

# Furu i Nord – Egenskaper til konstruksjonsvirke av furu fra Troms og Finnmark

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

20.10.2021



# Furu i Nord (2019-2021) – FoU-prosjekt – finansiert av RFFNORD

Prosjektansvarlig



Fylkesmannen i Troms og Finnmark

*Romssa ja Finnmarkku fylkkamánni  
Tromssan ja Finmarkun maaherra*

Prosjektleder (FoU-partner)



**NIBIO**  
NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

Samarbeidspartnere:

Finnmarkseiendommen

Statskog SF

Skogbrukssjefen i Finnmark og Kvæningen kommune

Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet (NMBU), (FoU-partner)



**Statskog**



Haldorsen Treprodukter i Alta (sagbruk)

Lamo Sag i Målselv (sagbruk)

Dag Johansen i Pasvik (gårdssag)



## Bakgrunn:

- Hovedmålet har vært å undersøke densitet og mekaniske egenskaper til konstruksjonsvirke av furu fra Troms og Finnmark.
- Tre gir arkitektoniske muligheter, samtidig som treets egenskaper gjør det til et miljøvennlig og sikkert konstruksjonsmateriale.
- 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 (tetthet) og mekaniske egenskaper.

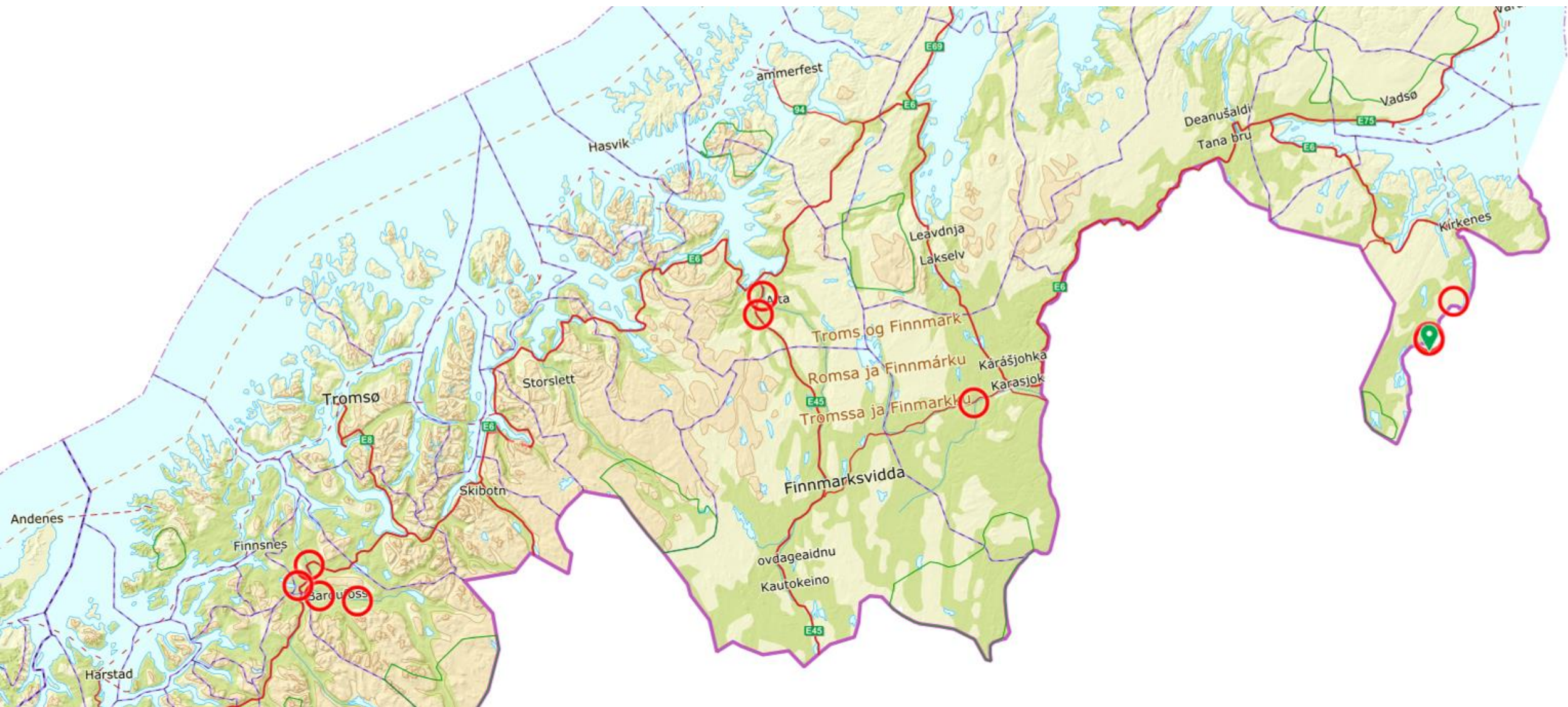
# Mekaniske egenskaper

- De viktigste mekaniske egenskapene til konstruksjonsvirke er **bøyefasthet og elastisitetsmodul (E-modul)**.
