



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Furu i nord

Egenskaper til konstruksjonsvirke av furu fra Troms og Finnmark

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 134 | 2021



Eirik Nordhagen (NIBIO, Divisjon for skog og utmark), Olav A. Høibø og Geir I. Vestøl
(NMBU, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning).

TITTEL/TITLE

Egenskaper til konstruksjonsvirke av furu fra Troms og Finnmark

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Eirik Nordhagen (NIBIO), Olav A. Høibø og Geir I. Vestøl (NMBU)

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR. /PROJECT NO.:	SAKSNR. /ARCHIVE NO.:
26.06.2021	7/134/2021	Åpen	51320	18/01469
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-02889-5	2464-1162	31		

OPPDRA GSGIVER/EMPLOYER:

Statsforvalteren i Troms og Finnmark (SFTF)

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Eirik Nordhagen (NIBIO), Helge Molvig (SFTF)

STIKKORD/KEYWORDS:

Troms, Finnmark, Furu, Konstruksjonsvirke, Bøyefasthet, E-modul (stivhet), Densitet

Troms, Finnmark, Scots pine, Construction material, Modulus of Rupture (MOR), Modulus of Elasticity (MOE), Density

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Bruk av tre

Use of Wood

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Hovedmålet i dette prosjektet har vært å undersøke egenskapene til konstruksjonsvirke av furu fra Troms og Finnmark. Tidligere undersøkelser av furu fra dette området har blitt gjennomført på små, feilfrie prøver, og det er behov for å dokumentere egenskaper til trelast i bruksdimensjoner for å vurdere om kravene til konstruksjonsvirke oppfylles.

Materialet ble samlet inn fra tre bestand i Pasvik, ett i Karasjok, to i Alta og fire i Bardufoss. Fra hvert bestand ble det tatt ut 12 trær, som ga totalt 650 planker. Trelasten ble visuelt styrkesortert etter NS-INSTA 142, og densitet, E-modul og bøyefasthet ble testet i henhold til NS-EN 408. Gjennomsnittlig bøyefasthet ($40,5 \text{ N/mm}^2$) var noe lavere enn det som er funnet for furu lenger sør i Norden. Det samme gjelder gjennomsnittlig E-modul ($10,3 \text{ kN/mm}^2$) og gjennomsnittlig densitet (448 kg/m^3).

Visuell styrkesortering etter standarden NS-INSTA 142 ga 151 planker i T3, 187 i T2, 249 T1 og 52 i T0, mens 11 planker ble vrak. Trelasten som ble sortert i klassene T1 og T3 holdt kravene til de tilordnete fasthetsklassene, henholdsvis C18 og C30. Trelasten som ble sortert i T2 holdt kravene til densitet og bøyefasthet, men ikke E-modul for fasthetsklasse C24. Dersom man slår sammen sorteringsklasse T2 og T3, oppfylles kravene til fasthetsklasse C24. Trelasten som ble sortert i T0 holdt kravene til E-modul og densitet, men ikke kravet til bøyefasthet til fasthetsklasse C14. Dette skyldes i stor grad at det var få observasjoner og stor variasjonskoeffisient for bøyefastheten til denne klassen.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Viken
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Ås
STED/LOKALITET: Ås

GODKJENT /APPROVED

Lone Ross Gobakken

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Simen Gjølsljø

NAVN/NAME



Forord

I denne rapporten presenteres resultater fra målinger av egenskaper til konstruksjonsvirke av furu fra Troms og Finnmark. Trelast ble skjært av furutømmer tatt ut av 10 bestand i regionen. Styrkegodkjent trelast vil være viktig for lokal næringsutvikling og generell bruk av lokalt furuvirke i Troms og Finnmark.

Prosjektet er finansiert med midler fra Regionale Forskningsfond (RFF) Nord-Norge (fra 1. januar 2020, RFF Arktis). Fylkesskogmester Helge Molvig hos Statsforvalteren i Troms og Finnmark har vært prosjekteier og administrativt ansvarlig. Simen Gjølshjøl (NIBIO) har vært prosjektleder.

Samarbeidspartnere og kontakter som har bidratt med faglige og økonomiske ressurser i prosjektet har vært: Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), fylkesskogmester Brynjar Jørgensen og Trude Hagen Hansen (Statsforvalteren i Troms og Finnmark), skogkonsulent Ann-Hege Hanstad (Statskog SF), leder næring Kate Persen (Finnmarkseiendommen), skogbrukssjef Tor Håvard Sund (Skogbrukssjefen i Finnmark og Kvænangen) og Bjørn Haldorsen (Haldorsen Treprodukter i Alta).

Rapporten beskriver hva som er gjort av arbeider, målinger, beregninger, resultater og til slutt diskusjon og konklusjon. Selve hovedprosjektet har pågått i 2 år fra 2019 til 2020. I forkant av hovedprosjektet hadde deltakerne et forprosjekt med innledende samtaler, analyser, praktiske befaringer og prosjektplanlegging på NIBIO Svanhovd i Finnmark høsten 2018.

Prosjektet takker alle som bidratt med kunnskap og ressurser i prosjektet. Takk til Guttorm Lamo ved Lamo Sag i Målselv og Dag Johansen i Pasvik. Takk også skogbruksleder Frode Løwø og skogmester Asle Lifjell fra Målselv kommune for hjelp med prøvetaking i felt. Takk til Moelven Løten AS som tørket trelasten til 12 % fuktighet. Takk til overingeniør Roar Økseter (NMBU) for bidrag og assistanse før, under og etter testing av konstruksjonsvirke fra nord.

Innhold

Forord	4
1 Innledning	6
1.1 Konstruksjonsvirke	7
1.2 Visuell styrkesortering	7
1.3 Maskinell styrkesortering	7
1.4 Furu som konstruksjonsvirke	8
2 Materiale og Metoder	9
2.1 Sted	9
2.2 Bestand	10
2.3 Skuruttak og plank	10
2.4 Statistiske analyser	13
3 Resultater	14
3.1 Egenskaper til materialet	14
3.2 Bøyefasthet (f_m)	14
3.3 E-modul ($E_{m,i}$)	15
3.4 Densitet (ρ_{12})	16
3.5 Variasjon mellom bestand	17
3.6 Variasjon med stokknummer	19
3.7 Sammenheng mellom bøyefasthet, E-modul og densitet	21
3.8 Visuell styrkesortering etter INSTA 142	24
4 Diskusjon og konklusjon	27
Referanser	30

1 Innledning

Hovedmålet i dette prosjektet har vært å undersøke densitet og mekaniske egenskaper til konstruksjonsvirke av furu fra Troms og Finnmark. Trevirke er et av våre mest brukte byggematerialer i konstruksjoner. Tre gir arkitektoniske muligheter, samtidig som treets egenskaper gjør det til et miljøvennlig og sikkert konstruksjonsmateriale. De vanligste anvendelsene for konstruksjonsvirke er bjelkelag, takbjelker, taksperrer og stendere, samt limtre og takstoler. For trevirke som skal brukes i lastbærende konstruksjoner settes det krav til densitet og mekaniske egenskaper. De viktigste mekaniske egenskapene til konstruksjonsvirke er bøyefasthet, som representerer bruddspenningen når trevirket utsettes for bøyning, og elastisitetsmodul (E-modul), som er et mål på trevirkets stivhet. Utseende kommer i andre rekke, siden virket ofte bygges inn i konstruksjonen.

Det mangler undersøkelser av mekaniske egenskaper til trelast fra furu i Troms og Finnmark. I en sammenlignende test av små feilfrie prøver fra furu fant Foslie (1963), 22–31 % lavere middeltall for bøyefasthet for furu i Pasvik, sammenlignet med furu fra Østlandet (Solør & Rena). I samme undersøkelsen var E-modulen 17 % lavere. Med bakgrunn i dette konkluderte rapporten med at viktige mekanisk egenskaper til trelast, som bøyefasthet og stivhet, ligger betydelig lavere for Pasvikfuru enn for Østlandsfuru og videre at det «advares mot bruk av Pasvik-last i bærende konstruksjoner der man i særlig grad regner å utnytte trevirkets bøyefasthet».

I 2008 ble det gjort en undersøkelse på virkesegenskaper hos bartrevirke i Nord-Norge (Vadla, 2008). Her ble blant annet basisdensitet undersøkt for flere lokaliteter i Troms og Finnmark, og det ble funnet relativt store densitetsforskjeller mellom ulike lokaliteter. Undersøkelsen viste blant annet at det var en sammenheng mellom densitet og årringbredde for furu (Vadla, 2008).

Nagoda (1985) undersøkte styrkeegenskapene til trelast i hele dimensjoner av gran fra 10 områder i Nord-Norge. Nagoda fant lavere densitet ved samme årringbredde for gran fra Nord-Norge enn Høibø (1991) fant for gran fra Spikkestad i Asker kommune. Nagoda (1985) fant lavere gjennomsnittlig bøyefasthet, E-modul og densitet for den delen av materialet som kom fra Salten og Troms enn delen som kom fra Helgeland.

Mye av forskningen i nordområdene er knyttet til klimatiske problemstillinger, det vil si vekst og årringbredde. Duthorn et al. (2016) fant i en studie på furu fra Finland at forholdet mellom tidligved (vårved) og senved (sommerved) var temmelig konstant fra sør mot nord (~70 % tidligved, ~30 % senved). Samtidig var densiteten til tidligveden temmelig konstant, mens densiteten til senveden sank med økende breddegrad. Det er generelt en lavere temperatur i vekstsesongen, i tillegg til at den er kortere, i nord enn sør i Norge. Dette er en begrensende faktor for celledeling og vekst og gjør at en får smalere årringer. Samtidig øker dagen og dermed antall soltimer mot nord, noe som kompenserer noe for antall dager med lavere temperatur. Det er vist at temperatursum¹ på stedet er den viktigste faktor for høydevekst og overlevelse for furu i Sverige og Finland (Berlin et al., 2016). Andre undersøkelser har også vist at virke av furu fra bestand fra områder som har lavere temperatur i vekstsesongen får lavere densitet, gitt samme årringbredde (Wilhelmsson, 2001 & Fischer, 2016). Men dette betyr ikke at virke fra slike områder ikke egner seg som konstruksjonsvirke.

En kjenner ikke helt opphavet til trelasten som ble undersøkt i rapporten til Foslie (1963), men mest sannsynlig var materialet hentet fra en eldre skog i Pasvik. Etter 1945 er det drevet et mer aktivt stell av skogen i Troms og Finnmark. Derfor er mye av skogen i Troms og Finnmark i dag «stelt og påvirket skog». Det har vært aktivitet i form av hogst, planting, rydding, avstandsregulering og/eller tynninger. Furubestand generelt og furu som ble etablert på 50- og 60-tallet har derfor hatt ulike voksevilkår. Det

¹ Temperatursum er summen av daglige temperaturer over +5 °C.

er sannsynlig at disse endringene kan og vil ha betydning for egenskapene til virket fra denne regionen nå og i framtiden. Et tenkelig klima scenario, med høyere sommertemperatur og mer nedbør, vil også ha en betydning på vekst og dermed på kvaliteten og egenskapene til trelasten.

1.1 Konstruksjonsvirke

Trelast som skal brukes i lastbærende konstruksjoner skal oppfylle krav til densitet, stivhets-egenskaper og fasthetsegenskaper. Kravene er gitt i Norsk standard NS-EN 338 (Standard Norge, 2009b), hvor det er definert ulike fasthetklasser med tilhørende krav til egenskapene. Trelast styrkesorteres visuelt, eller maskinelt for å oppfylle kravene i fasthetklassene. Styrkesorteringsmetoden må være godkjent. For at styrkesorteringsmetoden skal bli godkjent må det dokumenteres at trelast som er styrkesortert oppfyller kravene til styrkeklassen. Konstruksjonsvirke av barte sorteres vanligvis i C-klasser, og da er det krav om dokumentasjon av bøyefasthet, E-modul, og densitet, som er de viktige egenskapene til konstruksjonsvirke.

1.2 Visuell styrkesortering

Hvis det sorteres visuelt, brukes standarden NS-INSTA 142 (Standard Norge, 2009a). Denne standarden angir sorteringsklasser basert på visuelle kjennetegn, og kvist er den vanligste årsaken til nedklassing. NS-INSTA 142 har sorteringsklassene T₀, T₁, T₂ og T₃, hvor T₃ er best. I henhold til Norsk standard NS-EN 1912 er sorteringsklassene i NS-INSTA-142 tilordnet fasthetklasser i NS-EN 338. Sorteringsklasse T₀ er tilordnet fasthetklasse C₁₄, T₁ er tilordnet C₁₈, T₂ er tilordnet C₂₄ og T₃ er tilordnet C₃₀. INSTA-142 er en nordisk standard og tilfredsstiller kravene i NS-EN 14081-1 (Standard Norge, 2018a). NS-INSTA 142 inneholder krav til maksimale størrelser på kvist, fiberhelling, årringbredde, sprekk, vannkant, deformasjoner, biologiske feil og skader.

Kvist har størst betydning for treverkets bøyefasthet. Det er ingen forskjell på om kvisten er tørr, eller frisk. Det er størrelsen og plasseringen til kvisten som betyr noe. Ved mekanisk testing av materialer vil bruddet ofte komme i forbindelse med kvist. Ved visuell sortering av konstruksjonsvirke, bedømmes derfor kvistene ut fra størrelse og plassering. I visuell sortering måles alle kvistene på tvers av plankens lengderetning, og kvist vurderes bare på kantside og yteside. Unntaket er gankvister, som også vurderes på margside. Kvister under 7 mm måles ikke.

Kvister sitter ofte nær hverandre i kvistgrupper, og kan svekke store deler av tverrsnittet i en planke. En kvistgruppe er definert som alle målbare kvister på begge kantsider og ytesiden innenfor en lengde lik plankebredden, eller over 150 mm lengde hvis planken er bredere enn 150 mm. En kvistgruppe kan være like stor som summen av største tillatte flatsidekvist og kantsidekvist. Kvist kan opptre på en rekke måter i planken, og skal måles forskjellig avhengig av hvor stor del av tverrsnittet de påvirker.

1.3 Maskinell styrkesortering

Konstruksjonsvirke kan styrkesorteres maskinelt, og da er det vanligst å bruke sorteringsmaskiner som er godkjent i henhold til NS-EN 14081-2 (Standard Norge, 2018b) for trelast av et gitt treslag fra et bestemt område.

