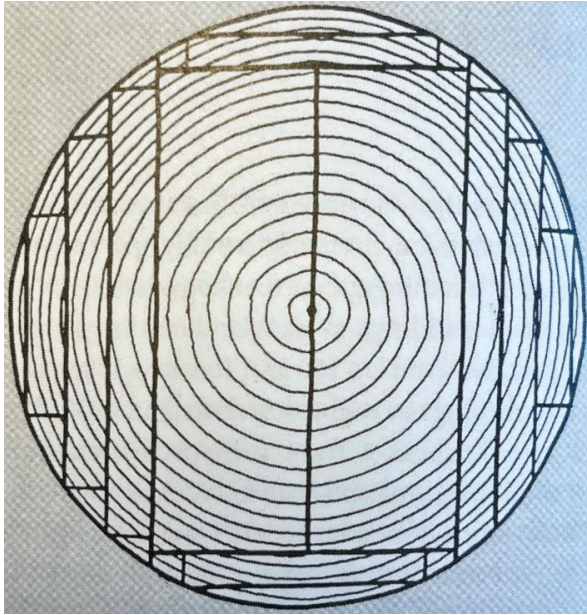
Når sirkelsagene etter hvert tok over gjorde det at en fikk bord som var tynnere, og det ga mulighet til å utnytte

stokken på nye måter. Det førte også til endring i hvordan en utnytter stokken, og hvordan den blir skåret.



Figur 4: Gammel sagmetode, (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)

Med den gamle metoden, valgte en å skjære de slitesterke bordene fra midten av stokken, og de bøyesterke fra ytterkanten av stokken. Dermed kunne en nytte virkets optimale egenskaper til det som var best egnet. Med overgangen til sirkelsager, endret denne skjæremetoden seg for å kunne få ut større emner til plank. Men det førte også til at det som var den slitesterke veden i kjernen av stokken, ble brukt til bøyesterk plank, og bordene på ytterkantene ga bæresterk, men sprekksvak ved. Man benyttet ikke lenger treets mest gunstige naturgitte styrker i stammen.



Figur 5: Nytt skurdmønster, (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)

Både fjerningen av sagbruksprivilegiet og framveksten sirkelsagen førte til en stor vekst i sagbruksindustrien, og skogbruket vokser frem som et selvstendig fag. Det blir slutt på plukkhogsten, og bestandsskogbruket blir etter hvert det som setter føringen for forvaltningen. (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)

I årene etter krigen var det et stort behov for materialer for å gjenoppbygge landet, men det var få skriftlig regulering gjeldene for kvalitet, styrke og sortering. Det var gammel kunnskap som fantes blant de som jobbet på sagbrukene som sikret hva som ble produsert og sortert.

2.2 Styrkenedsettende faktorer

Som et naturprodukt er det svært mange ting som virker inn på hvordan styrken på trevirket blir påvirket gjennom hele prosessen fra frø til ferdig skjært material. Her kan ting som genetisk arv i planten, valg av type plante, næringsforhold på voksested, vær og nedbørsforhold gjennom vekstperiode, hendelser i område rundt plantefeltet, valg av hogsttid og hogstperiode, hogstmetode, transport, tørking, skjæring, ettertørk, valgt bruksmetode, plassering, klimapåvirkning ved bruk, behandling av overflate eller impregnering ha mye å si. Dette er noen av de kjente punktene som er med å påvirke hva slags kvalitet som en ender opp med i en konstruksjon. Hvis en ikke er kjent med mange av disse, og hvordan de kan medvirke til konstruksjonens evne til å tåle belastning, kan det i verste fall føre til at et det kan oppstå brudd eller skader på konstruksjon. Vi kan dele disse punktene inn i to

hovedgrupper, naturlig virkes «feil», som kommer av forhold treet har blitt påvirket av under vokseperioden. Produksjonsfeil er ting som oppstår som påvirkning av menneskelig feil eller handlinger fra treet blir hogget og resten av levetiden.

2.2.1 Naturlige virkesfeil

Treet påvirkes av på samme måten som andre biologiske materialer av det genetiske arvematerialet som det bærer i seg. Derfor har produksjon av nye planter blitt en svært nøyaktig biologisk utvelgelse for å sikre at bare de trærne med rake stammer, jevn vekst, passe med greinsetting, og så lite kvist som mulig, blir avlet videre. Tidligere hadde en ikke samme tilgangen til nyplanting som vi har fått med det moderne skogbruket, og det ble basert på at en satte igjen gode frøtrær som skulle sikre at det vokste opp igjen ny skog i de områdene som det ble drevet utstrakt hogst i. Med den moderne omplantingen velger en trær som er godt tilpasset området, og som tåler været og klimaforhold som en finner der, samtidig som en sikrer at bare de best egnede plantene får etablere seg.

Som landskapet varierer, varierer også jordsmonnet der trærne vokser, og tilgang på næringsstoffer i grunnen. Det påvirker hvor fort treet vokser, og hvilken kvalitet det vil være på virket i det. Ved enkelte mangler på næringsstoff er det større risiko for det kan oppstå sykdom eller endret vekst som kan påvirke treet's kvalitet. Med tidligere, større, og mer utstrakt bruk av utmark ga det naturlig gjødsling fra husdyr, som i dag blir kompensert med industrielle metoder.

Vær, klima og nedbørsforhold kan påvirke sterkt hvordan skogen vokser og hvor store årringer det gir. Ved valg av planter som vokser for fort på grunn av at de er tiltenkt et hardere klima, kan det gi årringsbredder som er for store, og dermed har dårligere styrke og tetthet i virket. Med tørre vår- og sommerperioder kan det gi ved som pines, og blir derfor svakere da det mangler vann i den perioden som treet vokser mest. Det kan da gi årringer som er svake og som det lettere oppstår kolvbudd i, og hvor bruddet vil følge mellom vår- og sommerved ved det gjeldende året. Trær som vokser i kraftige helninger, får ofte tennarved, også kalt trykkved, som kompenserer for å holde treet oppreist. Når slik ved blir skjært og tørket, kan det ofte gi virke som bøyer på den siden som tennarveden har vokst. På samme måte kan tre som vokser på utspring og steder der solgang får påvirket treet hele dagen, gi tre som vrir seg med solen gjennom døgnet. Det gir da trevirke som er tvunnet, og vil gi materialer som ofte

vil få samme bøyning, og er derfor ikke egnet. Ved store snøfall eller kraftig vind, kan trefall, brudd eller rotvelter oppstå som gjør at treet får skader eller endret vekst. Det fører ofte til anomaliteter for virket som fortsetter å vokse, og er derfor uegnet i mange sammenhenger.

Ved flatehogst i områder vil det ofte gi store områder som lettere blir utsatt for vær, og der en gjennomfører dette stripevis med noen års mellomrom, kan det føre til vindkorridorer som gjør at det oppstår skjevheter i trærne. Det vil ofte føre til at trærne prøver å motvirke vinden ved å gjøre seg stivere på den ene siden av stammen for å motvirke vinden.

(Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012)

2.2.2 Produksjonsfeil

Fra det punktet vi setter motorsaga i treet, er det feil som vi mennesker gjør som påvirker hvordan kvaliteten på treet blir. Det er for eksempel felling, da bøy og spenn i treet kan oppstå. Ved oppkapping i tilpassede lengder for transport, og avpassing med rotstokk, andrestokk og skatstokk, alt etter emnets lengde og utforming. Fra gammelt var alle disse tiltenkt hvert sitt bestemte bruksområde, og ble derfor sortert deretter, mens en i dag kjører alt sammen igjennom samme system.

Tidligere var hogst av skog noe som ble gjort i vintermånedene da det var frost, slik at det ga bedre tid før en måtte få tømmeret ut av skogen. Det ga mindre mulighet for at det skulle oppstå endringer i virket før det ble fløtet og saget. Gjennom fløtingen ga det en mer langsom prosess på hvor fort tømmeret tørket ut, dette påvirker hvor mye sprekker som oppstår etter saging. I dag blir hogsten gjennomført gjennom hele året, med snakk om bare noen dager fra treet er felt til det ligger i lunner klart for tørking på sagbrukene. Ved å la tømmeret tørke med barken på, særlig for granvirke, gjør det at garvesyren i barken trekker inn i virket som en naturlig impregnering. Det er ikke tallfestet hvor mye lengre denne påvirkningen gjør at treet varer, men er kjent som en metode som har god innvirkning. (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012). Ved å tørke med barken på, oppstår det mindre sprekker i virket enn ved bart virke. Når det har tørket, får det en større stivhet, og rundtømmer som tørkes på denne måten slår seg mindre.

Som tidligere nevnt har metodene for hvordan vi skjærer tømmer endret seg, og det har også ført til at vi ikke lengre utnytter tømmerets egenskaper på den beste mulige måten. Det er

fordi den moderne skogindustrien har lagt større vekt på mengde og kvantitet fremfor kvalitet. Det gjør at en får et virke med dårligere kvalitet enn hva som er mulig å oppnå.

For å beholde trettens styrke og bæreevne, er en avhengig av å hindre at det blir utsatt for fukt og råtepåvirkning. Direkte sol på bærende konstruksjoner kan være uheldig da det gir stor uttørking og påvirkning på materialet gjennom UV-stråling. Hvis en klarer å hindre det, gir det virket svært lang levetid. Det kan gjøres gjennom flere metoder som tekking, kledning, overflatebehandling med brenning, tjære, beis, olje, maling osv. Her er det viktig at det er tilpasset hva som er formålet, slik at det over tid ikke er med å forringe kvalitet på virket. En naturlig måte å oppnå lang levetid på virket er å velge virke som inneholder mye feitved/malmved.

2.3 Fastsetting av klasse

For å bedømme hvilke kvaliteter virket tilhører, har en utvikla enda flere målepunkter som gir informasjon om hvilke kvaliteter en finner. Det er store forskjeller mellom både hvilke typer tresorter en jobber med, og mellom hvert enkelt tre. Det er derfor viktig at det gjennom bearbeidelsesprosessen blir gjort målinger som kan si noe om styrker og svakheter ved det enkelte emne. Gjennom målinger kan en hente ut verdier for flere parametere som bøyemotstand, skjærmotstand, trykkmotstand, E-modul og densitet. Men siden treet ikke er et konstant og uforanderlig materiale, må en ta høyde for at materialet ikke er ensartet og isotropt. Det gjør at en ved å ha det som vi kaller karakteristiske fastheter, som gir rom for naturlige variasjoner innenfor hver av de klassene vi sorterer virket i.

2.3.1 Bøyemotstand

Kombinasjon av strekkfasthet og trykkfasthet gir materialet bøyefasthet, og har stor betydning for materialets praktiske bruk. Ved optimale prøvestykker uten feil, skader eller sprekker, kan en oppnå en bøyespennning opp mot 70-100 N/mm². Det mest anvendte konstruksjonsvirket vil ofte ha en gitt bøyefasthet på 24 N/mm².

2.3.2 Skjærmotstand

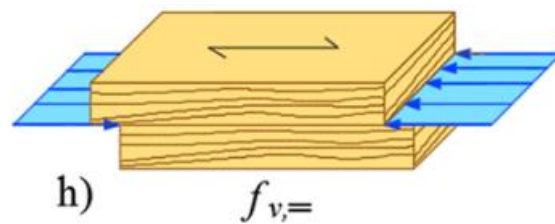
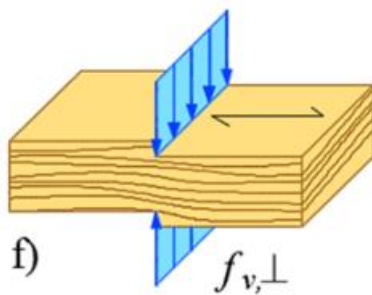
Skjærmotstand er materialets evne til å motstå krefter som treffer på tvers av materialets lengderetning. For at virkets skjærfasthet skal tåle den belastningen som den blir utsatt for, må den være større en skjærspenningen den blir utsatt for. For skjærmotstand skal være større en hva materialet kan ta opp må:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0 \quad (2-1)$$

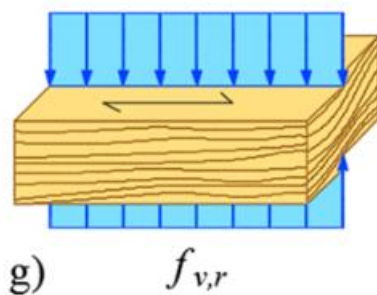
der

τ_d er dimensjonerende skjærspenning og

$f_{v,d}$ er materialets skjærmotstand.



Figur 6, Skjær, (Bell, Dimensjonering av trekonstruksjoner, 2017)



Materialets skjærspenning varierer over tverrsnittet, og dermed er den dimensjonerende skjærspenningen for rektangulære tverrsnitt:

$$\tau_d = \frac{3V_d}{2b_{ef} * h} \quad (2-2)$$

der

V_d er vertikal skjærkraft,

b_{ef} er $k_{cr} \cdot b$, hvor b er bredden av virket multiplisert med en gitt sprekkfaktor k_{cr}

og h er emnets høyde.

Skjærspenningen fordeler seg med en stigende spenning inn til midten av tverrsnittet, og har derfor ofte sin største utbredelse på midten av tverrsnittet. Det gjør at et eventuelt skjærbrudd vil oppstå som en avskjæring på tvers av fibre, eller som en forskyvning langsetter fibre. (Bell, Dimensjonering av trekonstruksjoner, 2017)

2.3.3 Trykk- og strekkmotstand

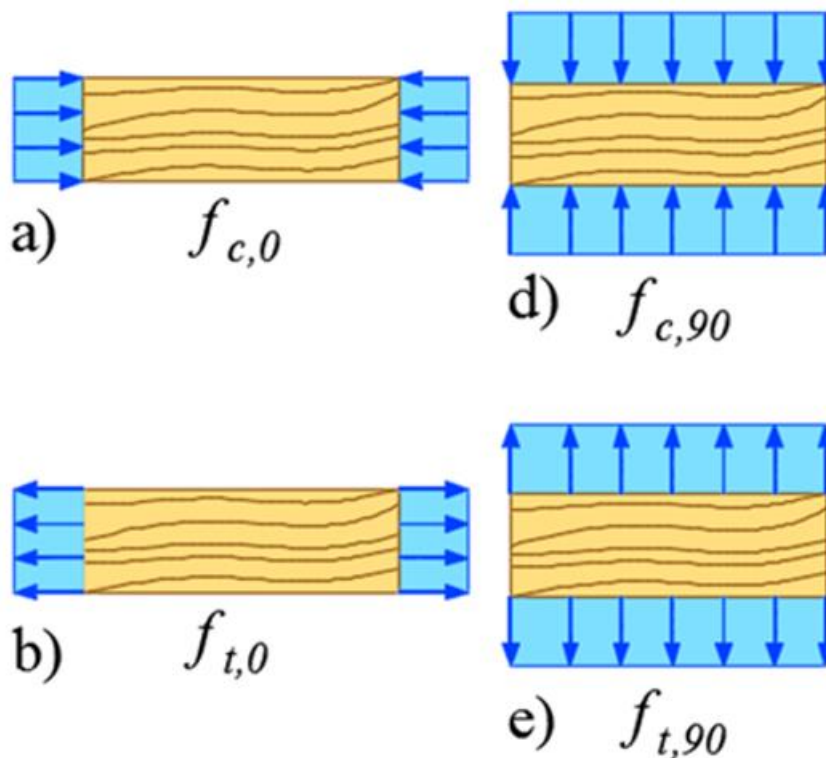
Trevirke har svært stor forskjell mellom hvor mye belastning virket vil kunne ta opp ved trykk- og strekkbelastning. Virket vil tåle langt større belastning ved trykk, enn ved strekk. Får en karakteristisk trykk- og strekkspenning på 21 N/mm² og 14,5 N/mm². Men det er gjort målinger som har gitt verdier 45-50 N/mm² for trykk, og 120 N/mm² for strekk.

$f_{t,0}$ er strekkfasthet i fiberretningen.

$f_{c,0}$ er trykkfasthet i fiberretningen.