- **Bøyefasthet** er bruddspenningen når trevirket utsettes for bøying
- **Elastisitetsmodul (E-modul)** er et mål på trevirkets stivhet.
- Utseende kommer i andre rekke, siden virket ofte bygges inn i konstruksjonen.

## Tidligere undersøkelser:

- Det manglet nyere undersøkelser av mekaniske egenskaper.
- Foslie fant i 1963, lavere middeltall for bøyefasthet for furu i Pasvik, sammenlignet med furu fra Østlandet.
- I samme undersøkelsen var E-modulen også lavere.
- Med bakgrunn i dette konkluderte Foslie med at det «*advares mot bruk av Pasvik-last i bærende konstruksjoner der man i særlig grad regner å utnytte trevirkets bøyefasthet*».

# Bestand, sted, navn



## Geografiske opplysninger.

Bestand	Sted	Navn	Breddegrad (°N)	Lengdegrad (°E)	moh.
1	Pasvik	Russeåsen	69.43696	29.88042	39
2	Pasvik	Kobbfosshøgda	69.3296	29.5586	90
3	Pasvik	Håkseth	69.33744	29.57144	70
4	Karasjok	Miellemohkeguoika	69.4307	25.12569	151
5	Alta	Skillemo	69.89853	23.23486	41
6	Alta	Nallovarrimoen	69.83896	23.16728	83
7	Bardufoss	Buktamo	69.13651	18.57857	40
8	Bardufoss	Andsvatnet	69.06548	18.4652	171
9	Bardufoss	Grøttemoen	69.02735	18.66591	65
10	Bardufoss	Alapmoen	69.00123	19.01635	84