En vanlig maskinell sorteringsmetode på sagbrukene i dag er basert på å måle de dynamiske egenskapene ved å banke en stålhammer mot enden av den aktuelle planken og fange opp lyden med en mikrofon. En IP-verdi (Indicating Property) beregnes fra lengde på planken og resonans-frekvens. IP verdien er korrelert med stivhet (E-modul), bøyefasthet og densitet. Utføring av sorteringen er beskrevet i standarden NS-EN 14081-2.

1.4 Furu som konstruksjonsvirke

I uminnelige tider har furu blitt benyttet som byggemateriale i Troms og Finnmark. I fremtiden er det et mål å øke bruken av lokal trelast.

I undersøkelsen til Foslie (1963) ble fysiske og mekaniske egenskaper til små feilfrie prøver av furu fra Pasvik sammenliknet med prøver fra Solør og Rena. Han konkluderte med at trelast fra Pasvik mest sannsynlig har dårligere egenskaper en trelast fra Østlandet, når de ble sortert etter samme reglement.

Nagoda (1985) konkluderte i sin undersøkelse av gran fra Nord-Norge at visuell sortering ikke ga tilfredsstillende resultat når det gjaldt styrkekrav, og at maskinell sortering er en langt bedre sorteringsmetode.

Konstruksjonsvirke av furu fra Troms og Finnmark er til nå ikke undersøkt etter dagens standarder. Kan prosjektet frambringe ny kunnskap kan det være nyttig i mange sammenhenger. Økt tilgang på materialer, med god nok styrke og kvalitet, kan være nyttig for ny og eksiterende bruk av tre.

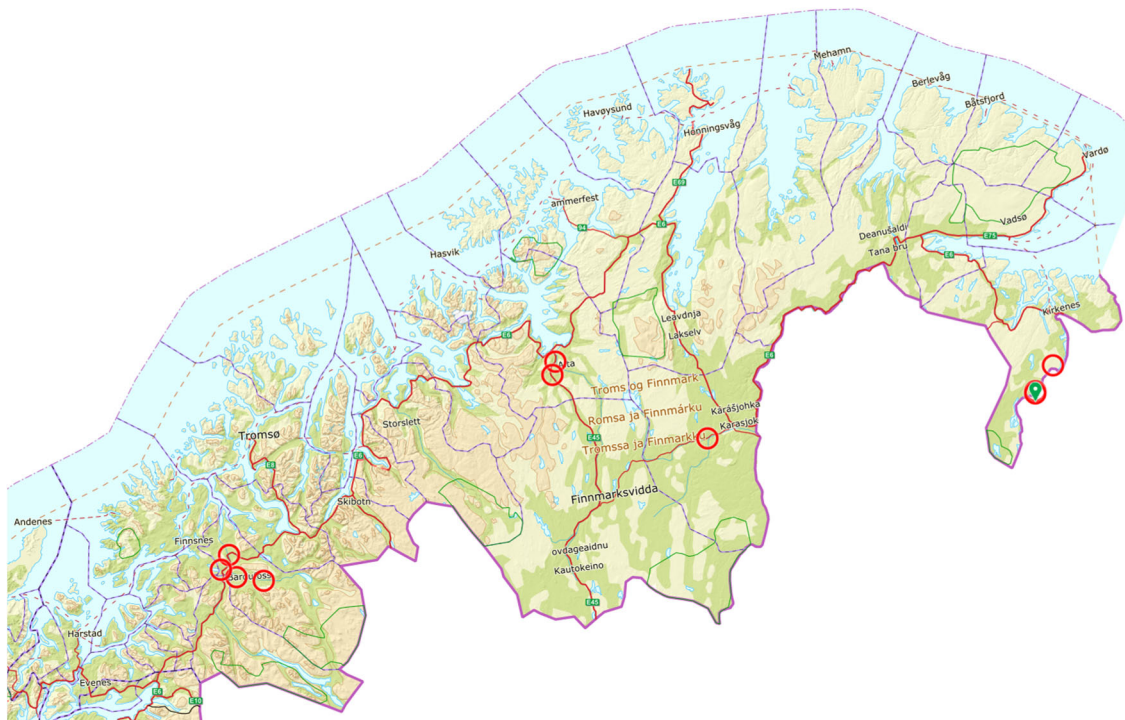
Første del av rapporten beskriver materialet vi har hatt tilgjengelig og metode for innsamling av tømmer og antall plank som ble skjært til konstruksjonslast. Resultater blir presentert fordelt på bestand, stokknummer og trelastdimensjoner. Til slutt presenteres resultater fra sorteringen, og egenskapene til trelasten sammenlignes med kravene til fasthetklasse.

Hovedhensikten i denne rapporten har vært å få fram ny kunnskap om egenskapene til konstruksjonsvirke hentet fra furuskogene i Troms og Finnmark.

2 Materiale og Metoder

2.1 Sted

Studien er basert på uttak av konstruksjonsvirke fra 120 trær fordelt på 10 bestand fra Pasvik i øst, videre til Karasjok og Alta og til slutt Målselv lengst i vest. Se Figur 1.



Figur 1. Undersøkesområdet. Lokalteter hvor materialet til undersøkelsen ble samlet inn er markert med røde sirkler.

Geografiske opplysninger fra de ulike bestandene som ble valgt ut i denne undersøkelsen er gitt i Tabell 1. I utvelgelsen av bestand var det viktig at det skulle være litt størrelse på trærne. Samtidig måtte ikke furuskogen være av den gamle og groveste skogen. Områder og trær med hogstklasse 4 og 5 var de viktigste kriteriene for utvelgelse av bestand i denne undersøkelsen.

Tabell 1. Geografiske opplysninger, moh., nedbør, Tsum

Sted	Navn	Breddegrad(°N)	Lengdegrad (°E)	moh.	Nedbør ¹ (mm)	Tsum ² (C°)
Pasvik	Russeåsen	69.43696	29.88042	39	251	768
Pasvik	Kobbfosshøgda	69.3296	29.5586	90	251	731
Pasvik	Håkseth	69.33744	29.57144	70	251	748
Karasjok	Miellemohkeguoika	69.4307	25.12569	151	234	674
Alta	Skillemo	69.89853	23.23486	41	194	738
Alta	Nallovarrimoen	69.83896	23.16728	83	194	707
Bardufoss	Buktamo	69.13651	18.57857	40	246	785
Bardufoss	Andsvatnet	69.06548	18.4652	171	246	680
Bardufoss	Grøttemoen	69.02735	18.66591	65	246	771
Bardufoss	Alapmoen	69.00123	19.01635	84	246	756

¹ Nedbør basert på normaler (1961-1990) for mai, juni, juli, august og september fra nærmeste målestasjon.

² Temperatursum (Tsum) er summen av daglige temperaturer over +5°C utregnet etter More'n & Perttu (1994): $Tsum = 4922 - 60.367 * \text{Breddegrad} - 0.837 * \text{moh.}$

2.2 Bestand

Diameterfordelingen til trærne i et større område (bestand) ble funnet ved å klave opp alle trær i brysthøyde. Alle trær med en brysthøyde større enn 17 cm ble klassifisert i tre diameterklasser, med like mange trær i hver klasse. Fire trær fra hver diameterklasse ble valgt ut som prøvetrær. Trær med synlige skader, gankvist og råte ble ikke valgt ut som prøvetrær.

Med hjelp av lokale skogbruksplaner og skjønn ble det i hovedsak valgt bestand i hogstklasse 4 og 5. I tillegg til målingen beskrevet over ble også grunnflatesum, vegetasjonstype, jordsmonn, barktykkelse og kronevidde målt og notert. Kronevidde ble målt med laser mot nord, øst, sør og vest med en Bosch GLM 30 ved at en person stod under krona med instrumentet og målte horisontal avstanden til stammen. En annen person stod i god avstand fra treet slik at vedkommende kunne se krona og sikte seg vertikalt ned fra tuppen av ytterste gren og instruere hvor det skulle måles fra.

I Tabell 2 er gjennomsnitt for målingene som ble gjort på de 12 trærne (Sted, Bestand) som ble valgt ut til å representere furuskogen i Troms og Finnmark gjengitt.

Tabell 2. Gjennomsnitt av målinger i de ulike bestand i undersøkelsen i Troms og Finnmark.

Sted	Bestand	Antall trær (n)	D1.3 (cm)	Trehøyder (m)	Alder DBH (år)	Årringbredde D1.3 (mm)	Bonitet (H40)
Pasvik	Russeåsen	12	21,3	14,6	62	1,4	11
Pasvik	Kobbfosshøgda	12	24,2	13,8	107	1,1	8
Pasvik	Håkseth	12	24,4	15	123	0,9	8
Karasjok	Miellemoheguoika	12	22,3	13,9	127	0,8	8
Alta	Skillemo	12	28,6	15,7	136	1	8
Alta	Nallovarrimoen	12	24,8	14,1	126	0,9	8
Bardufoss	Buktamo	12	21,8	16,3	68	1,4	14
Bardufoss	Andsvatnet	12	21,5	16,5	55	1,8	14
Bardufoss	Grøttemoen	12	30,3	16,7	140	0,9	11
Bardufoss	Alapmoen	12	30,9	19,4	142	1	11

Høyder ble målt med målebånd etter at treet var felt. Alder i brysthøyde ble målt med tilvekstbor og senere beregnet ved å telle årringene ved hjelp av ImageJ i kombinasjon med tillegget ObjectJ. Gjennomsnittlig årringbredde ble regnet ut ved å dividere antall år i brysthøyde med lengden (mm) fra ytterste årring til marg.

Trærne ble felt og kappet opp i lengder på 3 m, 3,6 m, og 4,2 m, avhengig av stokkenes toppdiameter. Dersom toppdiameteren var under 20 cm, ble stokken kappet til 3 meter. Stokker med toppdiameter mellom 20 og 30 cm, ble kappet til 3,6 meters stokker og stokker med toppdiameter over 30 cm, ble kappet til 4,2 meters stokker. Bakgrunnen for å kappe stokkene i disse lengdene var krav til lengden på planker som skal testes i henhold til EN408 (Standard Norge, 2012).

2.3 Skuruttak og plank

Bestillingen for skuruttak var som følger:

- Toppdiameter (stokk) under 20 cm: 2 stk. 50 x 100 mm (2" x 4")
- Toppdiameter mellom 20 og 28 cm: 2 stk. 50 x 150 mm (2" x 6")
- Toppdiameter mellom 28 og 30 cm: 4 stk. 50 x 150 mm (2" x 6")
- Toppdiameter over 30 cm: 4 stk. 50 x 200 mm (2" x 8")

Det var noen avvik fra dette ved at 24 margplanker fra stokker med toppdiameter under 30 cm ble skåret til 50 x 200 mm. Krok, ovalitet og andre feil gjorde det vanskelig å følge planen helt. Noe vannkant i toppendene ble akseptert. I utgangspunktet ønsket en 2 eller 4 planker fra hver stokk. Det midterste snittet ønsket en skulle ligge så nær margen som mulig. En 3-plank-skur, hvor margen sitter midt i én av plankene, var derfor uønsket.

Trelasten i Pasvik ble skjært og lagt til strøtørking utendørs høsten 2019. Resten av tømmeret ble skjært på våren 2020. All trelast ble deretter fraktet til Moelven Løten AS. Her ble trelasten tørket ned til om lag 12 % fuktighet i sagbrukets kammertørke. Etter transport til NMBU på Ås og før testing, ble trelasten med dimensjonen 50 x 100 mm kappet til 2 m, 50 x 150 mm til 3 m og 50 x 200 mm til 4 m lange planker. I henhold til NS-EN 384 (Standard Norge, 2019) ble den dårligste delen av planken tatt ut til testing, og den beste enden av planken ble kappet av. Under testing var den relative luftfuktigheten i lokalet 65 %. Temperaturen varierte mellom 22 grader og 28 grader °C. Fuktigheten til trelasten ved testing ble målt på en feilfri prøve, tatt ut så nært som mulig til bruddet.

Antall trær, stokker og antall planker fordelt på de dimensjonen som ble testet i denne undersøkelsen er satt opp i Tabell 3. Bøyefasthet, E-modul og densitet ble målt på 650 planker totalt.

Tabell 3. Antall trær, stokker og antall planker fordelt på dimensjon og sted.

Bestand	Antall trær	Antall stokker	Antall 50 x 100 mm	Antall 50 x 150 mm	Antall 50 x 200 mm
Russeåsen	12	27	40	11	-
Kobbfosshøgda	12	24	22	25	-
Håkseth	12	32	31	28	-
Miellemohkeguoika	12	24	33	16	2
Skillemo	12	33	22	33	16
Nallovarrimoen	12	26	30	16	10
Buktamo	12	28	36	15	-
Andsvatnet	12	26	39	13	-
Grøttemoen	12	37	26	63	3
Alapmoen	12	44	23	78	16

Før mekanisk testing ble kvistdimensjonene målt i henhold til INSTA 142, slik at kvalitet for kantsidekvister, flatsidekvister, kvistgruppe og gankvister kunne beregnes for hver plank. I tillegg ble tennar, flatbøy og kantkrok målt slik at disse feilene også kunne vurderes i henhold til INSTA 142.

Det ble gjort to systematiske feil i forbindelse med registrering av kvistgruppe på deler av materialet. For de 518 første plankene som ble testet, ble kvister med diameter under 7 mm tatt med i målingen av kvistgruppe. Det betyr at en i forbindelse med beregning av hvilke planker som skal tilhøre en sorteringsklasse ble en del av disse 518 plankene bedømt noe for strengt med hensyn på kvistgruppe. Det er imidlertid gjort korrigering for dette med bakgrunn av data for de resterende plankene hvor en for disse beregnet kvistgruppen både med og uten kvistene på 7 mm.

På deler av 50 x 150 mm plankene ble måling av antall kvister og vurdering av kvistgruppe tatt med for kvister kun innenfor et område på 100 mm. Det skulle vært innenfor 150 mm. Det medførte at en for enkelte av disse plankene, når kvisten strekker seg ut i området mellom 100 og 150 mm vil få en snill sortering med hensyn på kvistgruppe. Dette fordi disse kvistene ikke ble telt med i kvistsummen. Enkelte planker kan da for eksempel ha blitt sortert til T3 mens de skulle vært T2. Dette har det ikke vært mulig å korrigere for. Det medfører at en kan komme til en konklusjon som sier at en sorteringsklasse ikke holder kravene til bøyefasthet, E-modul eller densitet når den egentlig skulle det. Sorteringsutfallet er imidlertid sjekket med de andre nedklassingsårsakene, sammen med reelle

verdier for bøyefasthet og E-modul. En har funnet at den sist omtalte feilen ikke skal kunne påvirke konklusjonene fra undersøkelsen av betydning.