$f_{t,90}$ er strekkfasthet tvers av fibre.

$f_{c,90}$ er trykkfasthet tvers på fibre.



Figur 7: Trykk og strekk, (Bell, Dimensjonering av trekonstruksjoner, 2017)

2.3.4 E-modul

For materialer som er tilnærmet homogene (eks: stål) og påvirkes likt i alle punkter, vil vi få et lineært elastisk materiale som har isotrope egenskaper. Det vil si at en får de samme mekaniske egenskapene i alle retninger i et tilfeldig valgt punkt (Bell, Konstruksjons mekanikk, Fasthetslære del 2, 2017). For trevirke som er anisotrop, vil ikke disse egenskapene være like alle steder i materialet og en er avhengig av hvordan det belastes. E-modulen beskriver hvorfor og i hvilken grad materialet vil endre seg når det blir belastet, derfor gis verdier for trevirke som flere punkter avhengig av hvilken retning belastningen blir påført.

$E_{0, \text{mean}}$ middelverdien av elastisitetsmodulen i fiberretningen

$E_{0,05}$ 5 % fraktilet av E-modulen parallelt med fibre

$E_{90, \text{mean}}$ middelverdi av E-modulen tvers på fibre

G_{mean} skjærmodulen langsetter fibre

Man gjør derfor målinger på små prøvestykker uten feil som gir et klart bilde på virkets kvalitet. Men vil vær et stykke fra hva som vil kunne nyttes i beregninger da en nytter en langt større del av materialet og virkesfeil som kvist og sprekker vil forekomme. (Bell, Dimensjonering av trekonstruksjoner, 2017) (Bell, Konstruksjons mekanikk, Fasthetslære del 2, 2017) Det nyttes ofte en E-modul på 11 000 N/mm² for konstruksjonsfasthet C24 i fiberretningen.

2.3.5 Densitet

Som et av materialets viktigste parameter, er densitet et sterkt tegn på kvaliteten da den sier mye om hvor fort treet har vokst. Når treet har en vekst som har vært optimal, gir det høy densitet, som forteller mye om hvor sterkt virket er:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-3)$$

der

ρ er massetettheten til virke

m er stykkets masse i kg etter tørking og

V er volumet av måleobjektet målt i m³

Densiteten til selve tresubstansen vi finner i celleveggene, er tilnærmet lik 1550 kg/m³ i absolutt tørr tilstand for alle treslag. Slik at det vi ser er forholdet mellom mengden med cellevegger og cellehulerom for det valgte virket. Det er altså mengden med hulrom som varierer mellom de forskjellige treslagene, og mellom kvaliteten innenfor hver enkelt sort.

3 Case/ Materialer

3.1 Garasjen på Nes

På bestilling fra oppdragsgiver, ble vi med til det som skal være Nes i Ådalens første garasje. Ifølge gårdseier skal denne være bygget rundt år 1900. Noe som kunne minne om et innvendig påbygg, var signert snekkeren selv med datering 1912. Det fantes diverse artikler i garasjen med påstemplet dato fra slutten av 1880-tallet.



Figur 8: Låven på Nes, her under dekonstruksjon, (Foto: Privat)

Bonden hadde tidligere brent treverk fra bygg de ikke lenger trengte, men ønsket denne gangen å kunne bidra til at treet fikk nytt liv. Med flere kunder som var interesserte i trevirke med gode egenskaper og et eldre uttrykk, var vi og oppdragsgiver i gang med rivning. Det var bistand fra et lokalt entreprenørfirma, se Figur 8, som stilte med gravemaskin og dyktig fører. På få timer var låven plukket fra hverandre.

Videre havnet trevirket noen minutter lenger opp i dalføret, for lagring hos Norsk Massivtre på Begna. Under dets opphold der, lå det i en oppvarmet produksjonshall. Der ble materialene sortert og merket etter dimensjoner og bruksområder, samt tømt for mesteparten av spiker som satt i. I henhold til byggets alder, var spikerne kraftige, og smidd selv. Til Begna kom også en representant fra Norsk Treteknisk Institutt for å bistå oss i å plukke ut emner som senere skulle testes på deres laboratorium i Oslo. Grunnet byggemetoden som var benyttet under



Figur 9: Sortering av virke hos Norsk Massivtre (Foto: Privat)

konstruksjonen av garasjen, var det flere bjelker, men særlig stendere, som var uegnede til maskinell testing. Dette var grunnet utsparinger og andre tilpassinger som man på forhånd ville visst at var utløsende grunn til et brudd. Etter utplukking av 10 passende testemner, ble

de sjekket mot standard INSTA 142 for visuell kontroll, også med assistanse fra representanten fra Treteknisk. På stedet ble også fuktinnholdet målt til et snitt på om lag 12 %.

Materialene vi selv ikke hadde bruk for ble solgt videre til de interesserte. En del av det ble sammenføyd i Norsk Massivtre sin gamle elementrigg. Dette var vellykket, se figur 10, selv med små skavanker og utsparinger. Videre skulle noen av disse elementene brukes i en badstue på Kadettangen i Sandvika utenfor Oslo.

I påvente av testing på lab, ble virket oppbevart i NTNU i Gjøviks bygglab i Mustad Næringspark, hvor det holdt romtemperatur. Testingen hos Treteknisk bestod av en firepunkts bøyetest i henhold til norsk standard 408. Begge teststandardene vil bli beskrevet i detalj under punkt 4 Metode i oppgaven.



Figur 10: Produksjon i elementrigg (Foto: Privat)

I tillegg til den visuelle og den maskinelle tesingen, valgte vi å benytte oss av skolens fasiliteter for CT-skanning. Dette for å få et bredere sett med data å arbeide med, og fra et noe annet perspektiv.

3.1.1 Garasjens oppbygging

Gården hvor garasjen stod, driver en aktiv forvaltning av skogen som er på eigendomen og det har vært avvirkning gjennom lengere tid. Da bygget ble satt opp var det vanlig med plukkhogst, i motsetning til flatehogst som i dag er anvendt. Man kan derfor anta at trevirket har vesentlig styrke og gode egenskaper.

Bygget bestod av et bindingsverk med stendere på 100x125mm. Disse hadde mindre avvik i begge akser. Som resten av komponentene i bygget, finner man i stenderverket den yngste veden til treet i kjernen av



Figur 11: Takkonstruksjonen innenfra (Foto: Privat)

stenderne. De er dermed kun nedskåret rundtømmer. Stenderne var tilpasset i en slik grad at dette ikke var åpenbart før man så tverrsnittet. Særs lite vankant.

Den bærende konstruksjonen under gulvet bestod derimot av kun rundstokker, se figur 12.

Diameteren på tverrsnittet til stokkene var jevnt over 15 cm. Disse bar i stor grad preg av fukt, og lite av treverket egnert seg til maskinell testing. I henhold til standard for testing, kan en heller ikke benytte rundstokk uten videre.



Figur 12: Bærende konstruksjon under gulv (Foto: Privat)

Taket var av et selvbærende sperretak, og med en avstand på cc 100 cm som vist på figur 11.

Tversgående dragere anlagt på toppsvillen i stenderverket, holder oppe langsgående dragere som støtter trykkstagene i fagverket til sperrene. De tversgående dragerne lå imellom en dobbel toppsvill, og var boltet fast igjennom begge.

Kryssene der langsgående og tversgående dragere møtte hverandre i midten av bygget, var også boltet sammen.

Dæltaket var anlagt på tversgående lekter som var festet til sperrer. Der det var nødvendig, ved halve lengden av langside, var dragere skjøtt med fransk lås. Figur 13 viser den senere påbygde avstivingen øverst til venstre. Påstanden om senere montasje av dette kan begrunnes med at innfestingen og treverket ikke samsvarer med resten av konstruksjonen. Ikke minst snekkeren som signerte 1912, og etter eiers info skulle dette være reist noen år før dette.



Figur 13: Avstiving og skjøter i tak (Foto: Privat)

Kledningen på bygget hadde også vekket interesse hos flere. Denne var av tykkelse som gjorde at den hadde tålt mye juling opp igjennom. Omtrent hadde de vært kontaktet av kunstnere som kunne tenke seg denne. Grunnet meget god innfestning, var det vanskelig å demontere dem og samtidig beholde det fine uttrykket. Dermed ble noen av disse med til Norsk Massivtre,



Figur 14: Element av gammel kledning, (Foto: Privat)

og brukt for å lage et element.

3.1.2 Anskaffet materiale

Som allerede nevnt, var det flere deler av bygget som ikke egnet seg til senere maskinell testing. For å få en forståelse av dette, er det viktig å kjenne til NS-EN 408. Denne blir beskrevet senere i oppgaven, men et viktig punkt her er lengden på testemnene. Disse var nødt til å ha en lengde lik 18 ganger høyden på tverrsnittet. Ved dimensjoner av større størrelser gjør dette at vi trenger betydelige lengder av trevirket. Med en snitthøyde på 125 mm på tverrsnittet, var det nødvendig med testemner med lengde minimum 2,25 meter.

Stenderne var om lag 2,35 meter, men disse hadde utsparinger i de midtre feltene sine. Dette ville ført til et brudd i utsparingene, og testene ville kun gitt oss informasjon vi allerede hadde. Som allerede beskrevet tillater ikke standardene bruk av rundstokk. En ville da fått feil grunnlag for å sammenligne resultatene. Stavene i fagverket i taket, var også for korte. Tabell 1 viser materialene som ble utvalgt for testing. Her ser man at av totalt omtrent tolv kubikkmeter som ble hentet ut, var det i underkant av en halv kubikkmeter som gikk til test til brudd. Det lille utvalget skyldes kostnader ved lab. Hvorvidt dette utvalget er stort nok til å gi et godt grunnlag for konklusjon, kommer senere i teksten under punkt 4.4 Statistikk.

Tabell 1: Oversikt over testet virke

| Testnr. | Emner | Bredde mm | Høyde mm | Lengde mm | Densitet kg/m ³ | Vekt kg | Volum m ³ | Benyttet til |
|---------|-------|--------------|-------------|--------------|-------------------------------|------------|-------------------------|--------------|
| 1 | S5 | 100 | 122,2 | 3400 | 460 | 19,112 | 0,0415 | Strekk |
| 2 | S9 | 104,3 | 127,8 | 3400 | 564 | 25,561 | 0,0453 | Strekk |
| 3 | S8 | 107,3 | 124,3 | 3400 | 491 | 22,265 | 0,0453 | Strekk |
| 4 | S3 | 101,3 | 132 | 3400 | 527 | 23,959 | 0,0455 | Strekk |
| 5 | S1 | 105 | 125 | 3400 | 489 | 21,822 | 0,0446 | Strekk |
| 6 | S7 | 108,8 | 124,8 | 3400 | 513 | 23,683 | 0,0462 | Strekk |
| 7 | S4 | 105,9 | 121,2 | 3400 | 456 | 19,900 | 0,0436 | Strekk |
| 8 | S10 | 99,9 | 121,6 | 3400 | 500 | 20,651 | 0,0413 | Strekk |
| 9 | S2 | 99,1 | 126,2 | 3400 | 466 | 19,815 | 0,0425 | Strekk |
| 10 | S6 | 121,9 | 121 | 3400 | 451 | 22,617 | 0,0501 | Momentbjelke |
| Sum | | | | | | 219,386 | 0,4461 | |

3.2 Lovgivning og reguleringer

Som vi i dag er kjent med, er det en rekke reguleringer og bestemmelser gitt av staten og de enkelte departementene som regulerer hvordan vi bygger, og hva slags materialer en kan nytte. Som det overordnede er Plan og bygningsloven den viktigste. Den setter rammene og gir de nødvendige fullmaktene etter hva slags type prosjekt som skal gjennomføres. Videre er det byggeforskriftene som regulerer hvordan det blir utført, før standardene gir kravene og spesifikasjoner for de enkelte detaljer. Standardene kan være gitt bare for norske forhold, eller de kan være tilknyttet Europa gjennom EU-samarbeidet (Bell, Dimensjonering av trekonstruksjoner, 2017). De skal sikre at det arbeidet som blir gjort, følger det som er til enhver tid det best løsning. Standardene regulerer alt fra råvare og produkt, til prosjektering og utførsel. Systemet som vi i dag kjenner til, er noe som har blitt til over tid, og som en har gjennom testing og utprøving funnet at gir de beste resultatene.

Historisk er den første reguleringen som er kjent her i Norge for trevirke det som har blitt kalt sagbruksprivilegiet, som kom i 1688. Den regulerte størrelsen og utforming på virke som ble omsatt for salg, den ble etter hvert endra når tilgangen på virke endret seg. Det førte til endring av loven i 1725, og loven var gjeldene frem til 1860 når den ble opphevet. (Godal J. B., Tekking og kledning med emne fra skog og mark, 2012) I perioden som fulgte var det ingen statlige reguleringer, og det er også i denne perioden vi har størst avvirkning av trevirke og salg i Norge. I 1924 blir det gitt i lov om bygningsvesen gitt den første reguleringa etter 1860, men den gir ingen direkte regulering av trevirket. Den første lovgivningen som omhandler trevirket gis i 1949, og som en del av den store oppbyggingen etter krigen (Den Norske ingeniørforening, Norges standariserings forbund og Norges trelastforbund, 1953). I 1953 utarbeides det en standard for prosjektering av trevirket NS 446, og en egen for trevirke som materiale NS 447. Etter hvert utover blir det stadig nye reguleringer, og endringer i både lovverket og standardene som er blir nytt frem til dagen standardene som er nyttet.

3.2.1 Fuktmåling

Fuktmåling i trevirket er forholdet mellom vann i trestykket og massen til det tørre trestykket. Det er mulig å gjøre fuktmålinger på flere måter, men den sikreste er en densitetstest, som gir et svært nøyaktig resultat. Men målinger med fukthammer som slås inn i virket, vil også gi resultat med god nøyaktighet, ved riktig bruk og kalibrert utstyr.

Fukt gir en god indikator på hvilket klimaforhold virket har vært lagret eller nytta i, og vil også ha stor betydning for hvilken kvalitet virket har. Trevirke som oppbevares og nyttes på en god og tørr måte, vil kunne ha en svært lang levetid, og gjøre at treets struktur holder seg uten store forringelser.

Ved en densitetstest vil en ta ut et stykke av treet gitt i henhold til NS -EN 14298. Når virket tørker inn, vil cellehuleromme i virket tørke ut først, siden de inneholder fritt vann. Det bundne vannet i materialet vil ikke begynne å tørke før alt det frie vannet er borte. Ved normal tørking av virke, vil det frie vannet tørke ut, og en vil få et fuktighetsinnhold i underkant av 30 % for virke av furu og gran. Fram til dette punktet har ikke celleveggen endret form eller volum, men når det tørker videre vil en få endringer i virket. Når en kommer ned til 12 % fukt, er det definert som tørt virke. Trevirket vil alltid endre seg med miljøet det befinner seg i, og variere med de naturlige variasjonene som en får gjennom året. (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2017)

Fuktmålingene som ble gjort ved første og annen gangs besøk på garasjen, var utstyr lånt av laboratorium på NTNU i Gjøvik. Måleren var av slaget Protimeter MMS2 BLD8800, og skal kunne måle fuktinnhold fra 8 % til 99 % med høy nøyaktighet. Målingene på Begna bruk ble gjennomført med assistanse fra en representant fra Treteknisk, og etterpå målt med hans medbrakte maskin. Mer om fremgangsmåten og resultatene kommer under punkt 5, Resultater. (Protimeter Amphenol Advanced Sensors, 2020)

4 Metode

4.1 Kvantitativ metode

Gjennom forarbeid ble det oppdaget at kvantitativ metode er det som vil gi rapporten best grunnlag til dokumentasjon. Ved systematisk innhenting og anskaffelse av opplysninger fra flere undersøkelser vil det gi et bredere grunnlag. Resultatene av målingene vil uttrykkes gjennom målte tallverdier som analyseres og sammenlignes. (Grønmo, 2022)

De kvantitative data som blir samlet kan analyseres gjennom statistiske metoder som tabeller, som kan gi korrelasjonsanalyser, regresjonsanalyse mellom avhengige og uavhengige variabler. Sammen med sannsynlighetsutvalg kan statistikk generaliseres og vise hvor sannsynlig det er at vi tar feil i våre målinger. Reliabilitet vil vise hvor troverdige målingene er, mens validitet viser i hvor stor grad målingene er relevante og svarer på problemstillingen. (Grønmo, 2022)

4.2 Beregninger

For etterarbeid med de gitte målte resultatene er det brukt Microsoft Excel. Det gjøres i utarbeidede regneark der innsamlet data behandles av formler og gir ut resultat for de enkelte ønskede verdier. Excel gir ved sitt system en betydelig forenklet håndtering av større datamengder. (Microsoft Excel, 2022)

Det er i denne rapporten benyttet Excel til å beregne:

- Bøyestivhet
- E-modul
- Standardavvik

4.3 Sortering og kvalitetsbedømmelse av trevirke

Det er to standarder som beskriver hvordan en kan sortere og kvalitetsbedømme trevirke, men man skal velge å nytte bare én av dem. Det vi si at en kan ikke bruke en standard først, og så gjenta prosessen med en annen for å kunne redefinere hvilke kvaliteter virket har for

kommersiell bruk. Det er ønsket å kunne se på hvordan disse ulike metodene kan påvirke sorteringa og om det er noen av metodene som er bedre egnet. Det vil bare bli gjort arbeid på virke som skal kunne brukes dirkete, og ikke limtrevirke, slik at deler av standarden som omhandler disse delene ikke vil bli tatt med.