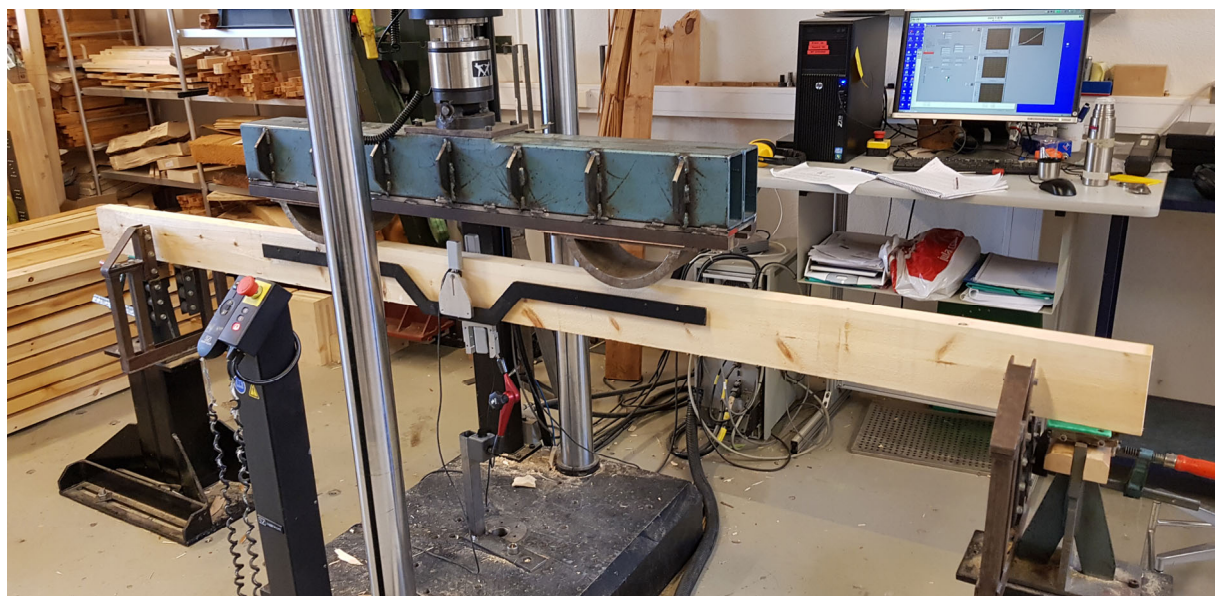
Kappet og ferdig preparert trelast ble suksessivt testet i en 300 KN hydraulisk statisk testmaskin (Instron). Se Figur 2. Lokal E-modul og bøyefasthet ble testet med firepunkts bøyning i henhold til NS-EN 408 (Standard Norge, 2012). Trelasten ble testet med 18 ganger dimensjonshøyden mellom opplagringspunktene og 6 ganger dimensjonshøyden mellom belastningspunktene. 24 av plankene med dimensjon 50 x 200 mm var for korte til dette, og ble testet med 3300 mm mellom opplagringspunktene.

Etter testing av E-modul og bøyefasthet ble det tatt ut en feilfri prøve av hele tverrsnittet så nær bruddet som mulig. Masse og volum til prøven ble målt like etter testing, og det ble beregnet densitet ved testing. Deretter ble prøvene tørket. Etter tørking ble massen målt i tørr tilstand for å beregne fuktighet ved testing. Gjennomsnittlig fuktighet ved testing var 10,8 %, og varierte fra 8,0 % til 15,1 %.

Densitet og E-modul ble korrigert til 12 % fuktighet i henhold til NS-EN 384 (Standard Norge, 2019). Densitet ble øket med 0,5 % for hvert prosentpoeng fuktigheten under 12 % og redusert tilsvarende for hvert prosentpoeng fuktigheten var over 12 %. E-modul ble redusert med 1% for hvert prosentpoeng fuktigheten under 12 % og øket tilsvarende for hvert prosentpoeng fuktigheten over 12 %.

Bøyefastheten til plankene med dimensjon 50 x 100 mm ble korrigert for dimensjon i henhold til Norsk Standard NS-EN 384. Bøyefastheten til trelasten med dimensjon 50 x 200 mm som ble testet med 3300 mm mellom opplagringspunktene ble korrigert for testlengde i henhold til Norsk Standard NS-EN 384.

Karakteristiske verdier for trelast sortert etter Norsk standard NS-INSTA 142 ble beregnet etter en ikke-parametrisk metode for initialtypetesting i henhold til Norsk standard NS-EN 14358 (Standard Norge, 2016). Karakteristiske verdier for densitet og bøyefasthet ble regnet ut som nedre grense for 75 % konfidensintervall til 5. persentilen. Karakteristisk E-modul ble beregnet som nedre grense for 75 % konfidensintervall til gjennomsnittet.



Figur 2. Firepunkts Instron maskin som måler bøyefasthet og elastisitet.

2.4 Statistiske analyser

Det ble gjort 650 enkeltmålinger av henholdsvis bøyefasthet, E-modul og densitet. Målte verdier er satt opp som gjennomsnitt for bestand. For bøyefasthet mangler 3 av de 650 plankene verdier. Figurer viser også bøyefasthet, E-modul og densitet fordelt på bestand, dimensjon og stokknummer.

Pakken **emmeans** (Estimated Marginal Means, EMM), estimerte gjennomsnitt og konfidensintervall for de enkelte bestand (R Core Team, 2020). I tillegg til R Core Team, 2020 ble statistikkpakken JMP pro brukt til statistiske beregninger.

3 Resultater

3.1 Egenskaper til materialet

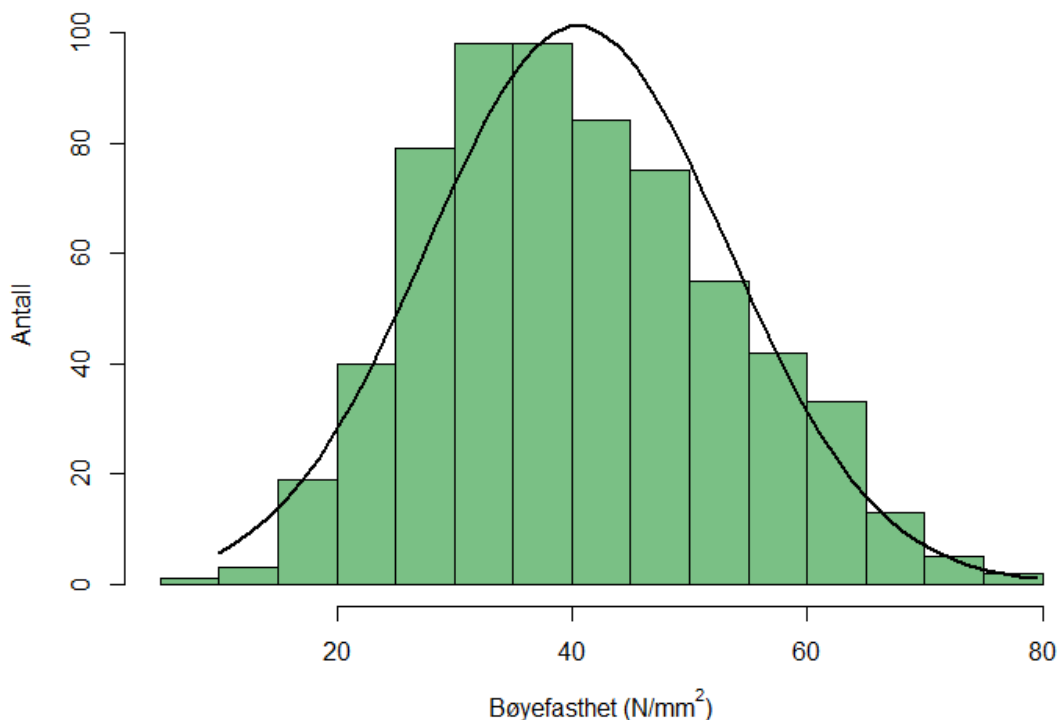
Tabell 4 viser gjennomsnitt, standardavvik og 5.persentil for bøyefasthet, E-modul, densitet, og til hver dimensjon og for hele materialet samlet.

Tabell 4. Densitet, E-modul og bøyefasthet til hele materialet fordelt på dimensjon.

Dimensjon	Bøyefasthet (N/mm ²)				E-modul (kN/mm ²)				Densitet (kg/m ³)			
	N	\bar{X}	σ	5. PSTL	N	\bar{X}	σ	5. PSTL	N	\bar{X}	σ	5. PSTL
50 x 100	302	38,1	11,8	20,9	304	9,9	2,0	6,8	304	440	34	392
50 x 150	298	42,2	13,1	23,6	298	10,6	1,9	7,7	298	453	42	392
50 x 200	47	44,5	13,8	17,7	48	10,5	2,0	6,9	48	472	55	408
Hele materialet	647	40,5	12,8	22,0	650	10,3	2,0	7,2	650	448	41	393

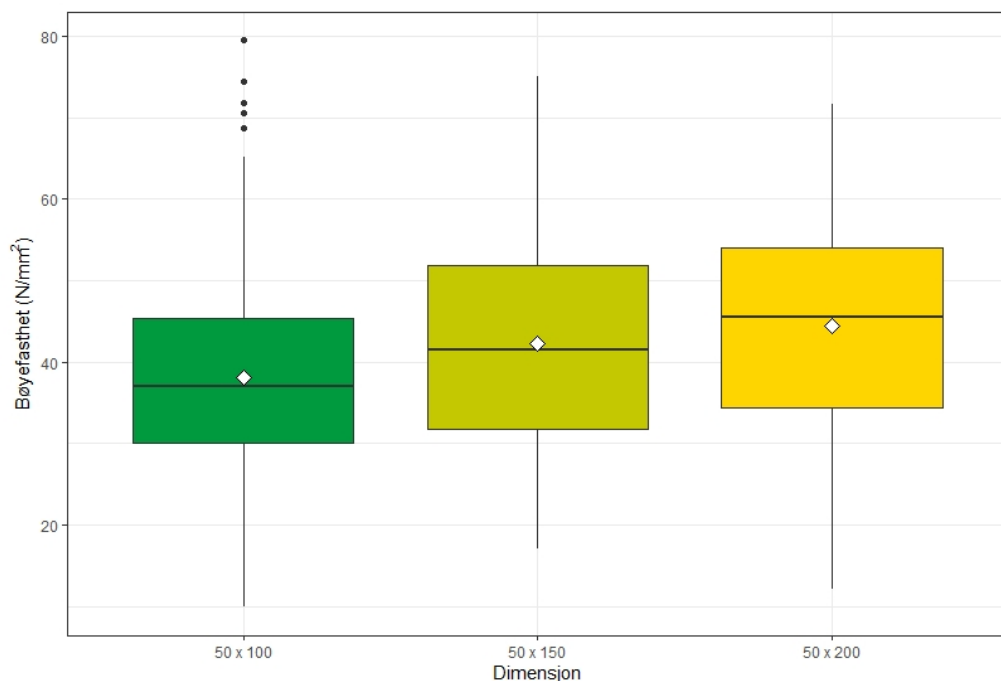
3.2 Bøyefasthet (f_m)

Fordelingen av målinger av bøyefasthet er vist i Figur 3. Målingene av bøyefasthet viste en skjevfordeling med hale mot høyre. For hele materialet varierte bøyefasthet fra 9,9 til 79,5 N/mm². Gjennomsnitt for alle målingen var 40,5 N/mm² og 5.persentilen var 22,0 N/mm². På to planker ble det målt en bøyefasthet lavere enn 14 N/mm².



Figur 3. Testede planker fordelt på bøyefasthet med normalfordelingskurve (bøyefasthet er skjevfordelt med hale mot høyre).

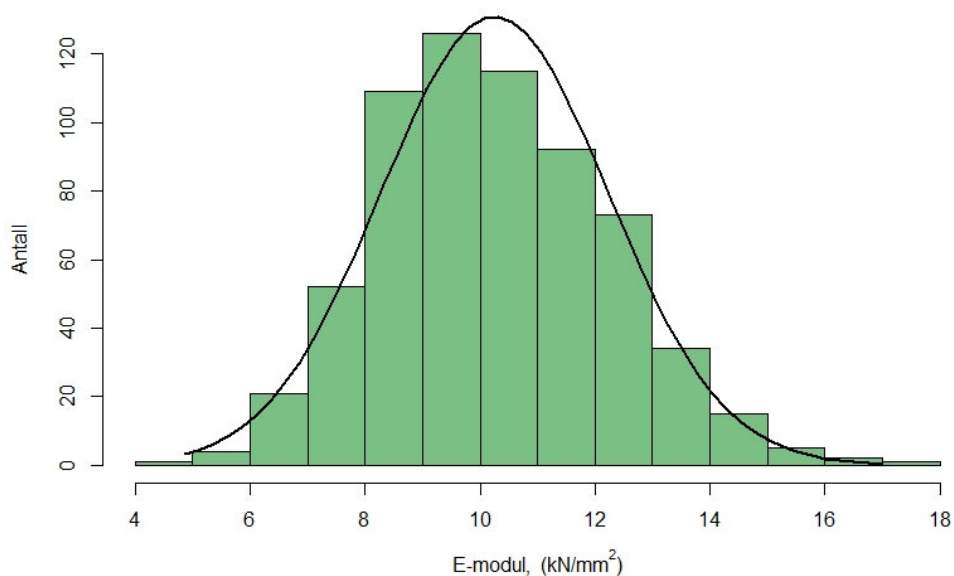
Målingene av bøyefasthet fordelt på dimensjon er vist i Figur 4. Det er en svak tendens til at bøyefasthet øker med økende dimensjon (bredde).



Figur 4. Gjennomsnittlig bøyefasthet (f_m) fordelt på dimensjon.

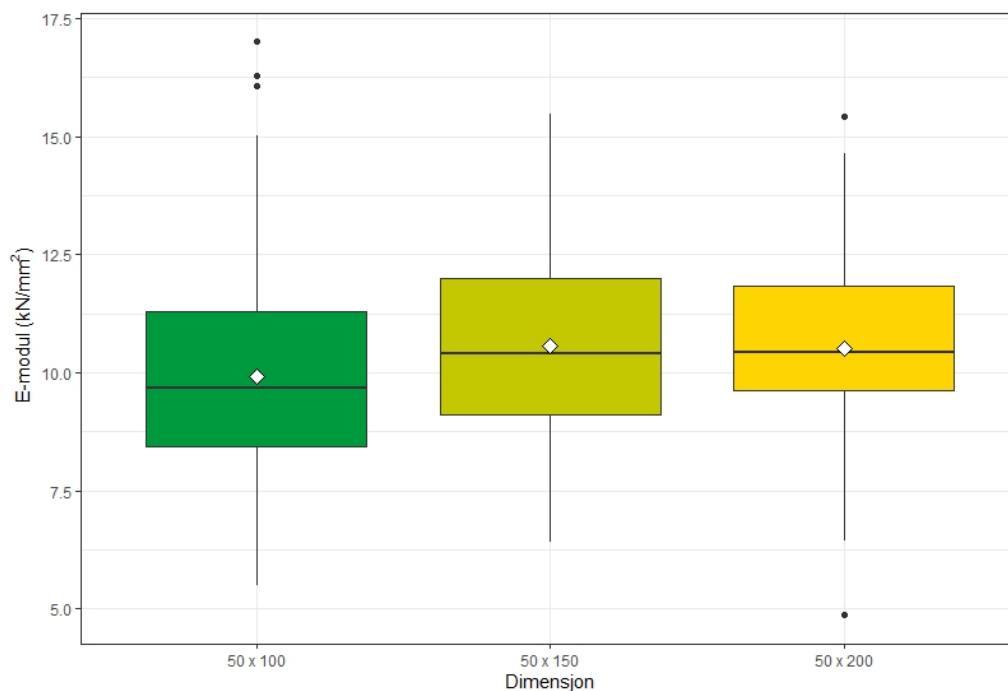
3.3 E-modul ($E_{m,l}$)

Fordelingen av E-modul er vist i Figur 5. E-modul varierte fra 4,9 til 17,0 kN/mm². Gjennomsnitt for alle målingen var 10,3 kN/mm². Målingene av E-modul viste en skjevfordeling med hale mot høyre.



Figur 5. E-modulen til testede planker vist med normalfordelingskurve (E-modulen er skjevfordelt med hale mot høyre).

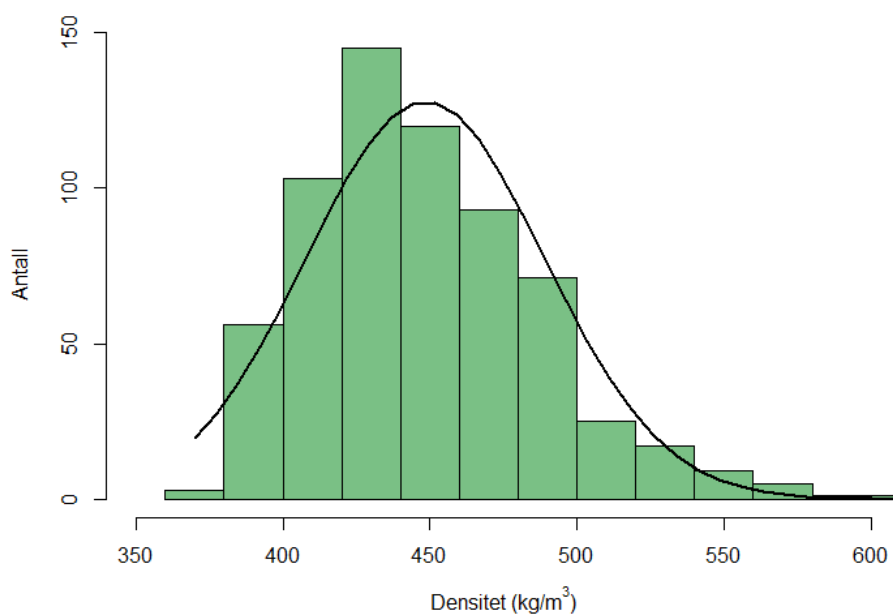
Målingene av E-modul ($E_{m,i}$) fordelt på dimensjon er vist i Figur 6. Det er en meget svak tendens til at E-modul øker med økende dimensjon (bredde).



Figur 6. Gjennomsnittlig E-modul ($E_{m,i}$) i kombinasjon med dimensjon.

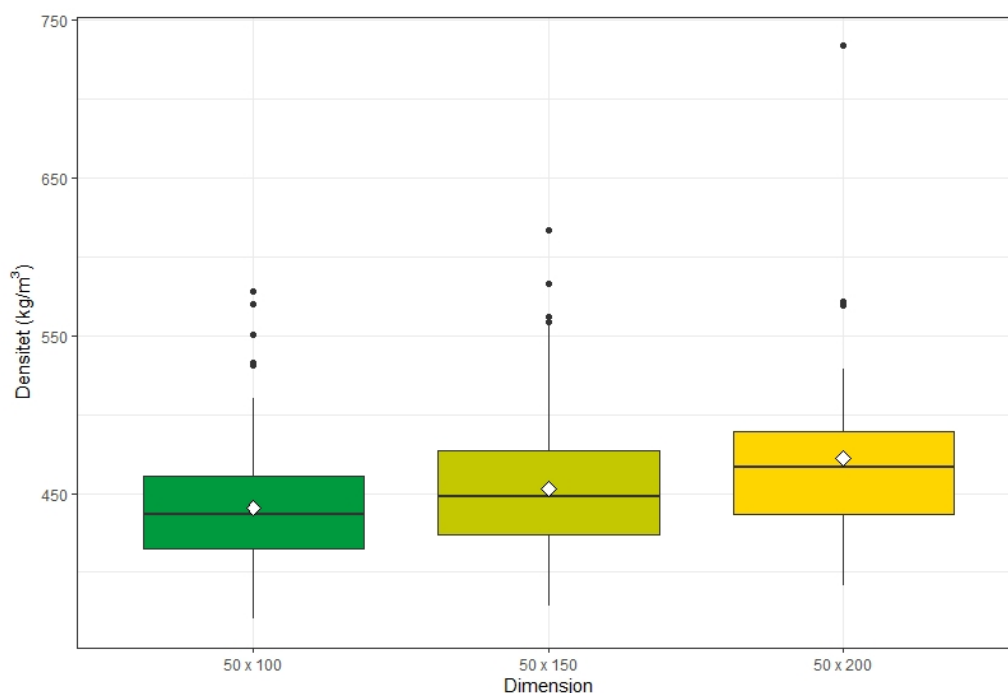
3.4 Densitet (ρ_{12})

Fordelingen av densitet er vist i Figur 7. Densitet varierte fra 370 til 734 kg/m^3 . Gjennomsnitt for alle målingen var 448 kg/m^3 . 5.persentilen for densitet var 393 kg/m^3 . Målingene av densitet viste en skjevfordeling med hale mot høyre.



Figur 7. Densitet til testede planker vist med normalfordelingskurve (densiteten er skjevfordelt med hale mot høyre).

Målingene av densitet (ρ_{12}) fordelt på dimensjon er vist i Figur 8. Det er en svak tendens til at densitet øker med økende dimensjon (bredde). Samtidig ble det målt en plank med densitet på 734 kg/m³ (se punkt oppe til høyre i Figur 8).



Figur 8. Gjennomsnittlig densitet (ρ_{12}) i kombinasjon med dimensjon.

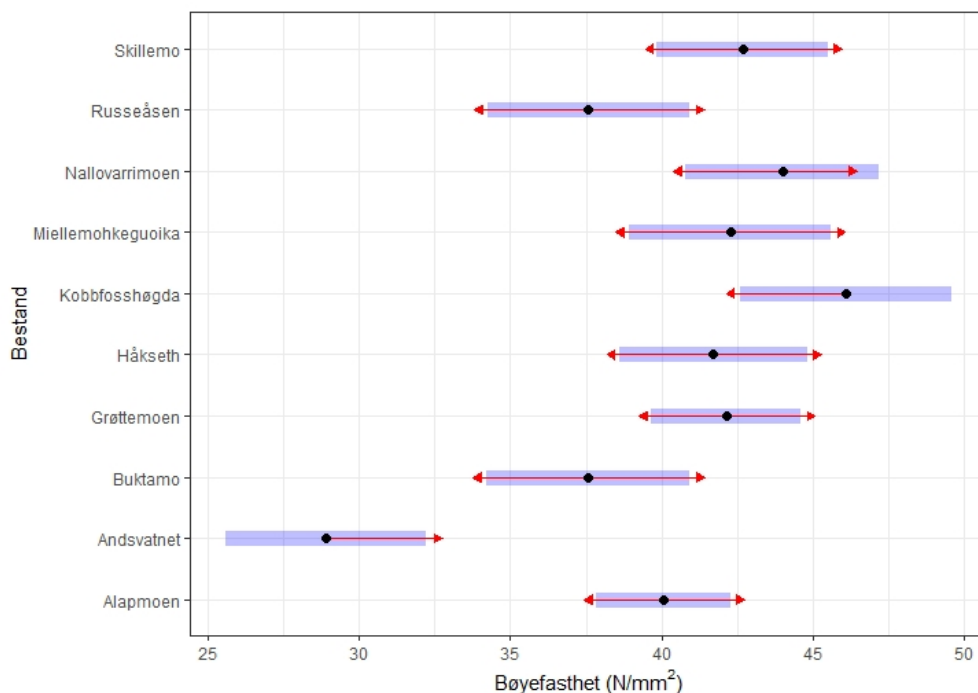
3.5 Variasjon mellom bestand

Gjennomsnitt av bøyefasthet, E-modul og densitet fordelt på bestand (sted) er vist i Tabell 7. Den høyeste målingen for gjennomsnittlig bøyefasthet (46,1 N/mm²), ble målt på materiale fra Kobbfosshøgda (Pasvik).

Tabell 5. Gjennomsnittlig bøyefasthet (f_m), E-modul ($E_{m,1}$) og densitet (ρ_{12}) og standardavvik fordelt på bestand.

Bestand	Bøyefasthet (f_m) (Nmm ⁻²)			E-modul ($E_{m,1}$) (kNmm ⁻²)			Densitet (ρ_{12}) (kgm ⁻³)		
	N	\bar{X}	σ	N	\bar{X}	σ	N	\bar{X}	σ
Alapmoen	117	40,1	12,6	118	9,95	2,22	118	438	49,7
Andsvatnet	52	28,9	9,46	52	8,29	1,36	52	414	21,4
Buktamo	51	37,6	9,19	52	9,64	1,44	52	426	20,7
Grøttemoen	92	42,1	13,8	93	10,9	1,83	93	470	38,1
Håkseth	59	41,7	13,3	59	10,7	1,95	59	456	36,8
Kobbfosshøgda	47	46,1	15,3	47	11,2	2,30	47	461	43,0
Miellemohkeguoika	51	42,3	9,80	51	10,3	1,21	51	455	30,1
Nallovarrimoen	56	44,0	10,8	56	10,6	1,77	56	446	31,3
Russeåsen	51	37,6	9,53	51	9,99	1,56	51	448	26,0
Skillemo	71	42,7	13,6	71	10,8	2,03	71	463	43,0

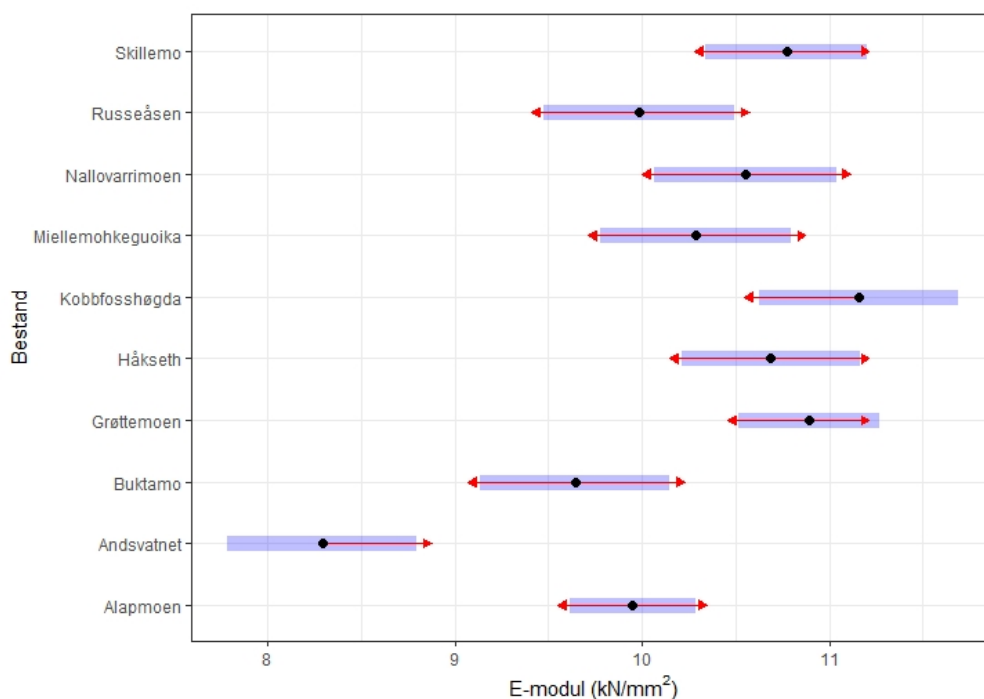
Figur 9 viser bøyefasthet fordelt etter bestand. Bestand ved Andsvatnet (Målselv) hadde de laveste målte verdiene på bøyefasthet.