Det tre forskjellige standardene som er gitt er:

- NS-INSTA 142
- NS-EN 14081
- NS-EN 408

I tillegg er det en egen standard som beskriver hvordan tørking og densitetstesting skal utføres for virke, etter NS-EN 14298.

4.3.1 NS-INSTA 142

NS-INSTA 142 er standard for visuell bedømmelse av virkets kvalitet og oppgir en rekke punkt som grunnlag for hvordan bedømmelsen skal utføres. Standarden er konkret og beskriver hvert enkelt punkt og hva som bestemmer den gitte verdien. Punkt som det blir bedømt etter er årringsbredde, deformasjoner, tørkesprekker, ringsprekker, kolvsprekk, fiberhelling, kvist, mål og toleranser, bearbeiding og fukt.

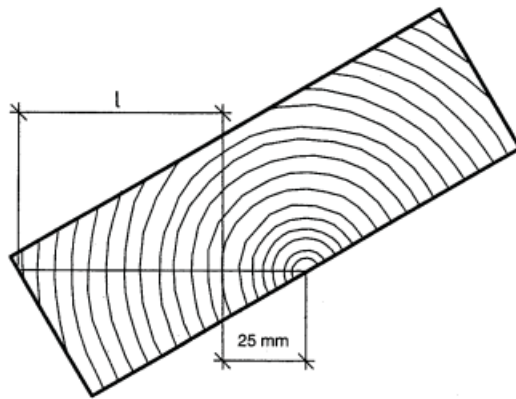
Det er gjennom arbeidet med bedømmelsen svært viktig at en har et godt system som sikrer at alle punktene blir bedømt, og at resultater fra hvert enkelt blir samlet og er med å gi emnets sluttverdi. Hvert enkelt av punktene har egne underpunkter som bestemmer hvilke klasser det skal plasseres i, og med en gradering fra T0 til T3. Der bestemte fasthetsklasser tilsvarer en bestemt sorteringsklasse, for barvirke av gran og furu.

Tabell 2: Fasthetsklasser og sorteringsklasser med tilhørende densitet

| Fasthetsklasse | Sorteringsklasse | Karakteristisk densitet ρ_k |
|----------------|------------------|----------------------------------|
| | | kg/m ³ |
| C30 | T3 | 380 |
| C24 | T2 | 360 |
| C18 | T1 | 350 |
| C14 | T0 | 350 |

For hver av målepunktene gis det en beskrivelse av hvordan materialet skal bedømmes.

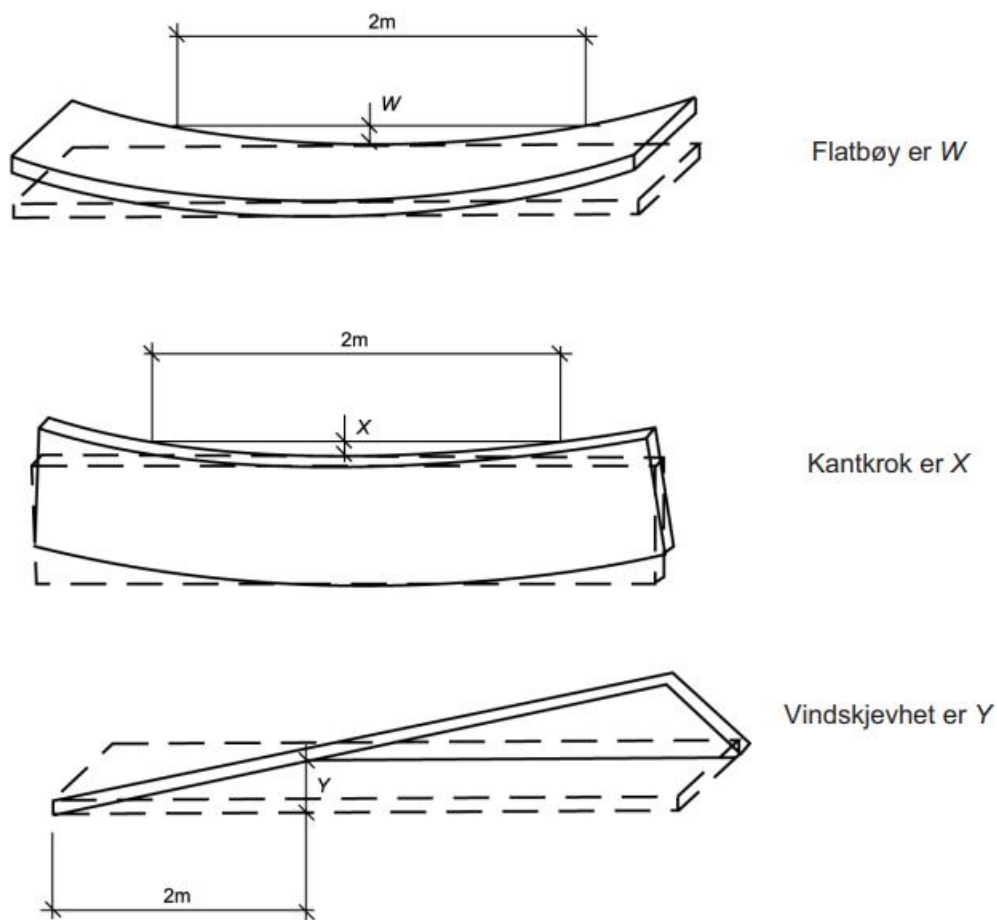
Årringsbredde



Antallet årringer måles fra senter kjerneved til ytterste årring, minst 25 mm som er kjerneved.

Figur 15: Årringsbredde, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009)

Deformasjoner



Figur 16: Flatbøy, kantkrok og vindskjevhet, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009)

Ved å måle over en lengde på 2m og avstand som oppstår mellom grunnlinjen og deformasjon, gir avviket.

Tørkesprekker

Det måles både lengde og bredde av område som omslutter sprekken og uttrykkes i millimeter eller som % av lengden på overflata. Sprekkdybde kan også måle, men etter NS-EN 1310.

Ringsprekk

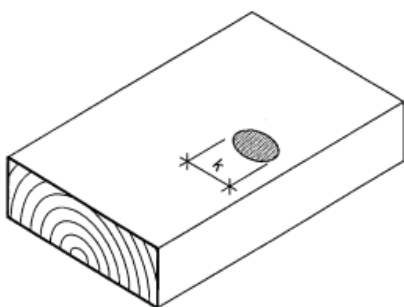
Måles etter NS-EN 1310, ved avstand mellom to linjer som er i tverrsnittets av trelasten gjennom sprekken.

Kolvsprek

En type ringsprekk som kan oppstå ved tennarved hvor margen til treet er eksentrisk fra senter. Stort trykk på en side fører til strekk på motsatt side, og man får en sprekk gjennom en eller flere ringer. Ved større laster, kan denne følge ringen innerst i sprekken rundt. Effekten kan forsterkes ved tørking. (Hoen, 2021) (Nagoda & Nyrud, 1992)

Fiberhelling

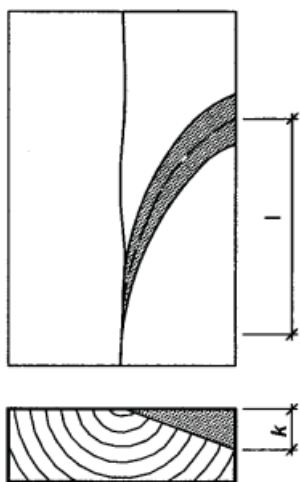
Fiberhelling er forholdet mellom fiberavviket og målelengden x/y målt på kantsider.



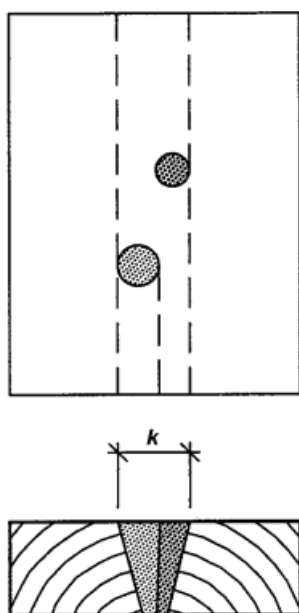
Figur 17: Hovedprinsipp, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009)

Kvist

Når margen er tilnærma midten av tverrsnittet, skal en av sidene anses som margside, med unntak av når det er gangkvist. Da måles kvisten vinkelrett på trelastens lengde. Kvister som opptrer sammen, og ikke er atskilt med andre trefibre, måles som en kvist. Kvister som er 7 mm eller mindre regnes ikke med på den gitte siden, uavhengig av plassering. Målet k er kvistmålet, og er avhengig av kvistvedens utbredelse for virket.

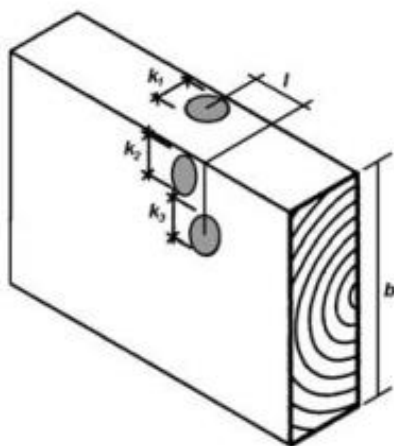


Figur 18: Gankvist, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009)



Figur 19: Kvistmål k , (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009)

Der kvister oppstår i grupper, skal maksimale lengde l_{kc} være lik trelastbredden b , og høyest 150 mm. Begrensningen settes fra marg til marg i feltets ytre kvist.



Figur 20: Kvistgruppe, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2009)

Kvistandelen i trestykket angis da som:

$$= \frac{A_k}{b \cdot t} \quad (4-1)$$

der

kvistarealet (A_k) måles opp mot

trelastens totale tverrsnittsareal ($b \cdot t$)

Mål og toleranser

Alle nominelle mål for T-trelast og LT-trelast gjelder ved 20 %, og for andre måleverdier mellom 0-30 % kan målene justeres med 0,25 % for hver 1 % fukt som avviker fra referanseverdien.

Bearbeiding etter sortering

Endring av virkets dimensjon på mer enn 5 mm (10 mm for dimensjoner over 100 mm), vil gjøre sortering ugyldig, og sorteringsklassen må anses som endret. Kløyving og splitting gjør sortering ugyldig, mens kapping er tillatt så lenge sprekker ikke oppstår i den kappede flaten utover tillatte verdier.

Fuktinnhold

Flere av punktene stiller krav til fuktinnholdet ved sortering, og er knyttet til sprekker, deformasjon, geometrisk virkes feil, osv. (se tabell 1, 3, 7, 8, 11 i NS INSTA 142). Målingen skal skje ved en referansefuktighet på 20 %, men kan justeres for verdier over og under. Trelast i parti sortert ved målfukt 18 % eller lavere er definert som tørrsortert trelast.

Sortering

Sorteringen blir gjort etter tabeller som er gitt i NS-INSTA 142, og som kan ses som: vedlegg 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 fra NS- INSTA 142

4.3.2 NS-EN 14081

NS-EN 14081 er standarden som beskriver hvordan mekanisk kvalitetsbedømmelse skal utføres i industrien, og hvilke krav som må oppfylles for å tilfredsstille kravene. Den beskriver metoden som testingen vil bli gjennomført ved for bruk ved produksjon, og peker på at det ikke er tilstrekkelig å bare benytte den mekaniske testingen for å bestemme virkets kvalitet, men må i tillegg gjøres i samhandling med en visuell kontroll.

4.3.3 NS-EN 408

NS-EN 408 er standarden for hvordan kontroll av virket blir utført ved testing i lab. Standarden tar for seg bøyefasthet, skjærstyrke, torsjon, strekkstyrke, trykk i lengderetningen av materialets fiber og trykk på tvers av materialet fiber.

Som grunnlag for testene er det gitt en del parametere som må være oppfylt for å sikre at testene som blir gjennomført, gir et resultat det er mulig å sammenlikne. Emnet skal ha mål som ikke avviker mer enn 1 %, og skal tas 150 mm inn fra endene. Det skal måles fukt i teststykket i henhold til EN 13183-1 i et stykke tatt fra målestykke litt inn fra enden.

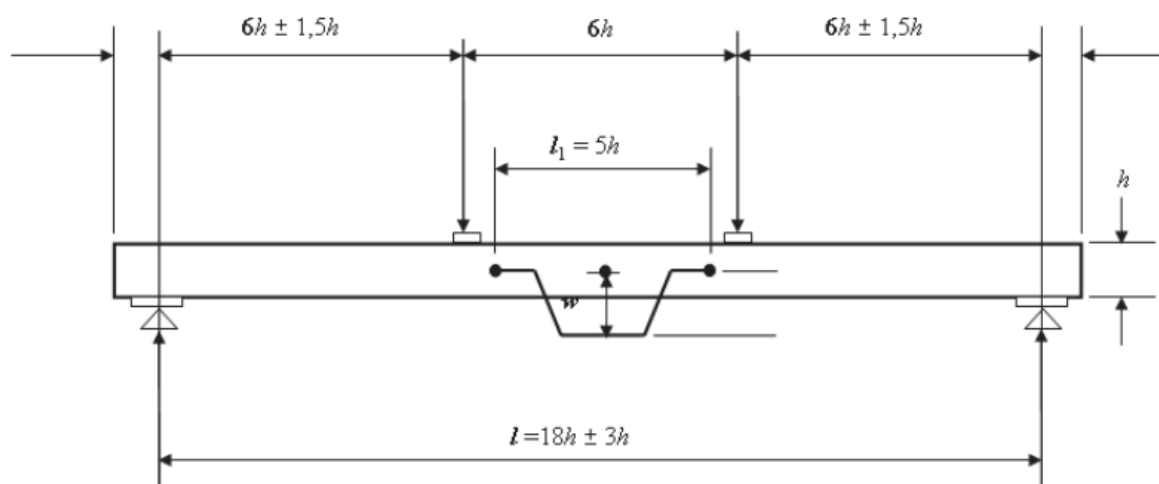
Det skal gjøres densitetstest av prøvestykke, som tas fra virket. Det skal ikke inneholde kvist eller sprekker. Ved bøyetest skal stykke tas så nærme bruddet som mulig, men ikke ha sprekker som går inni stykket.

Testene skal gjøres ved 20°C (+-2) og tørkes til det ikke har noen variasjon som er over 0,1 % av vekten, målt med 6 timer mellomrom.

Elastisitetsmodul globalt

Teststykket skal ha en minste lengde på 19 ganger høyde, hvis ikke skal lengden som blir målt oppgis etter egne regler i standarden. Teststykket legges opp med en avstand på 18 ganger høyde mellomrom, og belastninga skjer med en avstand på 6 ganger høyde inn fra hver side. Emnet skal støttes slik at det ikke har muligheten til å vippe ut når belastning blir påført. Det skal ikke hindre endringen som vil oppstå i teststykket under belastning, og gi rom for bevegelse.

Belastningen skal påføres med en jevn økning, men ikke overstige $(0,003h)$ mm/s. Den totale påførte lasten skal ikke overstige $0,4 F_{\text{maks, estimert}}$, for estimering av last skal det gjøres test av minst ti teststykker med tilsvarende material, størrelse, eller tilsvarende data. I vårt tilfelle ble deformasjonen avlest opp til $0,4 F_{\text{maks}}$, men testen ble kjørt til brudd. Dermed var det mulig å hente ut verdier for bøye- og skjærmotstand like før brudd.



Figur 21: Oppsett for bøyetest, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2012)

Utstyret som benyttes skal ha mulighet til å måle belastningen med en nøyaktighet på 1 % på teststykket, og med en verdi lavere en 10 % for makslast, med et avvik på 0,1 % av total last. Det skal måles gjennomsnittlig deformasjon som tas på begge sider av nøytralaksen, med en nøyaktighet på 1 %, og variasjoner mindre enn 2 mm, og nøyaktighet på 0,02 mm.

Resultatene av testen fremstilles grafisk, der sammenhengen mellom belastning og deformasjon vises. Grafens område mellom $0,1 F_{\text{maks, estimert}}$ og $0,4 F_{\text{maks estimert}}$ nyttes til å lage

en regresjonsanalyse. En finner så den største delen som gir en korrelasjon på 0,99 eller bedre, og dekker minste område mellom $0,2 F_{\text{maks,etsimert}}$ og $0,3 F_{\text{maks,etsimert}}$, og bruker disse verdiene til å beregne den globale elastisitetsmodulen gitt som:

$$E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left(2 \frac{w_2 - w_1}{F_2 - F_1} - \frac{6a}{5Gbh} \right)} \quad (4-2)$$

der

a er avstand mellom opplager og kraftpåføring,

l er lengde mellom opplager,

b er bredde på emnet,

h er høyde på emnet,

F1-F2 er høyeste og laveste last i N som en finner i regresjonslinjen med en samme-korrelasjon på 0,99 eller bedre,

W1-W2 sammenhengen av deformasjon knyttet til samme belastning som F₂ og F₁ påfører,

G er skjærmodulen til emnet.

Skjærmodulen til emnene er ukjent, derfor settes $G = 650 \text{ N/mm}^2$ og $G = \infty$ etter anbefaling i NS- EN 408 pkt. 10.3.

Når skjærmodulen settes til uendelig, må man korrigere verdien i henhold til EN 384:2016 pkt. 5.4.4(7). Elastisitetsmodulen (E_0) er gitt ved:

$$E_0 = E_{m,g} * 1,3 - 2690 \quad (4-3)$$

$E_{m,g}$ i denne formelen er global E-modul utregnet ved $G = \infty$.

Videre gir standarden en rekke andre testmuligheter, som skjær ved torsjon, skjær ved belastning, elastisitet ved spenninger parallelt med fiber, spenningsbestemmelse parallelt med fiber, elastisitet ved spenninger på tvers av fiber, spenninger ved trykk parallelt med fiber,

spenninger ved trykk på tvers av fiber. De kan alle studeres i detalj i NS-EN 408 for dypere inngående forklaring på hvordan de kan gjøres ved testing.

Bøyefasthet

Bøyefasthet bruker samme testoppsett som E-modul, men teststykket presses til brudd. Der bøyefastheten (f_m) er gitt etter:

$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2} \quad (4-4)$$

der

F er påført kraft like før brudd,

a er arealet,

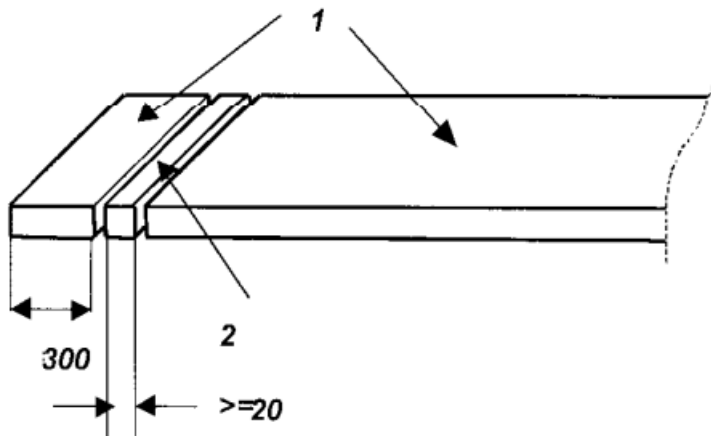
b er bredde og h er høyde.

4.3.4 NS- EN 384

Standarden beskriver bestemmelse av karakteristiske verdier for mekaniske egenskaper og densitet. Den gir metoder for å utlede styrke-, stivhet- og densitet egenskaper for prøver tatt av treverk uten virkesfeil. Verdiene fastsatt i denne standarden er egnet for å bestemme styrkeklasser i henhold til EN 338.

4.3.5 NS-EN 13183-1

Standarden beskriver hvordan skjært trevirke skal tørkes, og hvordan fuktmålinger av virke skal utføres. Det skal tas et prøvestykke minst 0,3 m inn fra enden, og stykket skal være minimum 20 mm i retningen av fibrene. Hvis virke er kortere enn 0,6 m, skal prøven tas fra midt i emnet. Teststykket skal ikke ha kvist, sprekker, bark eller andre ujevnheter i materialet.



Figur 22: Avstander for uttak av emne til fuktmåling, (Den europeiske standardiseringsorganisasjon, 2002)

Stykket som tas ut, skal direkte etterpå veies og legges i et tørkeskap som har en temperatur på $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$. Materialet skal så tørkes til det variasjonene i vekt er lavere enn 0,1 % av vekt med et måleintervall på 2 timers mellomrom. Veiingen blir gjort umiddelbart etter at teststykket er tatt ut av tørkeskapet. Hvis teststykket ikke skulle tilfredsstille kravene til kvist og andre uønskede komponenter, gir standarden egen veiledning for tørking av slike prøver.

Beregning av fuktprosent (ω) gjøres etter følgende:

$$\omega = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 \% \quad (4-5)$$

der

m_1 er vekten av prøvestykke før tørking,

m_0 er vekten av det tørka prøvestykke og

ω er fuktprosent i prøvestykke.

Resultatet gis kun med ett desimal.

4.3.6 NS- EN 338

Standarden beskriver konstruksjonsvirkets fasthetsklasser. Ved å hente mekaniske egenskaper, densitet og andre beregningsverdier fra andre standarder som NS- EN 408, NS- EN 384 og NS- EN 14081-1, fastsetter standarden fasthetsklassene til materialene. Standarden viser til 3 tabeller med ulike inngangsverdier. Tabell 1 (fra standarden), som brukes i denne oppgaven er C-klasse som er myktere utsatt for bøyetest. Tallene i C-klassen er etterfulgt av et tall som angir tilsvarende bøyestivhet. Tabellen tar for seg verdier fra C14 til C50, hvor det som er vanlig å kunne kjøpe hos byggevareforhandler er C24.

4.3.7 CT-skanning

CT-skanning (computertomografi) nyttes til å se hvordan materialets oppbygning er innvendig uten å dele opp eller ta fra hverandre. Ved å sende røntgenstråler gjennom materialet vil en skape et bilde som vil variere etter hvor stor tetthet de enkelte delene har og gir et 3D-bilde som en kan bruke til å vurdere materialets beskaffenhet. Maskinen som ble benyttet var en eldre utgave Metrotom av merket ZEISS. (Carl Zeiss AG, 2022)

Ved det digitale bildet som skapes av strålingen, kan en se og vurdere kvaliteten til materialet og finne årsaker eller grunnlag for at brudd oppstår. Maskinen danner tredimensjonale piksler, kalt voksler, som settes sammen for å skape en så god kopi av emnet som mulig.

Behandling av modellene foregikk i programmet myVGL, som visualiserer modellen som lages i VG Studio Max. Programmet gjorde det enkelt å navigere seg rundt, og finne igjen interessante punkter fra testemnene. (Volume Graphics of Hexagon, 2022)



Figur 23: CT- Skanning gjort på lab NTNU, Gjøvik. (Foto: Privat)

Grunnet god nok tilgang og ingen kostnad, valgte vi å ta bilder av emner for hver av de tre type bruddformene som oppstod. Stokken som vises på bildet, er i underkant av 70 cm lang, og er montert på maskinens dreieskive. Prosessen tar om lag en og en halv time, og på den tiden snus emnet én runde.

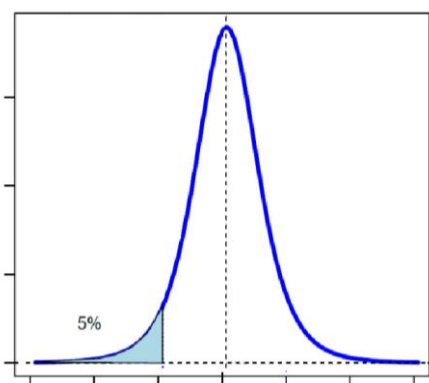
4.4 Statistikk

Siden tallene kommer fra ett begrenset antall tester, medfører det en viss usikkerhet. Ved å bruke et spredningsmål, antyder man hvor spredt observasjonene er rundt et gjennomsnitt. For å ta hensyn til spredningen bruker man å gange standardavviket med en faktor som angir hvilken sannsynlighet man må være innenfor.

Standardavvik er det gjennomsnittlige spredningsavstanden fra gjennomsnittet.

Studentens t-fordeling er en sannsynlighetsfordeling med lengre haler og lavere maksimumsverdier enn normalfordeling, som tar hensyn til små datasett. Der hvor antall tester er lave vil t-fordelingen ha større haler sammenlignet med normalfordeling. Dette gjør at t-fordeling er mer konservativ med små datasett. Når antall tester øker vil t-fordelingen gå mot normalfordeling. Inngangsverdiene er frihetsgrader og prosentfraktilen man ønsker, der frihetsgrader regnes som antall tester minus en. Ut fra dette får man ett forholdstall som skal ganges med standardavviket og gir sikkerhet til tallene.

Ut fra standarder skal man se på de 5 % dårligste teststyrkene og bruke det kvaliteten til treverket. Se bilde figur 24 for en visuell illustrasjon hvordan kvaliteten til ett stort datasett ville sett ut. Gitt av 10 tester og en-sidet 5 % fraktil finner man forholdstallet 1,833 i t-fordelingstabellen. Dette som skal ganges med standardavviket. For å sammenligne dette er normalfordeling kvantilen ved samme verdier 1,645. (Løvås, 2018) (UiO, 2022)



Figur 24: Treverk sin kapasitet. (UiO, 2022)

5 Resultater

Som følge av at testene som ble gjennomført, var bøyetest, er det i resultat-, diskusjon-, og konklusjonsdelen størst fokus på moment og bøyepenninger, og mindre på skjær.

5.1 Forprosjekt

Arbeidet begynte med et par befaringer til garasjen som skulle gi oss materialer. En så etter kort tid at mye av materialene i bygget var i god stand, og det ble derfor raskt bestemt at vi ønsket å plukke ned bygget for å få tilgang til virket. På forhånd hadde vi gjort oss kjent med standarden for visuell bedømmelse og ordnet oss med måleutstyr for fukt. For å få en oversikt over hvor mye virke det var i bygget gjorde vi oppmålinger av alle større deler for å kunne gi et omtrentlig anslag på hvor mye virke som kunne være tilgjengelig i bygget. Det ga oss en total masse på omtrent 12 m³, og var gjort som en konservativ beregning for at vi skulle ha marginer å jobbe med.

Tabell 3: Noe av det vurderte virke.

| Dimensjoner | | | | |
|----------------------|-------|--------|--------|--------|
| Tidligere bruk | Høyde | Bredde | Lengde | Antall |
| | mm | mm | m | |
| Tverrgående bjelke | 170 | 160 | 7,5 | 7 |
| Overgurt Sperre | 126 | 100 | 4,4 | 22 |
| Veggstender | 124 | 130 | 2,35 | 25 |
| Grindverk tak | 120 | 150 | 6 | 10 |
| Gulvåser (rundstokk) | D 150 | | 4 | 24 |

Samtidig som vi gjorde oppmålingene av trevirket, gjorde vi også en visuell bedømmelse av alle de enhetene som vi hadde god tilgang til å vurdere. De ble bedømt etter NS- INSTA 142. Se vedlegg: 1-10 For mange av veggstenderne ble det gjort fuktmåling med en fukthammer for å se hvor tørt virke var. Vi fikk et resultat for fuktmålingene i området 11-18 %, noe som vi senere skulle se var litt avvikende fra sannheten.

5.2 Visuell bedømming

På Begna ble virket sortert, og store deler av spiker og andre ikke ønskelige deler, ble fjernet. Her fikk vi assistanse av Andreas Stenstad fra Treteknisk institutt som var med og vurderte virket etter NS-INSTA 142 som er gjort som en visuell bedømmelse av virket, og vi fikk sortert ut emner som vi senere tok med til Treteknisk for en firepunkts bøyetest etter NS- EN 408.

Det man så etter at bygget var demontert, var at mange av stykkene vi hadde bedømt på forhånd, ikke var egnet. Mange av dem hadde innskjæringer og sammenføyninger som vi ikke hadde hatt muligheten til å se tidligere. Finner derfor etter hvert ut at for å kunne gjøre tester på emnene, så må vi ha ei riktig lengde, og de som er best egnet til det var undergurtene på sperrene. Da de hadde lengder som oppfyller kravene til testing i henhold til standarden.

Tabell 4: Målte verdier og visuelt bedømte kvaliteter av virket.

| Undergurt sperre 130 · 130 | | |
|----------------------------|--------------|------------|
| Målinger | NS-INSTA 142 | Fuktmåling |
| | | % |
| 1 | T0 | 16,1 |
| 2 | T0 | 16,5 |
| 3 | T1 | 16,8 |
| 4 | T0 | 16,6 |
| 5 | X | 16,7 |
| 6 | T0 | 16,3 |
| 7 | T2 | 16,3 |
| 8 | X | 16,8 |
| 9 | T2 | 17,3 |
| 10 | T0 | 16,8 |

| Rammebjelker 140 · 160 | |
|------------------------|--------------|
| Målinger | NS-INSTA 142 |
| 1 | T1 |
| 2 | T2 |
| 3 | T2 |
| 4 | T1 |

| Sperre overdel 130 · 130 | |
|--------------------------|--------------|
| Målinger | NS-INSTA 142 |
| 1 | T2 |
| 2 | T0 |
| 3 | T0 |
| 4 | T0 |
| 5 | T2 |
| 6 | T0 |
| 7 | X |
| 8 | X |
| 9 | T0 |
| 10 | T1 |
| 11 | X |
| 12 | T0 |
| 13 | X |
| 14 | T0 |
| 15 | T0 |
| 16 | T2 |
| 17 | T1 |
| 18 | T0 |

Bedømmelsen som ble gjort, ga et godt resultat, og med en spredning fra ikke nyttbare (vist som X i tabell), til T2. Dette tilsvarer ifølge standarden fasthetsklasser fra C24, ned til C14, og kast.

5.3 Maskinell test

5.3.1 Firepunkts bøyetest

I alt ble ti emner med til testing på treteknisk institutt. Ni av de var undergurt i sperrene, og den siste var en del av den doble toppsvillen til veggen. Firepunktstesten ble gjort i henhold til NS- EN 408. Oppsettet var fastsatt med høyde som 130 mm. Dette gjorde at avstandene mellom opplagerne ble på 2340 mm, og avstanden mellom lastene på 780 mm. Treteknisk hentet ut informasjon fra kraften stemplene påførte bjelkene, og nedbøying på midten av bjelkene ti ganger i sekundet under hele testen. Ut fra denne rådataen kan man finne største påsatte kraft ved ulike tidspunkter og ved brudd. Testoppsettet gjør at området mellom stemplene får et stabilt moment uten påvirkning av skjærkrefter.