Figur 9. Bøyefasthet (f_m) fordelt etter bestand¹

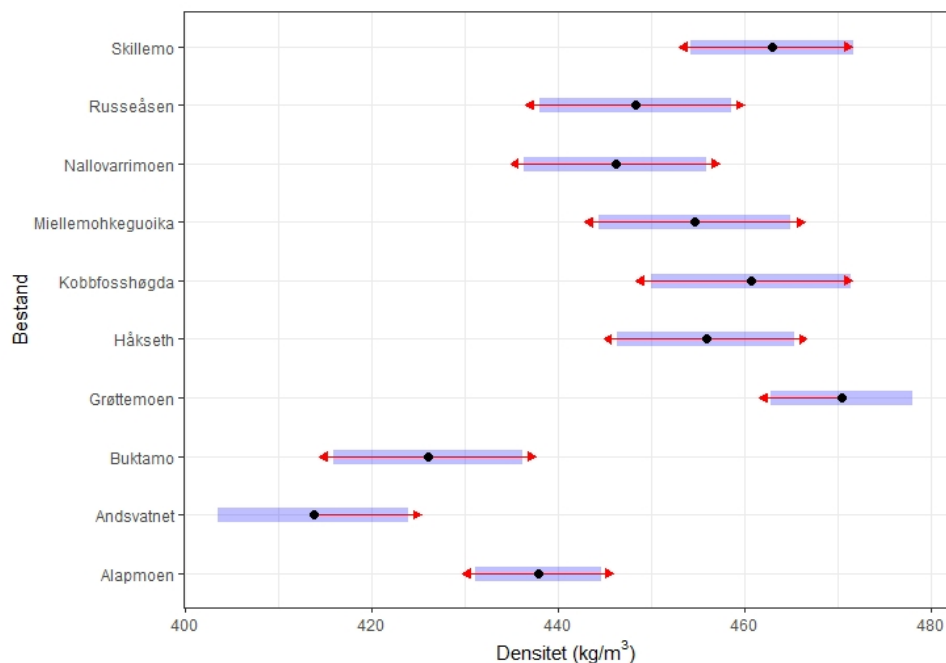
¹De blå stolpene er konfidensintervaller for emmeans (Estimated marginal means), og de røde pilene er for sammenligningene mellom bestand. Hvis en pil fra ett gjennomsnitt overlapper en pil fra en annen gruppe, er forskjellen ikke "signifikant" (basert på "Tukey" og alfa 0,05).

Figur 10 viser E-modul fordelt etter bestand. For E-modul var høyeste gjennomsnittsmåling 11,2 kN/mm², fra Kobbfosshøgda i Pasvik (107 år i brysthøyde).



Figur 10. E-modul ($E_{m, l}$) fordelt etter bestand¹

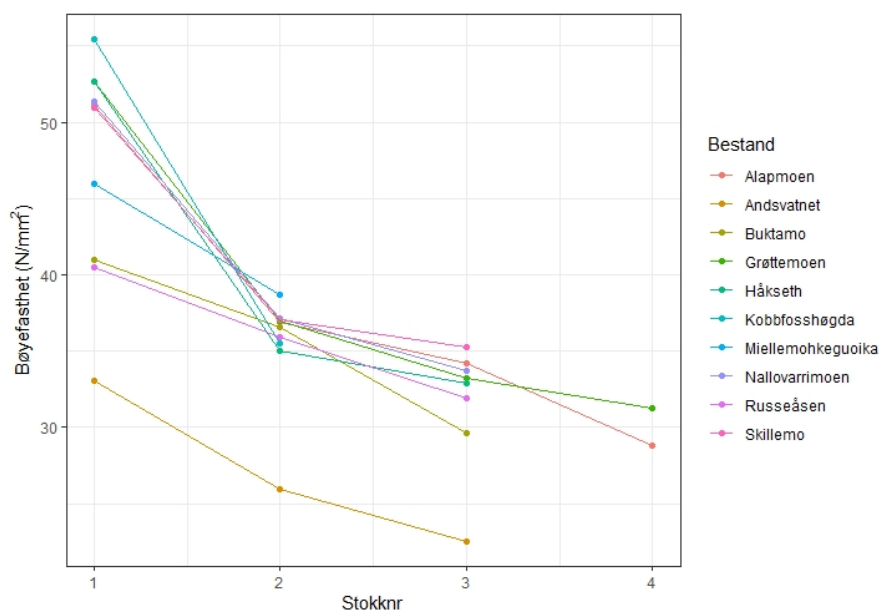
Figur 11 viser gjennomsnittlig densitet for de ulike bestandene. De høyeste målingene av gjennomsnittlig densitet, på 470 kg/m³, ble gjort på materialet fra Grøttemoen i Målselv (140 år i brysthøyde). De laveste gjennomsnittene for densitet ble funnet på plank fra den relativt unge skogen ved Andsvatnet i Målselv (55 år), med 414 kg/m³.



Figur 11. densitet (ρ_{12}) fordelt etter bestand¹

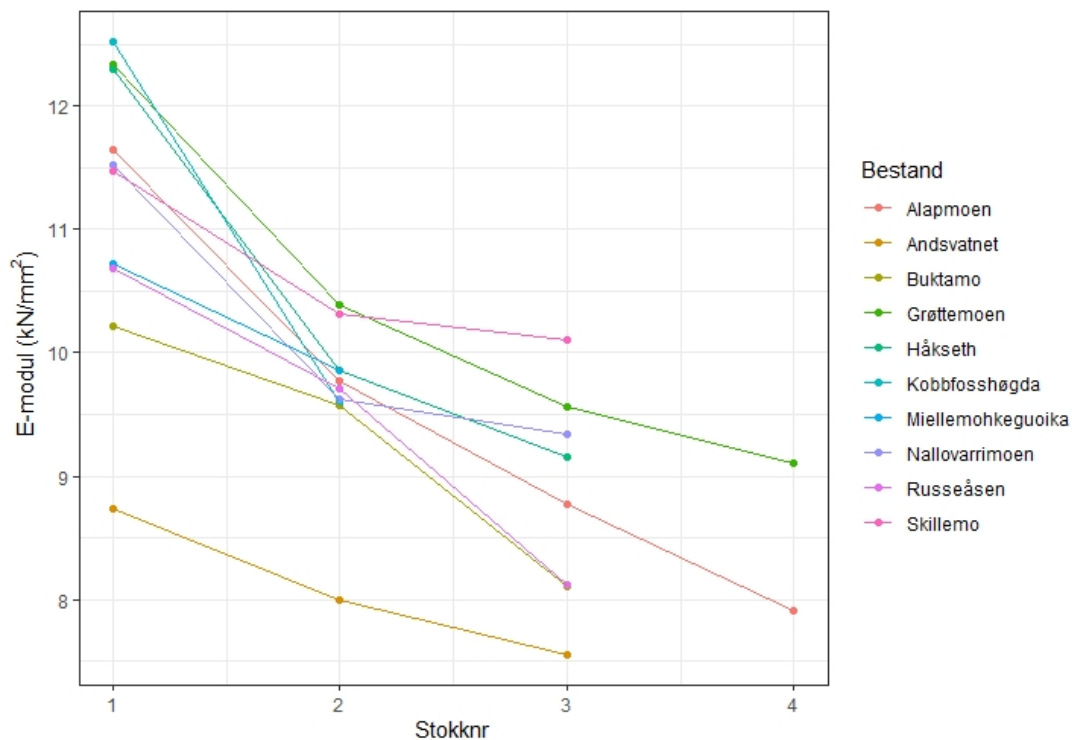
3.6 Variasjon med stokknummer

Figur 12 viser bøyefasthet i kombinasjon med stokknummer. Stokknr. 1 er første stokken fra rotavskjær. Trelast fra første tømmerstokk hadde i gjennomsnitt høyere bøyefasthet enn plank fra stokker lenger opp i treet. Antall stokker per tre varierte fra bestand til bestand. For eksempel fra bestand Miellemohkeguoika (Karasjok) ble det kun skjært og målt plank fra stokknummer en og to. Se blå strek i Figur 12.



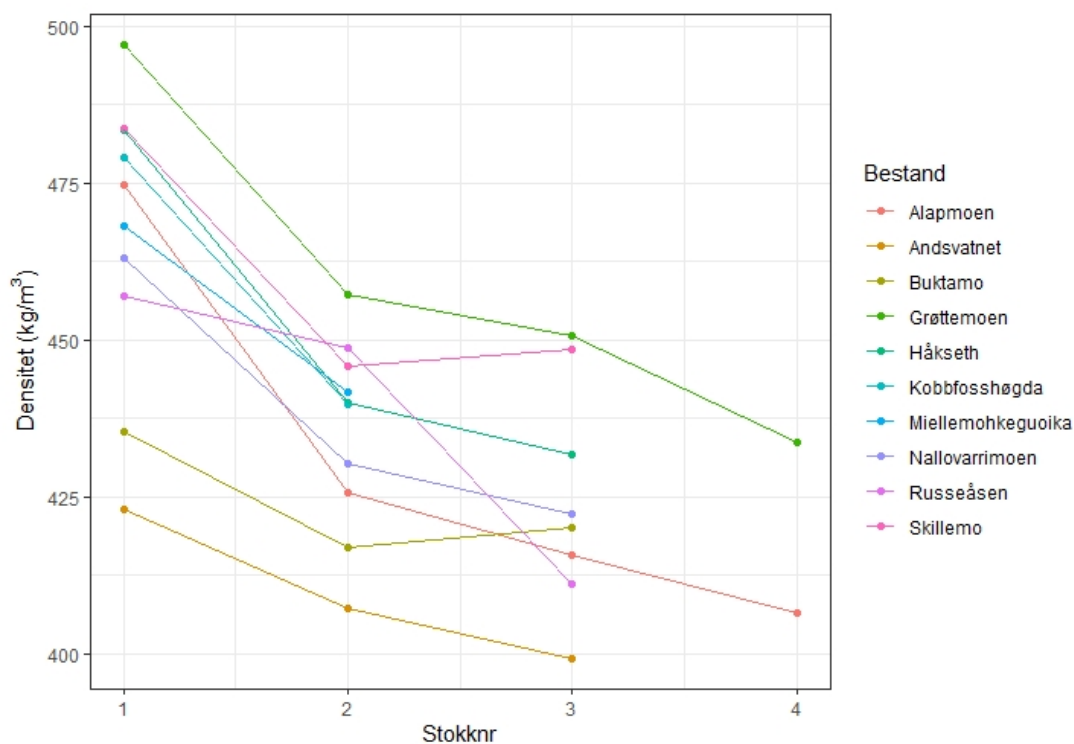
Figur 12. Gjennomsnittlig bøyefasthet (f_m) i kombinasjon med stokknummer og bestand.

Figur 13 viser E-modul i kombinasjon med stokknummer. Trelast fra første tømmerstokk (rotstokken) hadde i gjennomsnitt høyere E-modul enn plank lenger opp i treet.



Figur 13. Gjennomsnittlig E-modul ($E_{m,i}$) i kombinasjon med stokknummer og bestand.

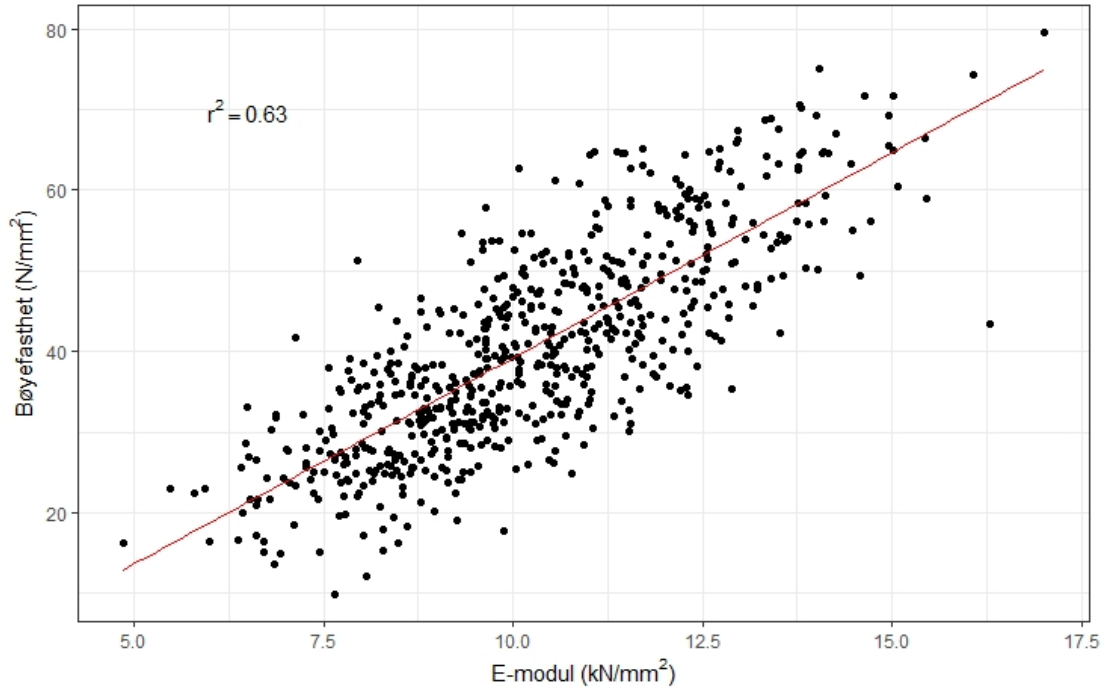
Figur 14 viser densitet i kombinasjon med stokknummer og bestand. Densiteten til plank fra første tømmerstokk var i gjennomsnitt høyere enn plank lenger opp i treet.



Figur 14. Gjennomsnittlig densitet i kombinasjon med stokknummer og bestand.

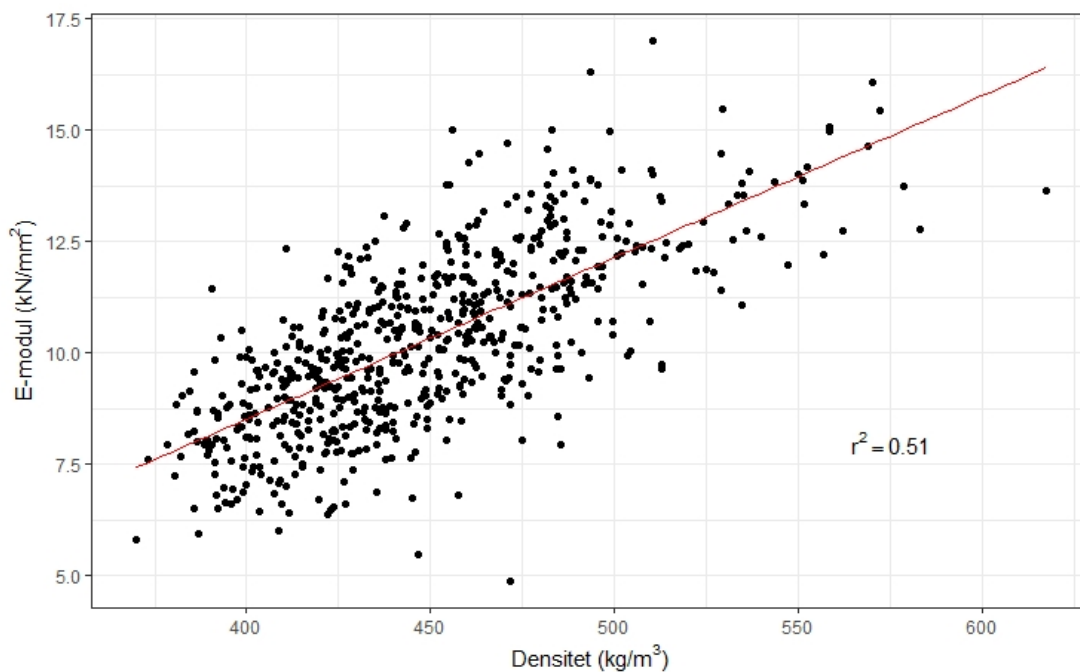
3.7 Sammenheng mellom bøyefasthet, E-modul og densitet

For hele materialet var det som forventet en relativt god sammenheng mellom E-modul og bøyefasthet ($r^2 = 0.63$) er vist i Figur 15.