5.3.2 Bøyespennning

For utregning av bøyespennning hentes formel fra NS- EN 408: 2010 19.3 (17)

Tabell 5: Resultat fra bøyetest.

| Bøyespennning | |
|---------------|-------------------|
| Test nr. | f_m |
| | N/mm ² |
| 1 | 63,24 |
| 2 | 73,62 |
| 3 | 68,94 |
| 4 | 63,86 |
| 5 | 73,25 |
| 6 | 77,37 |
| 7 | 56,73 |
| 8 | 56,86 |
| 9 | 60,90 |
| 10 | 58,24 |

| Bøyespennning | |
|---------------|------------------------|
| Gjennomsnitt | 65,3 N/mm ² |
| Standardavvik | 7,5 N/mm ² |
| T-fordeling | 1,833 |
| 5 % fraktil | 51,5 N/mm ² |

5.3.3 E-modul

For utregning for global E-modul hentes formel fra NS- EN 408 :2010 10.3(2). Se (4-2) for forklaring hvordan utregning ble gjennomført.

Ut fra NS- EN 408 10.3 kan man sette G til å være 650 N/mm² eller uendelig, men det er anbefalt å vise resultatet fra begge. E-modulen der hvor G er satt til uendelig er justert etter EN 384 pkt. 5.4.4(7).

Tabell 6: E-modul etter test.

| Global E-modul (beregnete verdier) | | |
|------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Test nr. | $E_{m,g} (G=650)$ | $E_{m,g} (G=\infty)$ |
| | N/mm ² | N/mm ² |
| 1 | 11881 | 12065 |
| 2 | 13888 | 14345 |
| 3 | 14174 | 14729 |
| 4 | 13270 | 13569 |
| 5 | 14742 | 15376 |
| 6 | 15899 | 16711 |
| 7 | 13578 | 14079 |
| 8 | 13401 | 13865 |
| 9 | 12064 | 12237 |
| 10 | 12932 | 13322 |

| Global E-modul | | |
|----------------|-------------------------|-------------------------|
| | $E_{m,g} (G=650)$ | $E_{m,g} (G=\infty)$ |
| Gjennomsnitt | 13583 N/mm ² | 14030 N/mm ² |
| Standardavvik | 1197 N/mm ² | 1391 N/mm ² |
| T-fordeling | 1,833 | 1,833 |
| 5 % fraktil | 11388 N/mm ² | 11481 N/mm ² |

5.3.4 Densitet

Tabell 7: Resultat fra densitetsprøver.

| Densitet | |
|----------|-------------------|
| Test nr. | kg/m ³ |
| 1 | 460 |
| 2 | 564 |
| 3 | 491 |
| 4 | 527 |
| 5 | 489 |
| 6 | 513 |
| 7 | 456 |
| 8 | 500 |
| 9 | 466 |
| 10 | 451 |

| Densitet | |
|---------------|-------------------------|
| Gjennomsnitt | 491,7 kg/m ³ |
| Standardavvik | 35,9 kg/m ³ |
| T-fordeling | 1,833 |
| 5 % fraktil | 425,9 kg/m ³ |

5.3.5 Fuktighet

Verdier hentet direkte fra test utført på lab av treteknisk.

Tabell 8: Fuktmålinger fra densitetsprøver.

| Test nr. | Fuktighet |
|--------------|-----------|
| | % |
| 1 | 11,9 |
| 2 | 12,7 |
| 3 | 12,5 |
| 4 | 12,1 |
| 5 | 12,5 |
| 6 | 12,1 |
| 7 | 12,9 |
| 8 | 12,4 |
| 9 | 13,0 |
| 10 | 12,6 |
| Gjennomsnitt | 12,5 |

5.3.6 Bilder før og etter testing

Dette viser at ved skjærbruddene, oppstod ikke sprekke fra de allerede tilstedeværende tørkesprekkene.



Figur 25: Skjærbrudd (Foto: Privat)



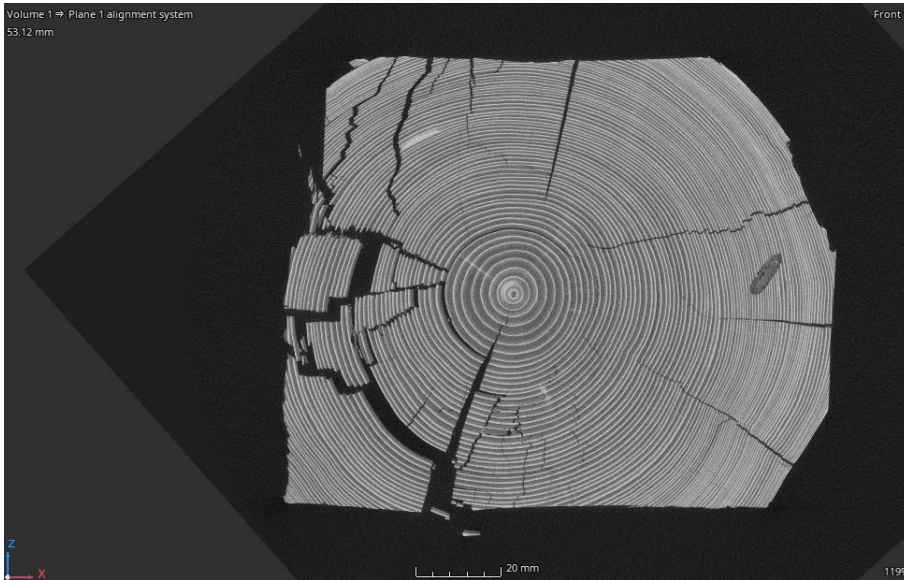
Figur 26: Kolvbrudd (Foto: Privat)

5.4 CT-skanning

Som tidligere nevnt, var emnene som ble plassert i maskinen, i underkant av 70 cm. Det var på forhånd usikkerhet på om det ville bli klare bilder av så store stokker. Resultatet ble at skanneren tok bilder av de midtre 30 cm på emnene. Dermed endte det med tre meget klare modeller. Alle tre akser fikk til slutt en nøyaktighet på 0,0924 millimeter, og et totalt antall vokslar per emne på 8 513 264 940 stykker. Nøyaktigheten tilsier at densitetsforskjeller som er mindre enn denne størrelsen, vil bli oppfattet som like. Denne nøyaktigheten var mer enn god nok for å hente ut klare bilder, som blant annet viser tydelige fibre og årringer. De klare bildene gjorde jobben med å telle årringene enklere. Testene ligger på jevnt på 90 årringer fra marg til ytterste punkt. Grunnet nedskjæring for tilpassing til bygg, kan en anta at de er enda eldre.

5.4.1 Bøyebrudd

Bildene av bøyebruddet, viser tydelig de delene i underkant av bjelken som har sprekt utover ved bruddet. Snittet er omtrent ved bjelkens $L/2$, og kan sees i sammenheng med neste bilde.



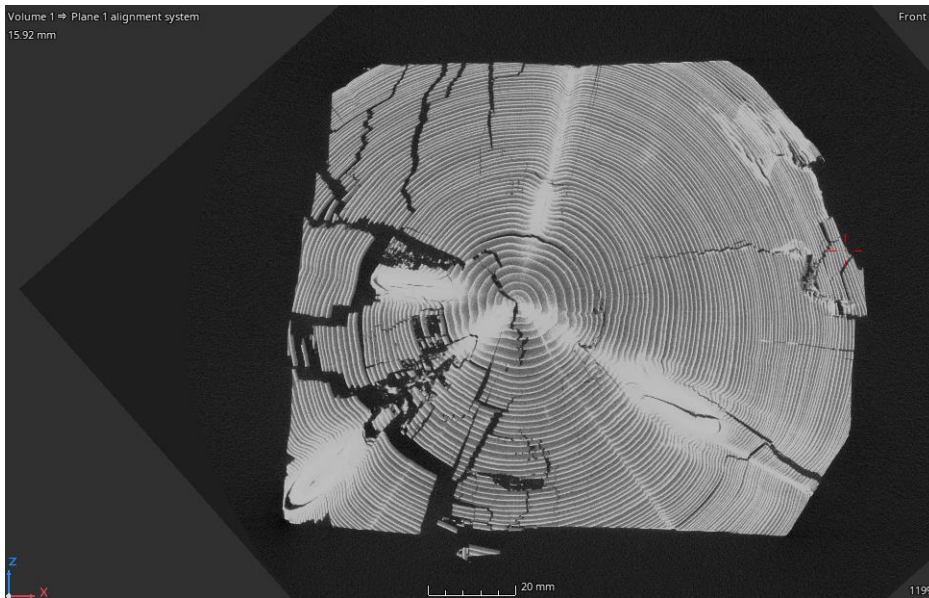
Figur 27: CT av tverrsnitt til bøyebrudd. Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022)



Figur 28: Emne av bøyebrudd til CT (Foto: Privat)

Som man ser av bildene ovenfor, er det ganske enkelt å tyde de forskjellige kjennetegnene i stokken. Teipen er til stede for å holde sammen alle stykkene ved uttak fra original bjelke etter brudd.

Videre på figur 29, kan man se flere kvister i samme tverrsnitt. Disse sees som hvite prikker, eller avlange ovaler. Snittet er ganske nøyaktig ved $L/2$.



Figur 29: CT av bøyebryddstverrsnitt med kvister. Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022)

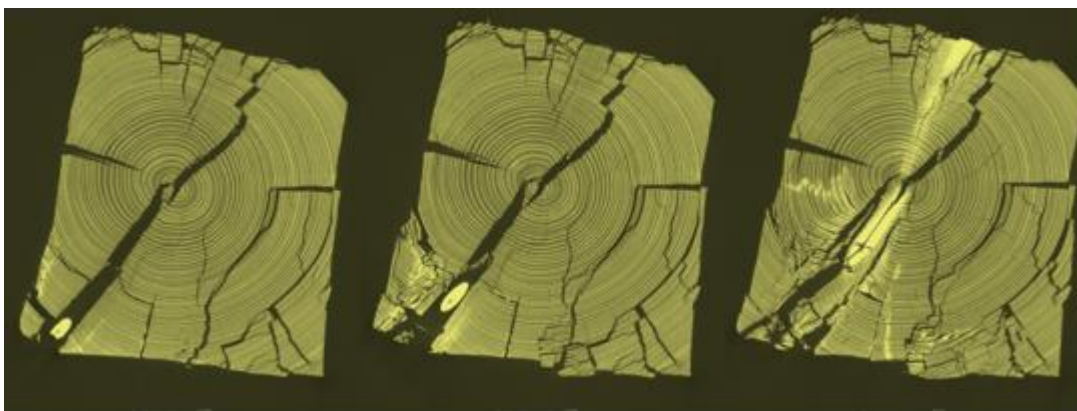
5.4.2 Trykkbrudd

Trykkbrudd oppstod kun på én av ti tester. Figur 30 viser hvordan bruddet artet seg. Det er ingen spredning av fiber utover, slik som ved bøyebruddet. Bildene viser flere lengre kvister rundt stokken i området hvor bruddet har oppstått.



Figur 30: Trykkbruddet (Foto: Privat)

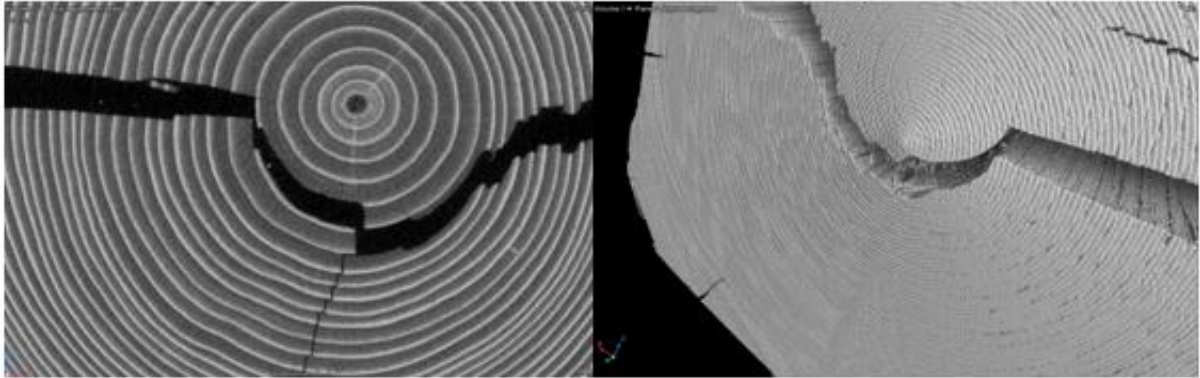
Dette vises enda tydeligere i figur 31, hvor man kan se kvisten fra bildet til høyre i figuren over, og følge den fra ytterkant og inn til ungdomsveden.



Figur 31: Kvistens utstrekning gjennom trykkbruddet. Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022)

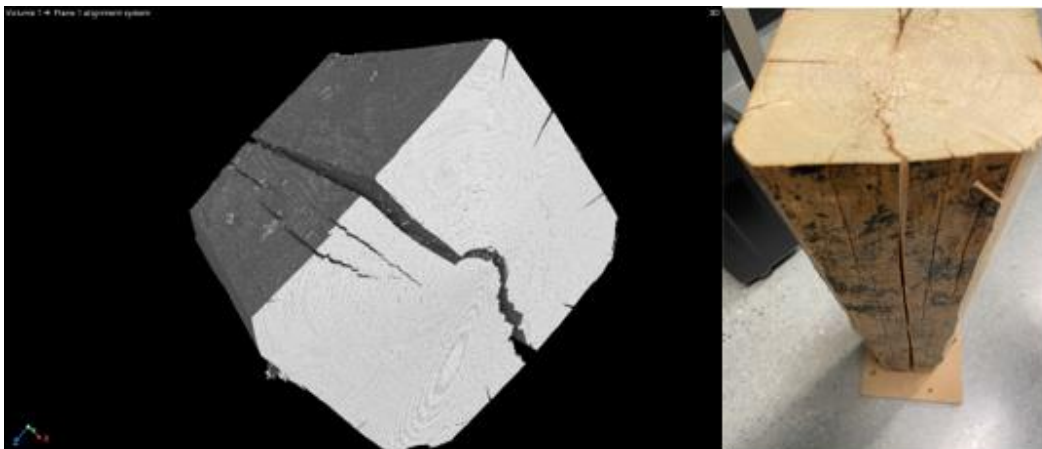
5.4.3 Skjærbrudd

Skjærbruddet var nokså normalt, men fulgte en årring fra ungdomsveden en runde før den fortsatte rett ut.



Figur 32: Skjærbrudd, tverrsnitt, CT. Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022)

Videre viser figur 32 og 33 at stokken delte seg i to langs egen lengde, og delene ble skjøvet fra hverandre.



Figur 33: Skjærbrudd, CT. (Foto, Privat) Illustrasjon: (Volume Graphics of Hexagon, 2022)

6 Diskusjon og analyse

Ved starten av prosessen hadde vi begrensa med kunnskap om de forskjellige standardene, så arbeidet med å forstå hva som skal bedømmes var et viktig grunnlag. Vi valgte derfor å bruke mye av tiden til å begynne med på å sette oss inn i en rekke forskjellige standarder og lovverk som ville være relevant både for mulig videre bruk, og for å kunne vurdere og bedømme virket vi hadde som mål å få testet. Vi fant også etter hvert ut at det ville være relevant å finne kunnskap om hvordan virket ble tatt ut, og hva som ble lagt til grunne den gangen bygget ble satt opp. For å få en forståelse for mange av disse punktene, har vi måttet se både på historiske tradisjonsbærende kunnskap, og reguleringer og bestemmelser gitt av forskjellige konger og styresmakter opp gjennom tiden. Sammen med den lokale byggeskikken og tilgangen på virke der bygget var oppført, har alle disse punktene vært med å forme de valgene som har blitt gjort før, under, og etter byggeprosessen til garasjen.

6.1 Nedplukking og sortering

Da vi satte i gang med demontering av bygget, hadde vi på forhånd gjort en enkel vurdering etter standarden for visuell bedømming. Det for å se om det var muligheter for å kunne nytte noe av materialet, og hvilken antagelse vi kunne få bare ved å studere det enkelt på overflaten. Det ga oss en enkel oversikt over hvor mye av virket som var i garasjen som vi antok kunne være nyttbart etter demontering. Vi gjorde også en vurdering av hvor mye virke som kunne være mulig å ta ut, som ga oss en sum på omtrent 12 m³.

Etter hvert som vi satte i gang med å ta ned garasjen, så vi at flere av de delene vi hadde tenkt kunne være nyttbare for målinger, ikke ville tilfredsstillende kravene i standarden. Men vi oppdaget også at det var ting vi ikke hadde sett som kunne nyttes i en langt større grad enn først antatt. Med god hjelp fra en lokal maskinfører som plukket delene fra hverandre med maskin, ga det en stor mengde med demontert virke. Vi demonterte, tok ut spiker, sorterte og la på en henger for transport til Begna bruk. Dette ble gjort for å sikre at en ikke skulle få opptrekking av fukt i materialet da det var snø på marken og solgang som ville gi opptining.

Siden det var brukt mye hjemmesmidde spiker av store dimensjoner, i tillegg til grove bolter med muttere, var vi avhengig av å gjøre en del manuell demontering for å ikke skade virket. Det førte til at en måtte bruke omtrent to arbeidsdager på å fullstendig klare å demontere

bygget. Vi var fire som var med på jobben i tillegg til maskiner og utstyr, noe som det bør ses på i forhold til hvordan prisen på det man tar ut vil bli. Vi har ingen tidligere kunnskap om demontering av tilsvarende bygg, og det vil være svært avhengig av personell. Det både med tanke på kunnskap om hvordan bygget er satt sammen, og sikkerhet ved demontering. Man bør se på hvordan prosessen for en demontering vil bli ved at arbeid gjennomføres fullt ut av en entreprenør. Dette bør sammenlignes med hva prisen på det man får ut, og den totale mengden som er nyttbart direkte videre.

Etter demontering så vi at det var svært mye arbeid med å få ut alt av spiker og skruer i tillegg til å demontere de franske låsene som var rundt i bygget. Ved å ha tilgang til en del annet utstyr en hva vi hadde, og med mer erfaring, antar vi at det kunne vært gjort på kortere tid. Mengden med materiale som ble tatt ut, og som ble definert som nyttbart i etterkant, var større enn det vi først hadde antatt, noe som taler til prosessens fordel. Vi mener det er også viktig å se på mulighet er for fjerning av spiker ved andre metoder enn manuelt arbeid, da dette var svært tidkrevende. Det er også viktig å se på og vurdere i hvor stor grad en er avhengig av å fjerne alt av spiker og annet metall i virke når det ikke skal sages eller høvles før videre bruk.

Etter hvert som vi demonterte og fikk studert store deler av materialet mere nøyaktig og kunne sammenlikne det med annet virke som en i dag nytter. Fant vi ut at det er store forskjeller på dimensjoner og utforming av virket som ble nytta da bygget ble satt opp og det som en i dag bruker. Det vil derfor være naturlig å måtte vurdere om en ville måtte omarbeide en del av det til andre dimensjoner for at det skal kunne pass inn igjen i nye bygg. I bygget som ble demontert var mye av virket skjært i boksform for å utnytte stammen maksimalt, samtidig som det har vært akseptert at virket hadde vankant. Vi tenker at siden det har vært nyttet en slik skurmetode på det opprinnelige materialet så gir det mulighet til å sage det på nytt. Men at det vil da være svært viktig at materialet ikke inneholder rester av metall eller andre biter som vil kunne gi skader på sagblader og høvler ved saging og endringen av dimensjoner.

6.2 Visuell bedømmelse

Etter at materialene var transportert til Begna, gikk vi gjennom hver enkelt av dem, og sorterte etter dimensjoner. Alt av virke som vi fysisk så at hadde for store skader gjennom brudd, råte, eller dimensjoner som var for korte til å nyttes, ble fjernet.

Alle rundstokkene vi hadde antatt ikke kunne nyttes, viste det seg at et lokalt tømmerfirma ville bruke til å skifte ut bunnstokker i noen eldre laftede låver. Slik at det kunne nyttes direkte slik som de var med bare to avskårne sider. Mye av kledningen som vi også hadde antatt var i for dårlig forfatning til å nyttes, fant en også ut at var mulig å benytte til massivtreelementer. Det gjorde at en kunne nytte en langt større andel av virket enn det vi først hadde antatt var mulig. I henhold til Trommald og Amundsens oppgave, ønsker man gjerne å bruke virke av lavere kvalitet og med mindre skavanker i senter av nye elementer.

For den videre bedømmelsen av virket, fikk vi hjelp fra Andreas Stenstad fra Norsk Treteknisk institutt. Dette ble gjort for å sikre en så riktig bedømmelse som mulig gitt i henhold til standarden. Vi hadde gjort et forsøk på forhånd for å teste ut hvordan vi forstod de gitte punktene. Man så i etterkant at vi hadde vært mer konservative, og lå gjennomsnittlig en kvalitetsklasse dårligere enn hva vi fikk med hans hjelp. Dette viser at standarden gir mye rom for vurderinger som påvirker resultatet i en negativ retning når en ikke har nok erfaring med den på forhånd.

I prosessen med den visuelle bedømmelsen, fikk vi god innsikt i punkter som er med å påvirke kvaliteten; som kvist, tørkesprekker, årringsbredde, vridning, deformasjon, ringsprekker, fiberhelning, vankant, dimensjonstoleranser, misfarging, og soppangrep. Disse er både mange og samansatte, slik at det her er viktig med et godt system for å sikre at en ikke gjør feil i prosessen. Det som forenkler en del av den visuelle bedømmelsen, er at det dårligste punktet i resultatet blir bestemmende for virket.

På materialene i bygget vi studerte, så man lite kvist, og den kvisten som var synlig før demontering, var av små dimensjoner. Det ga derfor gode resultater for mye av virket. Videre ble det målt tørkesprekker, og her var det et større antall, og til tider en del som gikk over større lengder sammen med at de gjekk rundt hjørner som ga store reduksjoner i virkets kvalitet. Årringsbredden som ble målt, var svært smal, og ga derfor høye kvaliteter i sammenheng med lite deformasjoner, vridning og ringsprekker. Mye av virket hadde vankant da det var utnyttet maksimalt. Men det vi fant ut, er at naturlig avslutning mot barken, gir en sterkere overflate, selv om det ikke fyller målene i henhold til standarden. Det var lite deformasjon og misfarging, men litt sopp og råte der det hadde vært et hull i taket.

Ved å ha sortert alle materialene på forhand, ga det oss en god oversikt over hva de hadde vært benyttet til og hva som hadde påvirket de av belastning. Når vi skulle bedømme og

sortere ut virke til testing, fant vi at de emnene som var best egnet, var strekkstaget på sperren som var demontert. Disse hadde dimensjoner som gjorde det mulig å få riktig lengde i forhold til hva som er satt som ønsket i teststandard. Da vi jobbet oss gjennom materialene for å gjøre den visuelle bedømmelsen, ble det fort klart at det var lange sprekker, og sprekker som gikk rund hjørner som var av de viktigste årsakene til at en fikk redusert kvalitet, eller i verste fall kast av virket. Her plukket vi ut alle ni for å få et lite målegrunnlag, i tillegg ble det tatt ut et stykke fra omrammingen som bandt bygget sammen.

En må ha i hodet at den gangen bygget ble satt opp, var det sannsynlig at virket som ble plukket ut, ble sortert for å nyttiggjøres best mulig. Slik at et stykke som har vært brukt som en del av en sperre, vil sannsynlig være av bedre kvalitet. Hvordan vi bedømmer virket i dag i henhold til standarden, kan være avvikende i forhold til den overleverte kunnskapen som var nyttet da bygget ble satt opp. Det vil nok også ha vært av stor betydning hvem som var ansvarlig for bygget da det ble satt opp, og hvilken kunnskap og erfaringer den hadde. Dette er ting som vi i dag ikke kan måle eller få gjort noen vurdering av, men vi kan si noe om hvilket valg som har vært gjort i byggeprosessen. Vi er kjent med at store deler av virket var senvokst gran, med tette årringer og lite kvist. Det gjelder for stort sett alt av virket vi var gjennom.

Det har vært drevet aktiv forvaltning og uttak av skogen på gården i flere generasjoner, og dette med tilgang til egen sag. Vi antar derfor at det har vært både tilgang på virke av god kvalitet, og god kunnskap bland de som jobbet med det. Den gangen bygget ble satt opp, var mellom to perioder der det ikke var noen form for regulering av hvordan solgt trevirke skulle være. Men det er kjent at den overførte kunnskapen som fantes mellom fagfolk, har blitt videreført helt tilbake til vikingtid. Vi velger derfor å basere materialkunnskapene som ble nyttet i bygget for å være noe som var tilegnet fra andre fagfolk. Det ga en kunnskapsoverføring mellom generasjoner, og en utvikling gjennom tiden, sammen med ny kunnskap som kom til. I denne prosessen hadde en ikke skriftlege kilder eller nedtegnede forklaringer som sikret kunnskapen. Men man fikk variasjoner mellom fagfolkene som jobbet med det og hvor flinke disse var til å tilegne seg kunnskap og ny lære.

Vi lurer på om det vil være mulig å kunne gjøre endringer i NS-INSTA 142, eller lage en egen standard slik at en fortsatt opprettholder en kvalitet som er tilstrekkelig. Det er også viktig at den da gjør ombruk av materialer enklere og lettere å handtere. Vi har sett gjennom oppgava at det er enkelt punkt som gir stor reduksjon uten at det nødvendigvis gir det samme

når en gjennomfører tester. Det kan være slik som fargeendring i overflaten av materialet, vannkant, osv. Vi ser en mulig løsning at en har en form for sortering når bygget blir demonter som gjør at materialene blir sortert etter hva slags belastning de har vært nyttet til og best tilpasset. En slik del av nedplukking vil kreve kunnskap blant de som gjør jobben og må vurderes opp mot effektivitet og hvilken gevinst en har av det.

6.3 Fuktmålinger

I prosessen med å ta ut emner til testing, ble det også gjennomført fuktmålinger for å se hvor mange prosent fukt materialet inneholdt. Vi hadde også gjort en liknende undersøkelse med tilsvarende utstyr den første dagen i var og studerte bygget. Vi fant ut i etterkant at utstyret ikke hadde blitt kalibrert på en stund, slik at vi hadde fått resultater som var omtrent 2 % til 4 % for lite i forhold til hva som var rett. Denne dagen ble målingene gjort med to tilsvarende målehammere for å være sikre på at vi fikk riktig resultat. I etterkant så vi at dette ga et resultat som var opp mot det som vi hadde forventet. I resultat ser vi at det ga mellom 16,1 % og 17,3 % fukt i virket, noe som ville være innenfor det en kunne forventes for et kaldt innlandsklima på vinterstid. Se tabell 4.

Det var allerede skepsis knyttet til resultatene fra de første målingene. Spørsmålet som oppstod ved de første målingene, var at resultatet vi fikk tilsa at virket skulle ikke ha noen form for fri fukt i cellene. Noe som ikke er naturlig når det har stått i et uoppvarmet bygg med åpne løsninger mot vær og vind. I denne delen av prosessen var vi også blitt kjent med at ved den maskinelle testen ville det bli tatt densitetsprøver av virket. Dette ville gi grunnlag for å sammenlikne resultater. Det ga oss enda en måling på fukt i virket, men at vi nå ville få noe lavere tall i og med at vi hadde flyttet virket inn, og det ville fortsette å tørke en periode før vi fikk gjennomført testen i lab.

Gjennom prosessen hadde vi vært opptatt med å pakke og lagre virket på en slik måte at det skulle være så liten påvirkning som mulig. Dette for å unngå at vi skulle tilføre fukt gjennom lagring av virke på frossen og snødekt mark. Virket var også godt innpakket ved transport.

Da trevirke er noe som påvirkes til tider i svært stor grad av mengden med fukt det inneholder, har vi ved mange av delene av prosessen, sett det som viktig å prøve å påvirke

den delen i så liten grad som mulig før vi skulle gjennomføre testene. Siden trevirket er et hygroskopisk materiale, vil det ved hver mulighet prøve å tilpasse seg det klima det befinner seg i. Vi har dermed forsøkt å unngå direkte overflatefukt som vil kunne trekke inn i virket.

6.4 Maskinell test

Testingen som ble gjennomført hos Treteknisk ga overraskende høye verdier. I forkant var hypotesen at trevirket mest sannsynlig ville være av høyere fasthet enn det du får som hylleware i dag. Vi så for oss et tall i området C30 til C40. Dette er med grunnlag i historisk hogst, og hvordan en plukket ut trær til hvert sitt formål.

Ut ifra testene som ble gjennomført er det vanlig med 3 ulike bruddformer, alle 3 oppsto også i vår testing.

Ettersom dette er en bøyespenningsstest, er det også mest vanlig at den ryker grunnet for lav strekkspenningskapasitet i underkant av bjelken. Dette gir et bøyebrydd, og innebærer at bjelken ryker ved omtrent $L/2$ der momentet er størst, og er stabil over en lengre lengde. Bryddet bruker å oppstå i bunn av bjelken hvor fiberne som er utsatt for strekk ikke tåler det påsatte momentet. Fem av bjelkene som ble testet, røk på grunn av denne type spenning.

Litt overaskende, var at fire av bjelkene røk på grunn av skjær. Dette oppstår når bindingene mellom fiberne parallelt med bjelken ikke tåler skjærkreftene som blir påsatt. Dette bruker å oppstå fra en av endene av bjelken og lager et vannrett brydd der den de ulike halvdelene forskyver seg horisontalt. Hoved teorien til at dette skjedde er at skjærkreftene og momentet som oppsto nærmere midten kombinert var nok til at fiberne i bjelken ikke tålte spenningen. Tester som kan måle hvor sterk bjelkens skjærkapasitet er, står beskrevet i NS- EN 408 og anbefales testet før prosjektet går videre.

Siste bryddformen som oppstod, var et trykkbrydd. Kun én av bjelkene røk av dette. Ut fra reaksjonen til personellet som jobber på Treteknisk, skjønnte vi at dette brukte sjeldent å oppstå. Det er fordi trykkapasiteten til konstruksjonsvirke er betraktelig sterkere enn strekkapasiteten. Dette bruker å hende i området mellom $L/3$ og $2L/3$ fordi det er der momentet er størst og konstant. I det øvre sjiktet i bjelken presses fibre sammen på tvers av bjelken, noe som gjør at bjelkens kapasitet blir lavere og knekker ytterligere.

Som vi ser av resultatene, fikk vi bøyemotstander mellom 56,73 og 77,37 N/mm². Dette resultatet var så overraskende høyt at forbipasserende kolleger av våre lab-medhjelpere måtte stoppe og se.

Ved å sammenligne tallene som kom ut fra de ulike testene med Tabell 1 fra NS-EN 338, finner vi styrkeklassen til virket som var testet. Se tabell 9. Vi ser at både bøyemotstand og karakteristisk E-modul tilsier at virket bør ha ganske høye klasser, mens densiteten og den gjennomsnittlige E-modulen trekker det ned. Dermed kan vi anta at vårt virke hadde en styrkeklasse på C35, fordi den minste bestemmer. Disse klassene er riktignok gjort med våre ti gjennomførte tester, hvorav alle emnene er fra samme kilde. Standardene for både visuell og maskinell sortering krever vesentlig høyere andel testemner enn dette for å kunne gi sikre tall.