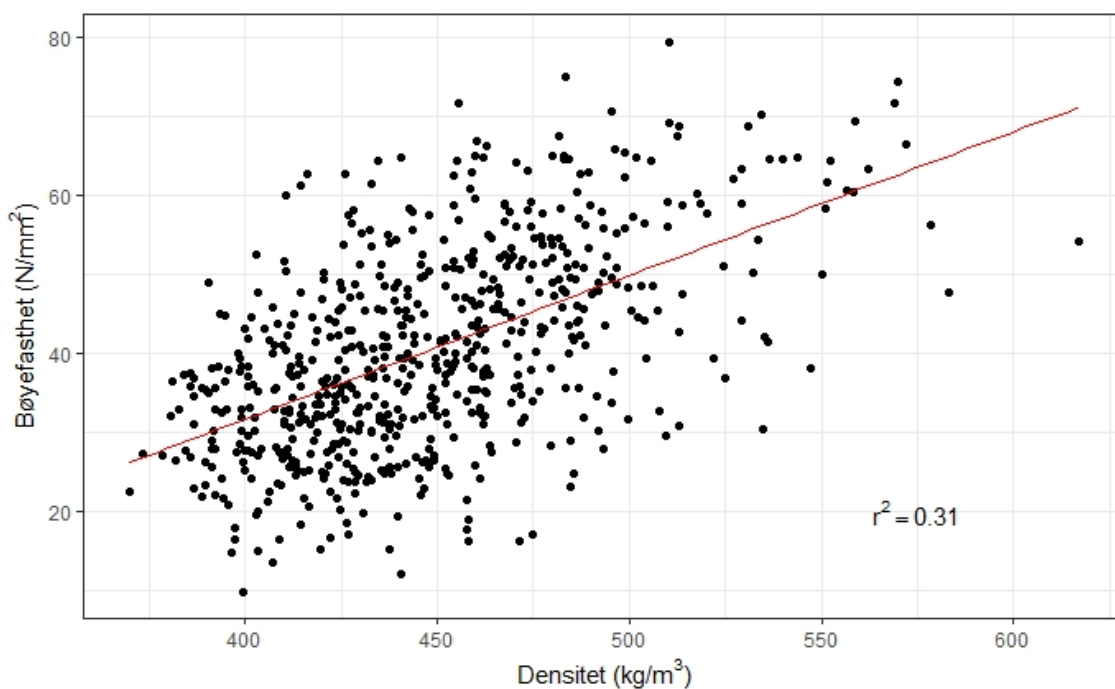
Figur 15. Sammenhengen mellom E-modul og bøyefasthet (f_m).

Figur 16 viser at det var en god sammenheng ($r^2 = 0.51$) mellom densitet og E-modul for hele materialet. I modellen i Figur 16 og 17 er en måling av densitet på 734 kg/m^3 tatt ut av modellen.



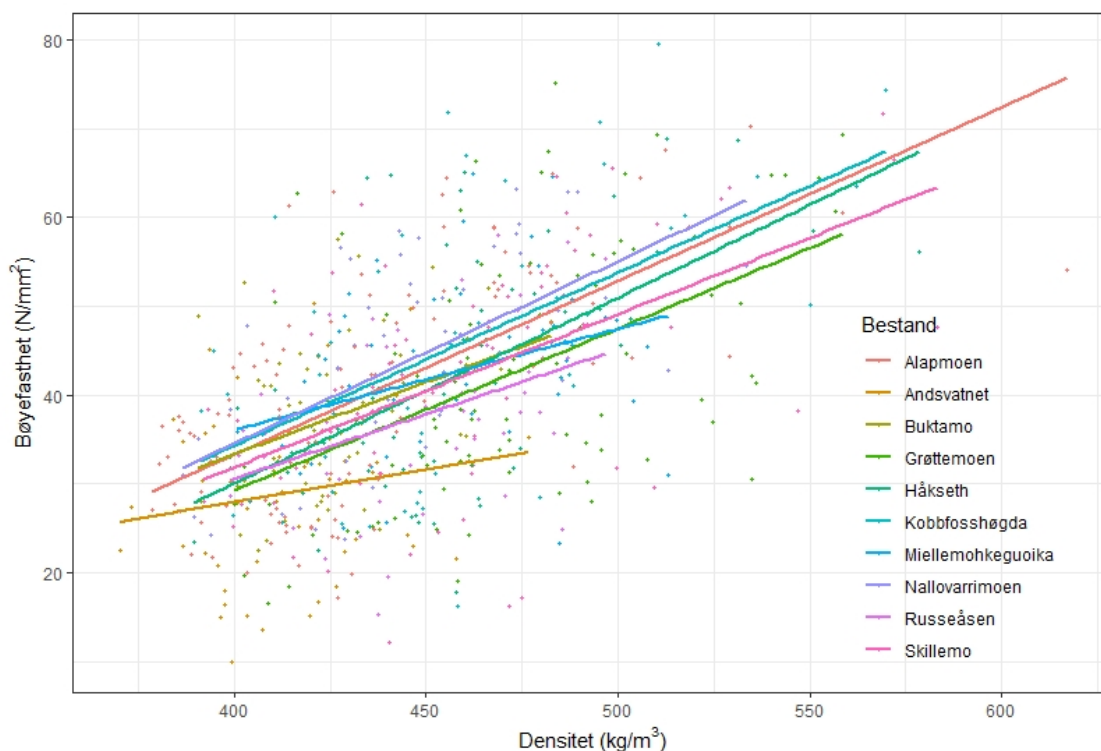
Figur 16. Sammenhengen mellom densitet og E-modul (f_m).

Sammenhengen mellom densitet og bøyefasthet ($r^2 = 0,31$) er vist i Figur 17.

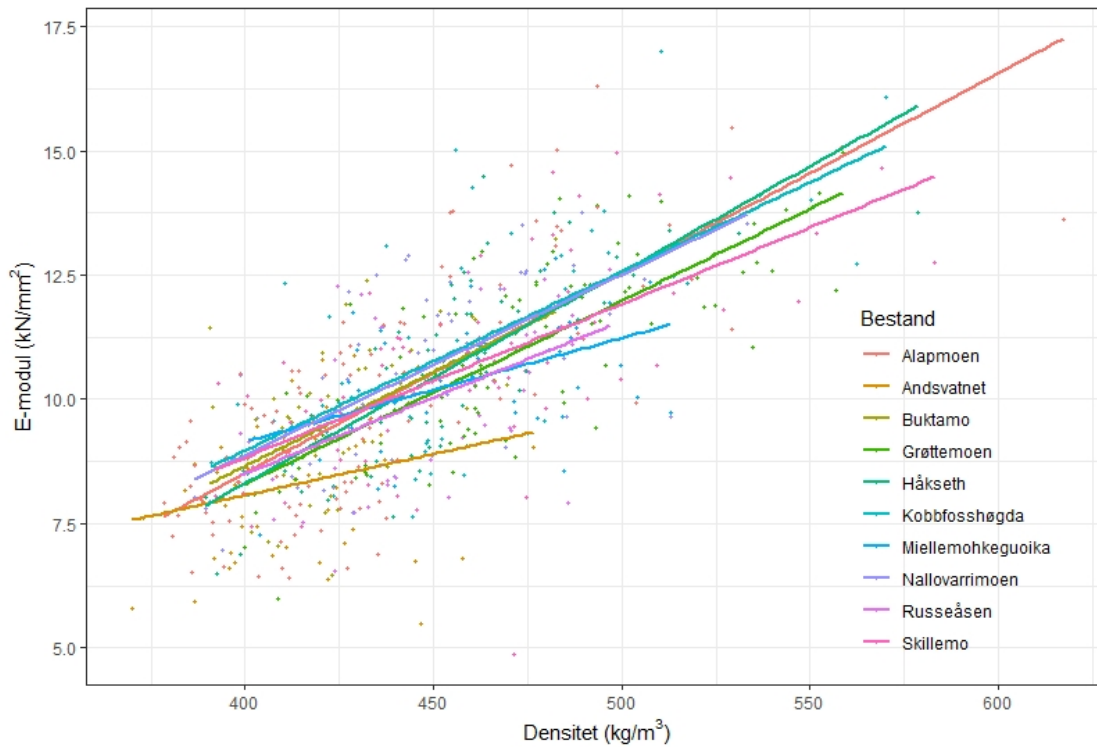


Figur 17. Sammenhengen mellom densitet og bøyefasthet (f_m).

Sammenhengen mellom densitet og henholdsvis bøyefasthet og E-modul for hver bestand er vist i Figur 18 og 19. Både bøyefasthet og E-modul øker med økende densitet. Trelasten fra Andsvatnet i Målselv skiller seg her ut med jevnt over lavere verdier både for bøyefasthet, E-modul og densitet.

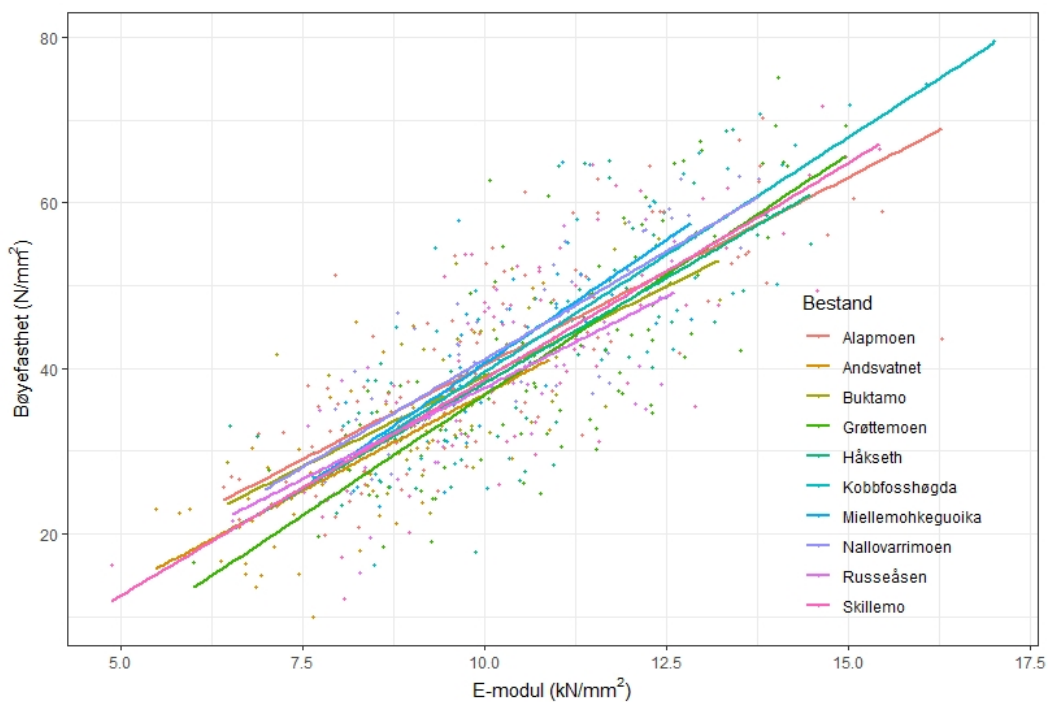


Figur 18. Sammenhengen mellom densitet, bøyefasthet (f_m) for hvert bestand.



Figur 19. Sammenhengen mellom densitet E-modul ($E_{m,i}$) for hvert bestand.

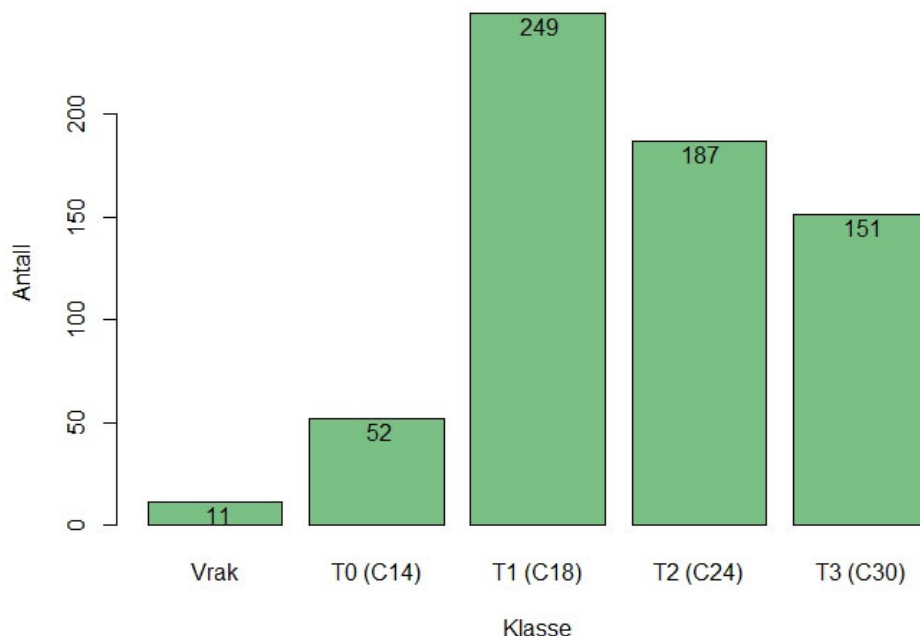
Figur 20 viser samme som Figur 15, men her er målingne fordelt på bestand. Det er ingen bestand som skiller seg spesielt ut i sammenhengen mellom E-modul ($E_{m,i}$) og bøyefasthet (f_m).