Tabell 9: Styrkeklasse til ulike test typer

| Test type | Styrke klasse fra NS- EN 338 |
|----------------|------------------------------|
| $f_{m,k}$ | C50 |
| $E_{m,0,mean}$ | C35 |
| $E_{m,0,k}$ | C50 |
| ρ_k | C45 |
| ρ_{mean} | C45 |

6.5 Densitet

Som resultat av densitetsprøvene får en ut både hvilken tetthet virket har og hvor mye fukt det var i det før det blir tørket helt ut. Denne måten å måle fukt på er den aller mest presise, og gir oss også et resultat som kan sammenliknes med de resultatene vi fikk ved bruk av fuktighetsmåler. Som en ser av resultatet, ga det en variasjon mellom 11,9 % og 13,1 % fukt, som er svært nært opp til de målinger vi gjorde tidligere i prosessen. Det ga oss også dobbelt med dokumentasjon på de målinger vi har gjort var riktige.

Siden disse målingen ble gjort hos Treteknisk institutt, antar vi at det er liten sannsynlighet for at det skal være feil. Vi ser for øvrig god sammenheng med de målinger vi selv har gjennomført. Det vil likevel alltid være viktig å være nøyaktig i prosessen da det her er svært små marginer, og viktig at prosessen er gjort riktig.

Videre ga densitetsprøven svar på hvor stor andel av virket som var cellevegger, og hvor stor andel som var porer. Som Jon Bojer Godal har skrevet i sine bøker, er det en klar sammenheng mellom virkets tetthet og hvilken styrke det har. Når man ser på gjennomsnittene gir det C35 ved å se på verdiene som var mellom 451 og 563kg/m³ og sammenligne det med Tabell 1 i NS- EN 338.

Dette var likevel verdier som var langt over hva vi hadde forventet, og selv om det er den dårligste som er bestemmende for virket er det over det som er vanlig salgsvare i butikk. Densitet kan ved ganske enkle målinger gjøre maskinelt i industrien, og derfor er slike målinger en svært viktig parameter for å kunne vurdere i hvilken grad en kan nyttiggjøre seg av ombruksvirke.

Ved å videre studere hvor stor belastning virket tålte ved testing, vil det gi gode indikasjoner på om det er mulig å kunne bruke om virket direkte. Dette uten å måtte sette det inn i massivtre-elementer eller andre former for konstruksjoner der det bare er en del av det totale bærende systemet.

6.6 CT-skanning

Ut fra bildene fra CT-skanningen kan man se at virkesfeil som kvist ofte er grunnen til at brudd oppstår. I emnet som fikk trykkbrudd, ser man klart at bruddet går imellom to kvister i hvert sitt hjørne av stokken. Her er den største kvisten like i underkant av seks millimeter, men var likevel utslagsgivende. Dette kan være grunnet deres antall og plasseringer. Selv om de var grunn til brudd, var kapasiteten på emnene meget høye.

Noe som overasket oss etter CT-skanningen, var at sprekkene fra skjærbrudd ikke fulgte tørkesprekkene. Dette kom tydelig frem av bildene. Mens svakere årringer var utgangspunkt for flere kolvbrudd i de vi har undersøkt. En ser derfor at hvordan virket har det under vekstfasene, har en betydelig innvirkning på det ferdige produktet. En er kjent med at værforhold som tørke og lite nedbør i vekstperioden, fører til pineved som gir en cellestruktur i virket som er svakere, og som derfor er med på å gjør at slike brudd oppstår. Slike brudd vill lettere oppstå når tverrsnittet på emnet som blir testet er av tilnærmet kvadratisk form.

I de andre skjærbruddene var det stukning mellom fibre som lå på nøytralaksen når vi belastet de ved en firepunkts bøyetest. Her ser en hvordan fibre har blitt presset mot

hverandre, og til slutt gått over i et skjærbrudd. Bruddformen er horisontal bruddflate som går fra enden av virket, og inn til der skjærkreftene og skjærmotstanden blir like og bruddet stopper opp.

Det vil være nyttig å bruke CT som hjelpemiddel til å undersøke emnet før en gjennomfører testene. Dette kunne bidratt til å avdekke om det er sprekker i virket som ikke lar seg oppdage med det blotte øye. Slike maskiner finnes det i dag tilgjengelig, men de er nyttet til å bestemme hvordan en ønsker å skjære stokken på sagbrukene. Det kan være mulig å nytte slike til kontrollering og videreforedling av eldre virke også. Ved å ha gjennomført det, kunne en med en langt større sikkerhet kunnet sagt hvor bruddene vil oppstå. Man bør også vurdere hvordan en beregner sprekkenes påvirkning på materialet ved dimensjonering. Da det i standarden gis en sprekkefaktor, K_{cr} , på 0,67 for standard trevirke ved dimensjonering, mens den bør vurderes å kunne sette den helt ned til 0,5 når en nytter eldre trevirke med langt mere tørkesprekker enn ved ferskt og nytt. Det bør derfor gjennomføres et større antall tester der en kan få gjort målinger og beregninger slik at en kan se om det kan gi en matematisk modell av det vi ser.

Vi tenker også at CT kan være et godt hjelpemiddel for å kunne forutbestemme kvaliteten til virket uten å måtte gjennomføre testing, når en etter hvert får det nødvendige målegrunnlaget. Hvis en etter hvert ser at det er stor variasjon mellom de tester en gjennomfører, vil en CT kunne være med å sortere virket ved hjelp av bildene den skaper, og de data en kan hente ut. Siden dette er allerede tatt i bruk på sagbrukene for andre formål, og har en betydelig kapasitet, tenker vi dette handler om å bedre utnytte de muligheter som allerede ligger der.

7 Konklusjon

Det har vært mål om å finne dokumenterbare målte verdier som gir mulighet for å gjenbruke virket direkte fra tidligere bygg, uten å måtte gjennomføre tester eller målinger for hvert enkelt prosjekt. Man ser det derfor som formålstjenlig å kunne lage en tilsvarende dokumentasjon for virket på samme måte som en har for nytt. Det er derfor vært lagt til grunne å nytte de samme standarder og krav for å ha samsvarende resultat gitt virkets kvalitet.

De resultatene vi har fått, viser at det er svært høy kvalitet på de gjennomførte testene. Det vil derfor være en god mulighet for å kunne nytte virket direkte i en ny konstruksjon med tilsvarende belastning. Som vist er kvaliteten til virket C35 eller bedre, noe som er betraktelig bedre enn virket man i dag kjøper i butikk, som er på C24. Da det er her gjort målinger på et begrenset antall, og fra bare et enkelt bygg, bør det gjøres flere målinger fra flere tilsvarende bygg. Dette for å sikre at det ikke er tilfeldigheter eller stor bevissthet rundt valg av materialer i det enkelte bygget som har ført til resultatet.

Mange av våre undersøkelser og målinger er gjort med grunnlag i de gitte standarder som er nyttet for tilsvarende ferskt virke. Disse tar ikke høyde for eller betraktning til at vi vil få en omstilling av hvordan vi håndterer og nytter oss av de ressursene vi allerede har i bruk rundt oss. Man bør derfor også videreføre arbeidet slik at det i fremtiden vil være slik at disse gir rom for den ombruken som vi her ønsker å nytte oss av.

Ut fra CT-bildene ser vi at kvist har en betydelig effekt på virkets kvalitet. Treverket som var testet hadde svært lite kvist, noe som var en bidragsyter til at virket var så sterkt.

Det en ser kan være negativt med en slik type ombruk, er at det kan være arbeidskrevende å kunne skaffe tilveie den mengden med materialer som vil være nødvendig. Sammen med at det er mye jobb med demontering og fjerning av spiker, er dimensjonene en får ut varierende. Når en da skal bruke om igjen, kan det gi utfordringer da det ikke passer til de anvendte standardmålene en bruker i dagens bygg.

Vi ser det som viktig at en ser på disse resultatene bare som en veileder for at det bør jobbes videre, for å kunne bekrefte resultatene. Det er grunnet usikkerhet til tallene våre, knyttet til både antall målinger og valg av prøvestykker. Hvis man skal kunne fastsette styrkekvaliteten til virket må man ha en mye større datamengde. Forsøkene som ble gjort i denne oppgaven

kan brukes som en pekepinn for at prosjektet burde gås videre med. Det er også sett på virke som hogget sist på 1800-tallet og en bør derfor vurdere å se på virket fra flere perioder. Dette for å se om det kan være endringer eller variasjoner som har skjedd i tiden som har påvirka materialet.

Resultatene er svært lovende, men det bør jobbes videre med for å få nok dokumentasjon for de målinger som vi har fått, og for å sikre et tilstrekkelig grunnlag.

Det er derfor god mulighet for å kunne nyttiggjøre seg av virke i fremtiden som i dag allerede finnes i bygg, men at dette må jobbes videre med. Vi har derfor stor tiltro til at man vil kunne finne løsninger som både gir gode løsninger for bygg, og samtidig er bærekraftige og framtidsrettet. Virke som kom fra garasjen, men ikke ble testet ble brukt til en badstue på Kadettangen, som er laget av Norsk Massivtre. Se vedlegg 12-15 for bilder derifra.

Ordliste

A

andrestokk23

ved lange og fine stammer kan en ha mulighet til å ta ut flere lengder som oppfyller kravet, og er stokken mellom rotstokk og skatstokk

anisotropisk16

beskriver en egenskap der forholdene er ulike avhengig av retning.

E

ettertørk21

uttørkingen av materialet etter at det er skjært.

F

feitved.....18; 24

furuvirke som inneholder store mengder med malmet virke, som gir det en naturlig impregnering.

flatehogst17

større områder der alt av skog blir hogget ned samtidig.

fløtet23

tømmer som ble sendt med elvene til sagbrukene.

H

hygroskopisk16

materialet evne til å tilpasse seg det miljøet det er i.

L

lunner.....23

stabler som tømmeret blir lagt opp i for å tørke

M

myktre.....46

trevirke av bartre, som har en gjennomsnittlig lavere densitet en hva en finner hos lauvtre.

P

plukkhogst17

uttak av enkelte trær tiltenkt bestemte oppgaver og la gjenstående skog få vokse videre.

S

skatstokk.....23

øverste delen av stammen som kan nyttes til skjæring.

spikerkvist18

kvist som står beint ut fra stammen og har en tilnærmet 90 grader vinkel med stammen.

stukning66

fiber som presses mot hverandre til de bøyes eller

T

Taigaen16

er det store bartre området som dekker den nordlige delen av kloden.

teiger.....19

skogområde som har én eier.

tennarved22

materiale som på grunn av vekstforhold har bøyd form.

U

umål.....18

nytte materialer som er større en det som er nødvendig.

Litteraturliste

- Bell, K. (2017). *Dimensjonering av trekonstruksjoner*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Bell, K. (2017). *Konstruksjons mekanikk, Fasthetslære del 2*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Carl Zeiss AG. (2022, April 27). *3D X-Ray Measurements for Quality Assurance*. Hentet fra <https://www.zeiss.no/metrology/products/systems/computed-tomography/metrotom.html>
- Den europeiske standardiseringsorganisasjon. (2002). *NS-EN 13183-1*. Oslo: Standard Norge.
- Den europeiske standardiseringsorganisasjon. (2009). *NS-INSTA 142*. Oslo: Standard Norge.
- Den europeiske standardiseringsorganisasjon. (2010). *NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010*. Oslo: Standard Norge.
- Den europeiske standardiseringsorganisasjon. (2012). *NS-EN 408:2010+A1:2012*. Oslo: Standard Norge.
- Den europeiske standardiseringsorganisasjon. (2017). *NS-EN 14298*. Oslo: Standard Norge.
- Den europeiske standardiseringsorganisasjon. (2018). *NS-EN 14081 (1-3)*. Oslo: Standard Norge.
- Den europeiske standardiseringsorganisasjon. (2019). *NS-EN 384:2016+A1:2018*. Oslo: Standard Norge.
- Den Norske ingeniørforening, Norges standardiserings forbund og Norges trelastforbund. (1953). *Trekonstruksjoner, regler for beregning, konstruksjon og utførelse*.
- FN-sambandet. (2022, Februar 23). *FNs bærekraftsmål*. Hentet fra Ansvarlig forbruk og produksjon: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon>
- Godal, J. B. (1996). *Tre til laft og reis*. Håkøybotn: Landbruksforlaget trykkeri.
- Godal, J. B. (2012). *Tekking og kledning med emne fra skog og mark*. Trondheim: Akademika forlag.
- Godal, J. B., Moldal, S., Oalann, T., & Sandbakken, E. (2018). *Beresystem i eldre norske hus, 3. utgåve*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Grønmo, S. (2022, 03 28). <https://snl.no>. Hentet fra https://snl.no/kvantitativ_metode: https://snl.no/kvantitativ_metode

- Hoen, H. F. (2021, Mai 6). *Store norske leksikon*. Hentet fra Kolv (kolvsprekk):
https://snl.no/kolv_-_kolvsprekk
- Løvås, G. G. (2018). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. Undersivitetforlaget.
- Microsoft Excel. (2022, 03 28). <https://www.microsoft.com>. Hentet fra
<https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/excel>:
<https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/excel>
- Nagoda, L., & Nyrud, A. Q. (1992). *Feil og uregelmessigheter hos trevirke*. Ås: Norges Landbrukshøgskole.
- Nilsen, H. R. (2021, Mai 3). *Sirkulær økonomi*. Hentet fra
https://snl.no/sirkul%C3%A6r_%C3%B8konomi
- Norsk institutt for bioøkonomi. (2019, September 29). Hentet fra Ombruk av tre:
<https://www.nibio.no/prosjekter/fremtre>
- Norsk treteknisk institutt. (2009). *Treteknisk håndbok*. Oslo: Norsk treteknisk institutt.
- Norsk Treteknisk Institutt. (2021). Hentet fra SirkTRE er i gang!:
<https://www.treteknisk.no/aktuelt/sirktre-er-i-gang->
- Protimeter Amphenol Advanced Sensors. (2020). *Protimeter MMS2*. Hentet fra
<https://www.protimeter.com/mms2>
- Riksantikvarieämbetet og Nordiska museet. (1982). *Var virket bättre förr?* Uddevalla.
- Schjelderup, H., & Storsletten, O. (1999, November). *Grindbygde hus i Vest-Norge*. Hentet fra Norsk institutt for kulturminneforskning: https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2008120300109?page=0
- SirkTre. (2021). *Hjemmeside SirkTRE*. Hentet fra <https://www.sirktre.no/>
- Skaug, E. (201?). *Publikasjon nr. 40: Trevirkets oppbygging og egenskaper, bartrær*. Hentet fra Hjemmeside Trefokus: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/40-Trevirkets-oppbygging-og-egenskaper.pdf>
- Statistisk sentralbyrå. (2022, 4 22). <https://www.ssb.no>. Hentet fra <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft>: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft>
- Trommald, G. G., & Amundrød, K. W. (2020). *Bruk av returtre i KL-tre-elementer*. Ås: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Tronstad, S., & Steiner, Y. (201?). *Publikasjon nr. 33: Rett trelast*. Hentet fra Hjemmeside Trefokus: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/33-Rett-trelast.pdf>

UiO. (2022). *Students t-fordeling*. Hentet fra Universitetet i Oslo:
<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/matematikk/students-t-fordeling.html>

Volume Graphics of Hexagon. (2022, Mai 11). *Volume Graphics' hjemmeside*. Hentet fra VG Studio Max: <https://www.volumegraphics.com/en/products/vgsm.html>

Wallin, B. (1990). *Rikere Skog*. Jönköping: Skogstyrelsen.

Vedleggs-liste for eksterne vedlegg.

| |
|---|
| Gjeldende PM 101-02 Bøye og E-modul Returtre |
| Densitet PM 101-02 Bøye og E-modul Returtre |
| Test 1.cvs |
| Test 2.cvs |
| Test 3.cvs |
| Test 4.cvs |
| Test 5.cvs |
| Test 6.cvs |
| Test 7.cvs |
| Test 8.cvs |
| Test 9.cvs |
| Test 10.cvs |
| PM 101 2-syl Global E-modul, test av returvirke |
| Beregningsfil |

Vedlegg

Vedlegg 1: Begrensinger for fasthetsreduserende egenskaper.

| Virkesfeil | T3 | T2 | T1 | T0 |
|--|---|---|---|---|
| Enkeltkvist | Kantside: Høyst 1/3 av tykkelsen Flatside: Høyst 1/6 av bredden | Kantside: Høyst 1/2 av tykkelsen Flatside: Høyst 1/4 av bredden | Kantside: Høyst 4/5 av tykkelsen Flatside: Høyst 2/5 av bredden | Kantside: Hele tykkelsen Flatside: Høyst 1/2 av bredden |
| Gankvist | Ikke tillatt | Kantside: Som enkeltkvist Flatside: Lengde høyst lik virkesbredden. | | Tillatt |
| Kvistgrupper | Største tillatte samlet kvistmål er lik målet på største tillatte flatsidekvist + største tillatte kantsidekvist. | | | |
| Kvist i firkant | Høyst 1/5 av siden | Høyst 2/5 av siden | Høyst 3/5 av siden | Høyst 4/5 av siden |
| Kvistgrupper i firkant | Største tillatte samlet kvistmål er 4 ganger største tillatte enkeltkvist. | | | |
| Fiberhelling | Høyst 1:10 | Høyst 1:8 | Høyst 1:6 | Høyst 1:4 |
| Årringbredde | Høyst 4 mm | Høyst 6 mm | Høyst 8 mm | Ingen begrensning |
| Ringsprekk | Ikke tillatt | Tillatt med en total bredde (begge sider av margin) på 50 mm (dybde = 25 mm) i inntil 0,5 m lengde. | | Tillatt i opptil 1 m lengde |
| Tørkesprekker, ikke gjennomgående (total lengde) | Tørkesprekker med dybde under halvparten av tykkelsen er tillatt uten begrensninger. | | | |
| | Tillatt i opptil 1 m lengde men høyst 1/4 av lengden. Sprekk kan ikke gå over hjørne. | | Tillatt i opptil 1,5 m lengde, men høyst 1/2 av lengden. Sprekk kan ikke gå over hjørne. | Tillatt i hele virkeslengden |
| Sprekk, gjennomgående | Kun tillatt i ender i en lengde lik virkesbredden, men høyst 150 mm. | | | Tillatt med en total lengde opptil 0,5 m. Tillatt i ender i en lengde lik virkesbredden, men høyst 150 mm. |
| Toppbrudd og vre | Tillatt i 1/4 av bredden. Ikke tillatt i ytre 1/4 av bredden. | Tillatt i 1/2 av bredden. Ikke tillatt i ytre 1/4 av bredden. | | Tillatt i 3/4 av bredden |
| Trykkbrudd | Ikke tillatt | | | Små skader tillatt |

Vedlegg 2: Begrensninger for vankant og dimensjonstoleranse.

| Virkesfeil | T3 | T2 | T1 | T0 |
|----------------------|---|----|----|----|
| Vankant | I ethvert tverrsnitt skal minst 2/3 av både kantside og yteside være bearbeidet. | | | |
| Dimensjonstoleranser | Referansefuktigheten er 20 %. Gjennomsnittlig tykkelse og bredde skal ikke være lavere enn nominelt mål. Toleranse klasse 1: Tykkelser og bredder ≤ 100 mm: + 3, -1 mm. Tykkelser og bredder > 100 mm: + 4, -2 mm. Lengde: Negative avvik er ikke tillatt. Toleranse klasse 2: Tykkelser og bredder ≤ 100 mm: ± 1 mm. Tykkelser og bredder > 100 mm: ± 1,5 mm. Lengde: Negative avvik er ikke tillatt. | | | |

Vedlegg 3: Største deformasjon over 2 m lengde. Normale krav.

| Virkesfeil | T3 | T2 | T1 | T0 |
|--|------------------------------------|----|------------------------------------|----|
| Flatbøy w | 10 mm | | 20 mm | |
| Kantkrok x | 8 mm | | 12 mm | |
| Vindskjevhet y | 1 mm per 25 mm bredde av trelasten | | 2 mm per 25 mm bredde av trelasten | |
| Kuving | Ingen krav | | | |
| MERKNAD 1 Kravene tilsvarende minstekravene til deformasjon er nedfelt i NS-EN 14081-1. | | | | |
| MERKNAD 2 Deformasjoner henger sammen med fuktighetsinnhold og kan derfor endres over tid. | | | | |

Vedlegg 4: Største deformasjon over 2 m lengde. Spesielle krav.

| Virkesfeil | T3 | T2 | T1 | T0 |
|---|------------------------------------|----|----|-------------|
| Flatbøy w | 8 mm | | | Se tabell 3 |
| Kantkrok x | 5 mm | | | |
| Vindskjevhet y | 1 mm per 25 mm bredde av trelasten | | | |
| Kuving | Ingen krav | | | |
| MERKNAD 1 Hvis trelast brukt i bygningskonstruksjoner har spesielle krav til deformasjoner, bør kravene til tillatte deformasjoner i tabell 4 legges til grunn. | | | | |
| MERKNAD 2 Deformasjoner henger sammen med fuktighetsinnhold og kan derfor endres over tid. | | | | |

Vedlegg 5: Begrensninger for misfarging og soppangrep.

| Virkesfeil | T3 | T2 | T1 | T0 |
|--------------------------|------------------------------------|---|----|---------|
| Blåved (se punkt 3.5) | Tillatt | | | |
| Barkbrunt (se punkt 3.7) | Tillatt | | | |
| Brent (se punkt 3.14) | Ikke tillatt | Gjennomgående ikke tillatt. Tillatt i opptil 1/4 av sidebredden hvor det forekommer i en lengde på opptil 0,5 m. Tillatt i opptil 1/8 av sidebredden i trelastens fulle lengde. | | Tillatt |
| Råte (se punkt 3.34) | Ikke tillatt, unntatt i råtekvist. | | | |

Vedlegg 6: Begrensninger for andre virkesfeil.

| Virkesfeil | T3 | T2 | T1 | T0 |
|--|---|---|----|--|
| Tennar (se punkt 3.11) | Ikke tillatt hvis formen til trelasten vil endres vesentlig når den tørker. Ellers er det tillatt i et omfang som beskrevet under. | | | |
| | Opptil 10 % av tverrsnittsarealet | | | Opptil 20 % av tverrsnittsarealet |
| Kvaelommer | Tillatt | | | |
| Tyrived | Tillatt | | | |
| Føyre (se punkt 3.31) | Tillatt i en bredde på opptil 1/5 av trelastens bredde, og i en lengde på opptil to ganger trelastens bredde. Gjennomgående godtas ikke. | Tillatt i en bredde på opptil 1/5 av trelastens bredde og i en lengde på opptil tre ganger trelastens bredde. Gjennomgående godtas ikke. | | Gjennomgående godtas ikke. |
| Værgrått | Tillatt | | | |
| Insektskader | Ikke tillatt | | | Små hull er tillatt |
| Skade forårsaket av håndtering, bearbeiding osv. | Ikke tillatt | Minst 95 % av tverrsnittet skal være uskadd. | | Minst 85 % av tverrsnittet skal være uskadd. |

Vedlegg 7: Begrensninger for fasthetsreducerende egenskaper.

| Virkesfeil | T2 | T1 |
|--|--|--|
| Kvistandel for enkeltkvister | Høyst 1/4 | Høyst 1/3 |
| Kvistandel for kvistgrupper | Høyst 1/3 | Høyst 1/2 |
| Fiberhelling | Høyst 1:10 | Høyst 1:8 |
| Årringbredde | Høyst 4 mm | Høyst 6 mm |
| Ringsprekk | Ikke tillatt | |
| Tørkesprekk, ikke gjennomgående (total lengde) | Tillatt i opptil 1 m lengde, men høyst 1/4 av lengden. Sprekk kan ikke gå over hjørne | Tillatt i opptil 1,5 m lengde, men høyst 1/2 av lengden. Sprekk kan ikke gå over hjørne |
| Sprekk, gjennomgående | Kun tillatt i ender i en lengde lik virkesbredden. | |
| Toppbrudd og vre | Ikke tillatt | |
| Trykkbrudd | Ikke tillatt | |

Vedlegg 8: Begrensninger for geometriske virkesfeil.

| Virkesfeil | T2 | T1 |
|----------------------|--|----|
| Vankant | I ethvert tverrsnitt skal minst 3/4 av både kantside og yteside være maskinbearbeidet. | |
| Flatbøy | 10 mm | |
| Kantkrok | 10 mm | |
| Vindskjevhet | 1,5 mm per 25 mm bredde | |
| Kuving | Ingen krav | |
| Dimensjonstoleranser | Referansefuktigheten er 20 %. Gjennomsnittlig tykkelse og bredde skal ikke være lavere enn nominelt mål. Toleranse klasse 1: Tykkelser og bredder + 3, -1 mm. Lengde: Negativt avvik er ikke tillatt. Toleranse klasse 2: Tykkelser og bredder: ± 1 mm. Lengde: Negativt avvik er ikke tillatt. | |

Vedlegg 9: Begrensninger til misfarging og soppangrep.

| Virkesfeil | T2 | T1 |
|------------|-----------------------------------|--|
| Blåved | Tillatt | |
| Barkbrunt | Tillatt | |
| Brent | Ikke tillatt | Gjennomgående ikke tillatt, ellers i en lengde på opptil 1 m |
| Råte | Ikke tillatt, unntatt i råtekvist | |

Vedlegg 10: Begrensninger for andre virkesfeil.

| Virkesfeil | T2 | T1 |
|--|--|----|
| Tennar | Tillatt kun i svært liten grad | |
| Kvaelommer | Tillatt | |
| Tyrived | Tillatt | |
| Føyre | Ikke tillatt | |
| Bark | Ikke tillatt | |
| Værgrått | Tillatt | |
| Insektskade | Ikke tillatt | |
| Skade forårsaket av håndtering, bearbeiding osv. | Minst 95 % av tverrsnittet skal være uskadd. | |

Vedlegg 11: NS- EN 338 styrkebestemmelser for konstruksjonsvirke.

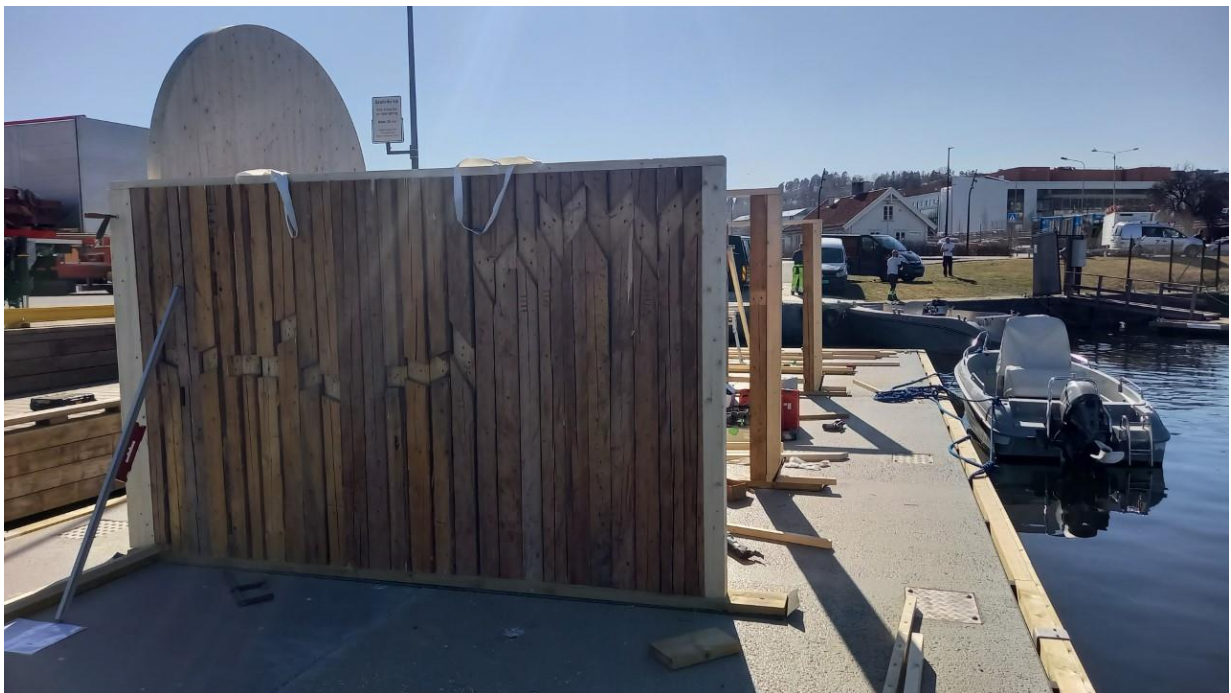
| NS-EN 338:2016 | | | | | | | | | | | | | EN 338:2016 (E) | |
|--|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|--|
| Table 1 — Strength classes for softwood based on edgewise bending tests – strength, stiffness and density values | | | | | | | | | | | | | | |
| | Class | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 | |
| Strength properties in N/mm² | | | | | | | | | | | | | | |
| Bending | $f_{m,k}$ | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | |
| Tension parallel | $f_{t0,k}$ | 7,2 | 8,5 | 10 | 11,5 | 13 | 14,5 | 16,5 | 19 | 22,5 | 26 | 30 | 33,5 | |
| Tension perpendicular | $f_{t90,k}$ | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | |
| Compression parallel | $f_{c0,k}$ | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 24 | 25 | 27 | 29 | 30 | |
| Compression perpendicular | $f_{c90,k}$ | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | |
| Shear | f_{vk} | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | |
| Stiffness properties in kN/mm² | | | | | | | | | | | | | | |
| Mean modulus of elasticity parallel bending | $E_{m0,mean}$ | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 9,5 | 10,0 | 11,0 | 11,5 | 12,0 | 13,0 | 14,0 | 15,0 | 16,0 | |
| 5 percentile modulus of elasticity parallel bending | $E_{m0,k}$ | 4,7 | 5,4 | 6,0 | 6,4 | 6,7 | 7,4 | 7,7 | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 10,1 | 10,7 | |
| Mean modulus of elasticity perpendicular | $E_{m90,mean}$ | 0,23 | 0,27 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,37 | 0,38 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50 | 0,53 | |
| Mean shear modulus | G_{mean} | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,69 | 0,72 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,94 | 1,00 | |
| Density in kg/m³ | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 percentile density | ρ_k | 290 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 360 | 380 | 390 | 400 | 410 | 430 | |
| Mean density | ρ_{mean} | 350 | 370 | 380 | 400 | 410 | 420 | 430 | 460 | 470 | 480 | 490 | 520 | |
| NOTE 1 Values given above for tension strength, compression strength, shear strength, char. modulus of elasticity in bending, mean modulus of elasticity perpendicular to grain and mean shear modulus have been calculated using the equations given in EN 384. | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTE 2 The tension strength values are conservatively estimated since grading is done for bending strength. | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTE 3 The tabulated properties are compatible with timber at moisture content consistent with a temperature of 20 °C and a relative humidity of 65 %, which corresponds to a moisture content of 12 % for most species. | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTE 4 Characteristic values for shear strength are given for timber without fissures, according to EN 408. | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTE 5 These classes may also be used for hardwoods with similar strength and density profiles such as e.g. poplar or chestnut. | | | | | | | | | | | | | | |
| NOTE 6 The edgewise bending strength may also be used in the case of flatwise bending. | | | | | | | | | | | | | | |

NS-EN 338:2016 provided by Standard Online AS for NTNU Universitetsbiblioteket 2020-01-23

Vedlegg 12: Innside av badstue laget av Norsk Massivtre og satt opp på Kadettangen.



Vedlegg 13: Vegg der utsparinger fra det opprinnelige bygget fremdeles kan sees, Norsk Massivtre.



Vedlegg 14: Kombinasjon mellom gammelt og nytt i badstue fra Norsk Massivtre



Vedlegg 15: Buet hvelvtak over badstue med vegger av ombrukt virke fra Ådal, Norsk Massivtre.