Figur 20. Sammenhengen mellom bøyefasthet (f_m) og E-modul ($E_{m,i}$) for hvert bestand.

3.8 Visuell styrkesortering etter INSTA 142

Figur 21 viser antall plank i hver sorteringsklasse etter INSTA 142 og Tabell 5 viser gjennomsnitt, standardavvik og 5 persentil for bøyefasthet, E-modul og densitet fordelt på sorteringsklassene.



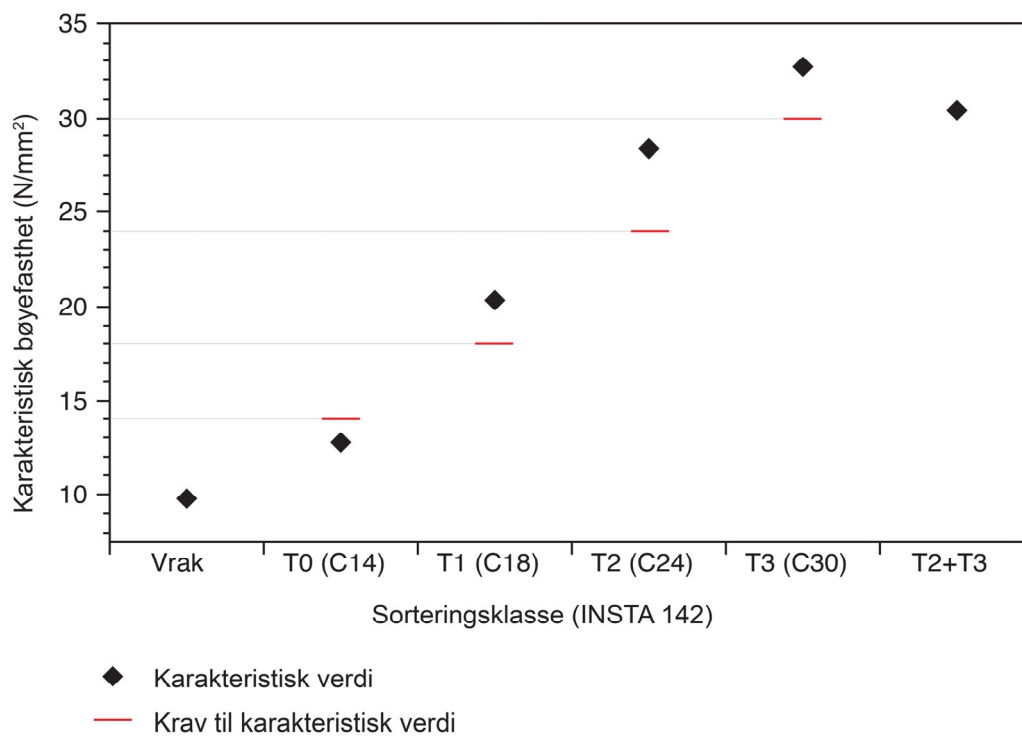
Figur 21. Antall plank sortert til de ulike sorteringsklassene etter INSTA 142.

Tabell 5. Densitet, E-modul og bøyefasthet til hele materialet fordelt på sorteringsklassene etter INSTA 142. Fasthetklassene er tilordnet NS-EN338 i henhold til NS-EN1912. Sorteringsklasse T0 er tilordnet fasthetklasse C14, T1 er tilordnet C18, T2 er tilordnet C24 og T3 er tilordnet C30.

Sorterings-klasse	Bøyefasthet (N/mm ²)				E-modul (kN/mm ²)				Densitet (kg/m ³)			
	N	\bar{X}	σ	5.PSTL	N	\bar{X}	σ	5.PSTL	N	\bar{X}	σ	5.PSTL
T0 (C14)	52	32,7	14,2	14,4	52	9,50	2,12	6,61	52	445	41,2	389
T1 (C18)	248	33,1	8,71	21,0	249	9,28	1,63	6,83	249	434	31,8	387
T2 (C24)	185	42,2	8,74	29,2	187	10,4	1,56	7,93	187	449	38,9	401
T3 (C30)	151	53,9	10,3	33,7	151	12,0	16,3	9,50	151	474	43,8	409
T2+T3	336	47,4	11,1	31,1	338	11,1	1,78	8,25	338	460	42,9	401

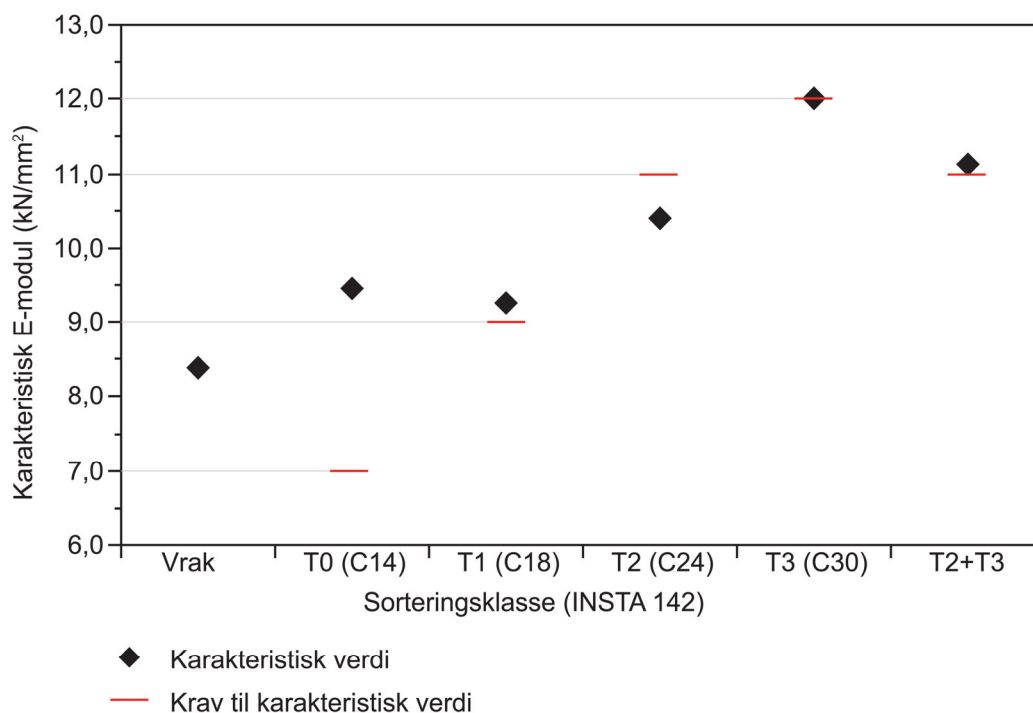
Figurene 22-24 viser nedre grense for 75 % konfidensintervall til de karakteristiske verdiene til henholdsvis bøyefasthet, E-modul og densitet for sorteringsklassene sammen med krav for tilordnete fasthetklasse.

Figur 22 viser at trelast som er sortert til T1, T2 og T3 holdt kravene til karakteristisk bøyefasthet for henholdsvis C18, C24 og C30. Sorteringsklasse T0 holdt imidlertid ikke kravet. Det siste skyldes at variasjonskoeffisienten til bøyefastheten for klassen T0 var betydelig større og antall observasjoner var mindre enn for de andre klassene. Det lave antallet observasjoner medførte at nedre grense for 75 % konfidensintervallet til den karakteristiske verdien var betydelig lavere enn den estimerte 5. persentilen.



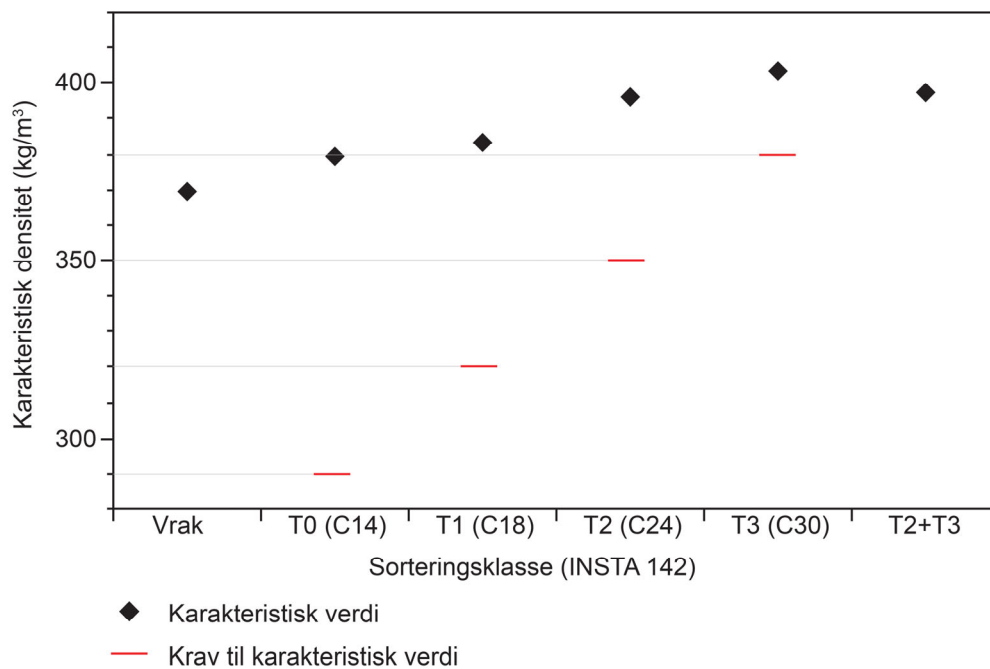
Figur 22. Karakteristisk verdi for bøyefasthet for de ulike sorteringsklassene

Figur 23 viser at trelast som er sortert til T0, T1 og T3 holdt kravene til karakteristisk E-modul for henholdsvis C14, C18 og C30. Sorteringsklasse T2 holdt imidlertid ikke kravet. For E-modul har EN338 også et krav til nedre 5 %-kvan til som trelasten i sorteringsklasse T2 oppfylte. Når en slår sammen klassene T2 og T3 holdt kravet til klassen T2. Se karakteristisk verdi til klassen T2+T3 i Figur 23.



Figur 23. Karakteristisk verdi for E-modul for de ulike sorteringsklassene

Figur 24 viser at trelast som er sortert til T0, T1, T2 og T3 holdt kravene til karakteristisk densitet for henholdsvis C14, C18, C24 og C30. Figuren viser at forskjellen mellom karakteristisk verdi og krav til karakteristisk verdi avtar fra T0 til T3.



Figur 24. Karakteristisk verdi for densitet for de ulike sorteringsklassene

4 Diskusjon og konklusjon

11 av 650 planker ble vraket etter visuell sortering etter den nordiske standarden INSTA 142, (Figur 21). Generelt er kvist den viktigste årsaken til nedklassing ved visuell sortering av trelast. I tillegg til kvist ble det i denne undersøkelsen registrert andre virkesfeil som sprekker, tennarved (trykkved), deformasjoner (vindskjevhet, flatbøy og kantkrok), råte, fiberhelling og skade.

Gjennomsnittlig bøyefasthet for dette materialet ($40,5 \text{ N/mm}^2$) var lavere enn det Fischer et al. (2016) fant i en studie av gran fra 16 bestand i Sør-Norge. Materialet til Fischer et al. kom fra bestand med ulik alder, fra ulik breddegrad, høyde over havet og bonitet. Høibø et al. (2014) fant også høyere bøyefasthet for et materiale fra 3 ulike bestand av gran i Sørøst-Norge, enn det som ble funnet i denne studien. Bøyefastheten for dette materialet var lavere enn et materiale av gran fra Helgeland ($47,4 \text{ N/mm}^2$) undersøkt av Nagoda (1985). I samme undersøkelse fant Nagoda imidlertid lavere bøyefasthet for materialet han undersøkte fra Salten ($35,5 \text{ N/mm}^2$) og Troms ($37,4 \text{ N/mm}^2$) enn det vi fant i denne undersøkelsen fra Troms og Finnmark.

Gjennomsnittlig E-modul for hele materialet ($10,3 \text{ kN/mm}^2$) var lavere for dette materialet enn det Fischer et al. (2016) fant i sin studie av gran fra 16 bestand i Sør-Norge. Høibø et al. (2014) fant også høyere E-modul for de 3 granbestandene fra Sørøst-Norge, enn det som ble funnet i denne studien fra Troms og Finnmark. For E-modul på gran fant Nagoda (1985) lavere verdier for virke fra både Helgeland ($9,8 \text{ kN/mm}^2$), Salten ($7,9 \text{ kN/mm}^2$) og Troms ($8,1 \text{ kN/mm}^2$) enn det som ble funnet i denne undersøkelsen fra Troms og Finnmark.

Densiteten (448 kg/m^3) var også lavere i denne studien enn densiteten i studien til Fischer et al. (2016) og Høibø et al. (2014). I undersøkelsen til Høibø et al. (2014) hadde to av de tre bestandene meget høy alder og trær med små årringer. Bestandene lå også på lav breddegrad og lav høyde over havet, en kombinasjon en forventer skal gi høy densitet (Wilhelmsson 2001). Lavere densitet med økende breddegrad er i samsvar med Nagoda (1985) som fant lavere densitet ved samme årringbredde for gran fra Nord-Norge enn det Høibø (1991) fant for gran fra Spikkestad i Asker kommune.

Det er ikke funnet data for trelast av furu fra Norge å sammenligne med, men det er gjort et studium av firkant av furu fra høyreliggende skog i Nord-Gudbrandsdalen (Vestøl et al. 2004) og et annet studium av firkant fra ulike høydeler i Buskerud (Vestøl & Høibø 2010). Firkanten ble skåret med tilnærmet $2/3$ kant i begge studiene. Trelasten av furu fra Troms og Finnmark hadde lavere bøyefasthet enn firkant i begge de nevnte studiene. E-modulen var høyere enn det Vestøl et al. (2004) fant i firkant fra Nord-Gudbrandsdalen, men lavere enn det som ble funnet i materialet fra Buskerud (Vestøl og Høibø 2010). Gjennomsnittlig densitet var tilnærmet lik materialet fra Nord-Gudbrandsdalen når det korrigeres for forskjell mellom basisdensitet til densitet med 12 % fuktighet (Vestøl et al. 2004), men lavere enn i materialet fra Buskerud (Vestøl & Høibø 2010).

Ranta-Maunus (2009) har publisert data om konstruksjonsvirke av furu fra flere land i Europa, bl.a. Finland og Sverige. Trelasten fra Troms og Finnmark hadde lavere bøyefasthet enn alle materialene fra Finland og Sverige. Gjennomsnittlig bøyefasthet var 11,2 % lavere enn materialet fra innlandet i Nord-Sverige, som det er mest nærliggende å sammenligne med. E-modul og densitet var lavere enn gjennomsnittet for furu fra Finland (Ranta-Maunus 2009).

Det er naturlig at en finner lavere bøyefasthet, E-modul og densitet på dette materialet fra nord i Norge. Den lavere bøyefastheten og E-modulen skyldes i stor grad lavere densitet, som er forårsaket av kortere vekstsesong, som gir mindre andel senved og større andel tynne veggceller. Det påvirker spesielt E-modulen (Vestøl et al. 2012), men også bøyefastheten. Det fører også til mer «sprø» brudd og mindre tilført arbeid før brudd. Foslie (1963) fant lavere slagbruddfasthet for prøver av furu fra Pasvik, enn for prøver av furu fra Øst-Norge. De dårligere fasthetsegenskapene er sannsynligvis i stor grad forårsaket av at en større andel av bruddet foregår som tverrbrudd i celleveggen og en mindre andel som brudd i midtlamellene mellom fibre.

En kunne forventet lavere densitet enn det som ble funnet. Densiteten er det kriteriet som oppfylles for alle sorteringsklassene i sorteringen etter INSTA 142. Det kan skyldes stort innhold av harpiks. Foslie (1963) fant bøyefastheten til virke til Pasvik var lavere enn virke fra Østlandet med samme densitet, og at forskjellen økte med densitet. Mer harpiks ble brukt som mulig forklaring. Dette ble ikke målt i vår studie, men mange av plankene så ut til å inneholde mye harpiks, spesielt planker fra rotstokkene. Det var utslag av kvæ (harpiks) etter den kunstige tørkingen ved sagbruket. Harpiks kan gi en betydelig økning av densiteten i furu i forhold til det en finner for gran. Det betyr at densiteten kan ha vært relativt høy selv om middel fiberveggtykkelse og mengde cellulose var relativt liten. Det vil føre til en lavere E-modul og bøyefasthet enn forventet i forhold til den registrerte densiteten til materialet.

Sorteringen etter INSTA 142 viser at sorteringsklassene T1 til T3 holdt tilfredsstillende karakteristisk bøyefasthet og densitet, men at sorteringsklassen T2 ikke holdt kravet for E-modul. Se Figur 22 og 23. Sorteringsklassen T3 og T2 sammen holdt kravet til T2 også for E-modulen. Det anbefales derfor å ikke sortere ut klassen T3, men la denne gå sammen med klassen T2 hvis en skal sortere etter INSTA 142. Maskinell sortering, hvor densiteten blir registrert, vil sannsynligvis gi mulighet til å sortere ut en større andel trelast i de høyeste fasthetklassene, men det er ikke undersøkt i denne studien. To holdt kravet til E-modul og densitet, men ikke kravet til bøyefasthet. Dette skyldes i stor grad at det var få observasjoner og stor variasjonskoeffisient for bøyefastheten til denne klassen.

Avtagende E-modul med avtagende dimensjon skyldes i hovedsak avtagende densitet (Høibø et al. 2010, Vadla 2018) og økende kvistdiameter med økende høyde i treet. De bestandene som ga de lavest verdiene for bøyefasthet og E-modul var relativt unge. Se Tabell 2 og 5 i kapittel 2.2 og 3.8. Det gjaldt to yngre bestand ved Andsvatnet og et ved Buktamo, begge i Målselv i Troms.

Feltet ved Andsvatnet var det yngste og ligger på 171 moh. Feltet ble plantet i 1949 og kalles Islandshaugen². Trærne på disse to feltene i Troms har stått på god bonitet. Det har til nå gitt god vekst, det vil si større årringbredde med lavere densitet og generelt noe lavere styrkeegenskaper, enn trelast fra de 8 andre feltene i undersøkelsen. For å oppnå gode tall for bøyefasthet og E-modul bør en satse på en skogbehandling som reduserer diametertilveksten til enkelttrærne. Da må en holde bestandene relativt tette. Det vil gi relativt liten årringbredde og kvistdiameter i nedre halvdel av treet. Mindre diametertilvekst fører imidlertid til høyere hogstmodenhetsalder, men det fører også til større andel lengre fibre i virket ved sluttavvirkning, et forhold som gir høyere fasthet og stivhet.

Denne undersøkelsen har studert egenskapene til trelast av furu fra 10 bestand i Troms og Finnmark. Landsskogtakseringen har data over skogressursene i Troms og Finnmark. Disse registreringene og dataene fra prøveflatene gir blant annet informasjon om bonitet, alder, hogstklasse, volumer og geografisk beliggenhet (Landsskogtakseringen, 2014). For å få mer kunnskap om egenskapene til virke fra hele regionen kan det være hensiktsmessig utføre simuleringer tilsvarende Vestøl et al. (2020).

Furu er det viktigste kommersielle treslaget i Troms og Finnmark og skogmyndighetene har et oppdrag om å få til økt verdiskaping fra lokale skogressurser og økt bruk av tre generelt. Statsforvalteren og Finnmarkseiendommen (FeFo) arbeider med økt verdiskaping regionalt. Økt verdiskaping er forankret i oppdragsbrevene fra Landbruks- og matdepartementet og Statens landbruksforvaltning. Regionalt er dette forankret i Regionalt skog- og klimaprogram for Troms og Finnmark (Fylkesmannen i Troms og Finnmark, 2019) og Regionalt næringsprogram for landbruket i Troms og Finnmark 2019-2022 (Troms og Finnmark fylkeskommune, 2020). Skogeierne i regionen,

² Plantingen ble utført av islendinger i 1949. Det ble benyttet planter fra daværende proveniens (Troms-innland). Frøene var blitt samlet i de rike frøåra etter 1930. Konglene ble klenget på daværende Moen klengstue i Målselv og plantene (2/2) drevet fram på daværende Målselv planteskole. 87 tusen planter ble sendt til Island med samme flyet som islendingen i 1949! Kilde: Troms skogselskap v/Terje Dahl og Digitalt museum (<https://digitaltmuseum.no>).

der Finnmarkseiendommen og Statskog er de største eierne, vil ha nytte av kunnskap for å optimalisere skogbruket og ressursutnyttelsen på sine arealer. Kunnskap fra prosjektet viser at det er grunnlag for økt produksjon og salg av lokalt produserte trevarer i Troms og Finnmark. Kunnskapen i dette prosjektet kan gjøre lokale skogressurser mer verdifulle. Lokale sagbruk og trebedrifter opplever økende etterspørsel og søkelys på kortreiste trematerialer (FTF, 2018).

Kunnskap om materialeegenskapene til furu har betydning for bruk av råstoffet fra hele regionen. I dag importeres det en god del konstruksjonsvirke til regionen. Lange avstander medfører mer transport, mens lokalt produsert trelast vil føre til mindre transport. Bærekraftig produksjon innebærer å minske ressursbruk, miljøforringelse og klimagassutslipp når en produserer og leverer en vare. Dette er i tråd med FN's bærekrafts mål om ansvarlig forbruk og produksjon (FN, 2019). Skog- og trelastnæringa i Troms og Finnmark består av en rekke småbedrifter. Ved å velge lokalt produsert trelast sysselsettes det folk både i skogen, i transport, på sagbruk og i trelastutsalg.

Ved å produsere og bruke konstruksjonsvirke lokalt etter kravene i standardene vil dette kunne tilfredsstilles krav gitt i Plan og bygningsloven (PBL, 2019) og Byggeteknisk forskrift (TEK17, 2019). Dette kan bidra til økt aktivitet i næringslivet i Troms og Finnmark og samtidig lokal verdiskaping som kommer hele regionen til gode.

Referanser

- Berlin, M., Persson, T., Jansson, G., Haapanen, M., Ruotsalainen, S., Barring, L. and Andersson Gull, B., 2016. Scots pine transfer effect models for growth and survival in Sweden and Finland. *Silva Fennica* 50(3), article id 1562.
- Düthorn, E., Schneider, L., Günther, B., Gläser, S. and Esper, J., 2016. Ecological and climatological signals in tree-ring width and density chronologies along a latitudinal boreal transect *Scandinavian Journal of Forest Research*, v. 31, p. 750-757.
- Fischer, C., 2016. Density and bending properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) structural timber: inherent variability, site effects in machine strength grading and possibilities for presorting. Densitet og bøyeegenskaper til konstruksjonslast av gran (*Picea abies* (L.) Karst.): iboende variasjon, bestandseffekter ved bøyefasthetsortering og muligheter for forsoring, Department of Ecology and Natural Resource Management, Faculty of Environmental Science and Technology, Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- Fischer, C. Vestøl, G.I. and Høibø, O., 2016. Modelling the variability of density and bending properties of Norway spruce structural timber. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(7): 978-985
- FN, 2019. FNs bærekraftsmål. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>
- Foslie, M., 1963. Bøyefasthetegenskapene hos furu (*Pinus sylvestris*) fra Pasvik og fra Østlandet = The Strength Properties of Redwood (*Pinus Sylvestris*) from North-Most Norway and from South-East Norway: Meddelelse (Norsk treteknisk institutt: trykt utg.), v. nr 24: Oslo, Norsk Treteknisk Institutt.
- FTF, 2018. Finnmark Treforum, Skog- og Trenæringa i Finnmark. Tilgjengelig fra: <https://prosjekt.fylkesmannen.no/Finnmark-treforum/>
- Fylkesmannen i Troms og Finnmark, 2019. Skogen - en kilde til verdiskaping og klimagevinst Regionalt skog- og klimaprogram for Troms og Finnmark 2019-2022. Tilgjengelig fra: https://www.statsforvalteren.no/siteassets/fm-troms-og-finnmark/landbruk-og-mat/jordbruk/3-regionalt-skog--og-klimaprogram-troms-og-finnmark-2019_2022.pdf
- Høibø, O.A., 1991. The quality of wood of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) planted with different spacing. *In* Department of Forestry. Agricultural University of Norway (Today Norwegian University of Life Sciences), Ås.
- Høibø, O., Vestøl, G.I., Fischer, C., Fjeld, L., and Øvrum, A., 2014. Bending properties and strength grading of Norway spruce: variation within and between stands. *Can. J. For. Res.* 44: 128-135
- Landskogtakseringen, 2012. Statistikk over skogforhold og skogressurser i Troms. Landskogtakseringen 2005-2009. Skog og landskap, Ås, Norsk institutt for skog og landskap.
- Nagoda L., 1985. Styrkeegenskaper hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.) fra Nord-Norge målt på trelast i hele dimensjoner [Strength properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from Northern Norway tested on timber in structural sizes]. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning*. 38.17:1-31.
- Perttu, K. and Morén, A., 1994. Regional temperature and radiation indices and their adjustment to horizontal and inclined forest land. Technical Report. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. *Studia forestalia Suecica* ; 194 [Report].
- PBL, 2019. Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven). <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>

- Ranta-Maunus A., 2009. Strength of European timber. Part 1. Analysis of growth areas based on existing test results. VTT Publications 706:1-103.
- R Core Team, 2020. R 4.0.3 og pakken **emmeans**, versjon 1.5.3. Tilgjengelig fra: <https://cran.r-project.org/web/packages/emmeans/index.html>.
- Standard Norge, 2009a. Nordiske regler for visuell bøyefasthetsortering av trelast. Norsk Standard NS-INSTA 142.
- Standard Norge, 2009b. Structural timber – strength classes. Norsk Standard NS-EN338.
- Standard Norge, 2012. Norsk Standard NS-EN 408:2010+A1:2012. Trekonstruksjoner – Konstruksjonstre og limtre – Bestemmelse av noen fysiske og mekaniske egenskaper.
- Standard Norge, 2016. Norsk Standard NS-EN 14358. Trekonstruksjoner – Beregning og verifisering av karakteristiske verdier.
- Standard Norge, 2018a. NS-EN 14081-1:2016+A1:2019. Trekonstruksjoner - Styrkesortert konstruksjonstrevirke med rektangulært tverrsnitt - Del 1: Generelle krav
- Standard Norge, 2018b. Norsk Standard NS-EN 14081-2:2018. Trekonstruksjoner - Styrkesortert konstruksjonstrevirke med rektangulært tverrsnitt - Del 2: Maskinell sortering; Tilleggskrav for typeprøving.
- Standard Norge, 2019. Norsk Standard NS-EN 384:2016+A1:2018. konstruksjonstrevirke – Bestemmelse av karakteristiske verdier for mekaniske egenskaper og densitet.
- Troms og Finnmark fylkeskommune, 2020. Vekst, utvikling og verdiskaping i det arktiske landbruket Regionalt næringsprogram for landbruket i Troms og Finnmark 2019-2022. Tilgjengelig fra: https://www.tffk.no/f/p1/ibf4ebba7-be6d-4325-9235-ac34142e2707/2-regionalt-naringsprogram-troms-og-finnmark-2019_2022.pdf
- TEK17, 2019. Byggteknisk forskrift (TEK17), Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Vadla, K., 2008. Virkesegenskaper hos bartrevirke fra forskjellige lokaliteter i Nord-Norge: densitet, avsmalning, bark og kjerneved. Forskning fra Skog og landskap, Ås, Norsk institutt for skog og landskap.
- Vestøl G.I., Fischer C. and Høibø O., 2020. Simulation of structural timber properties based on geographical data and stand-level forest inventory data. Scandinavian Journal of Forest Research. 35:286-295.
- Vestøl G.I. and Høibø O., 2010. Bending strength and modulus of elasticity of squares with wane as compared with round timber of Scots pine (*Pinus sylvestris*). Forest Products Journal. 60:40-47.
- Vestøl, G.I., Høibø, O., Langsethagen, K.G., Skaug, E., and Skyrud, R.E.A., 2012. Variability of density and bending properties of *Picea abies* structural timber. Wood Material Science and Engineering 7(2): 76-86
- Vestøl G.I., Høibø O., Lilleslett S. and Myhre H., 2004. Fysiske og mekaniske egenskaper til rundtømmer og firkant av furu fra høyereliggende skog. Rapport fra skogforskningen. 6/04:1-22.
- Wilhelmsson, L., 2001. Characterisation of wood properties for improved utilisation of Norway spruce and Scots pine. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Management and Products. Doctoral thesis. Silvestria 216: 1-46.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til bruk i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.