# Registreringer:

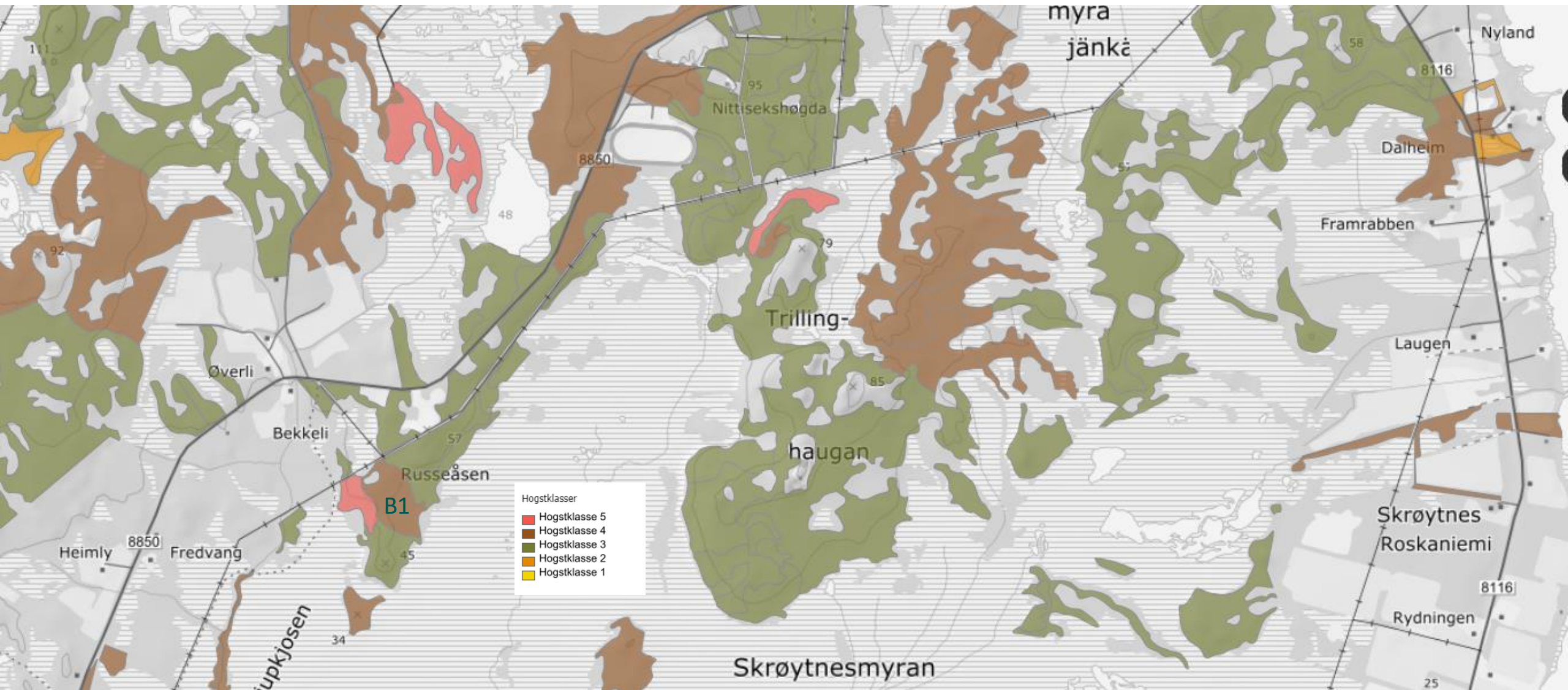
- Stedsnavn, Bestand, Dato
- Bonitet, Høyde, Alder,
- Hoh., Lengdegrad, Breddegrad, Grunnflatesum
- Vegetasjonstype, Jordsmonnstype
- Tre nr., min DBH, maks DBH, barktykkelse, Kronevidde (N, Ø, S, V)
- $H_{ngg}$ ,  $H_{180}$ ,  $H_{360}$ ,  $H_{total}$
- Stokk 1, Stokk2 osv. (Toppdiameter og lengde)

Stedsnavn: Kvern A: 138/163 Bestandnr: 4 Dato: 24.9.2015  
 Bon: F3 H.bon: Ald, bon: Hoh: Lengdgr: Breddegrad: Grunnflatesum: 14/15  
 Vegetasjonstype: Jern Jordsmønntype: Eik/Hog 69.4301°N, 25.125689°E

Tre nr	min DBH	maks DBH	bark tykk	Kronevidde				H <sub>ngg</sub>	H <sub>180</sub>	H <sub>360</sub>	H <sub>total</sub>	Stokknr 1		Stokknr 2		Stokknr 3		Stokknr 4	
				N	Ø	S	V					TD	L	TD	L	TD	L	TD	L
40	180	195	90	125	213	238	209	570	890	1020	1340	177	310	147	310				
41	175	185	100	182	203	224	174	720	810	880	1300	167	310	133	310				
42	185	200	90	187	316	287	164	770	860	1020	1400	179	310	164	310				
43	195	200	110	124	122	146	098	580	870	920	1730	177	310	142	310				
44	200	210	100	199	116	208	169	740	890	970	1220	190	310	147	310				
45	205	220	180	187	191	143	166	900	1010	1130	1490	190	300	165	300				
46	210	225	102	128	159	130	111	600	760	970	1440	199	360	167	310				
47	215	230	120	138	158	189	126	840	980	1210	1560	194	300	172	300				
48	240	245	102	141	387	261	162	600	780	980	1380	243	365	207	310				
49	235	245	95	234	307	241	282	660	840	1000	1390	242	366	220	300				
50	265	270	101	275	320	190	315	710	920	1130	1410	242	366	220	300				
51	290	320	117	275	266	326	247	180	780	950	1420	257	365	220	365				



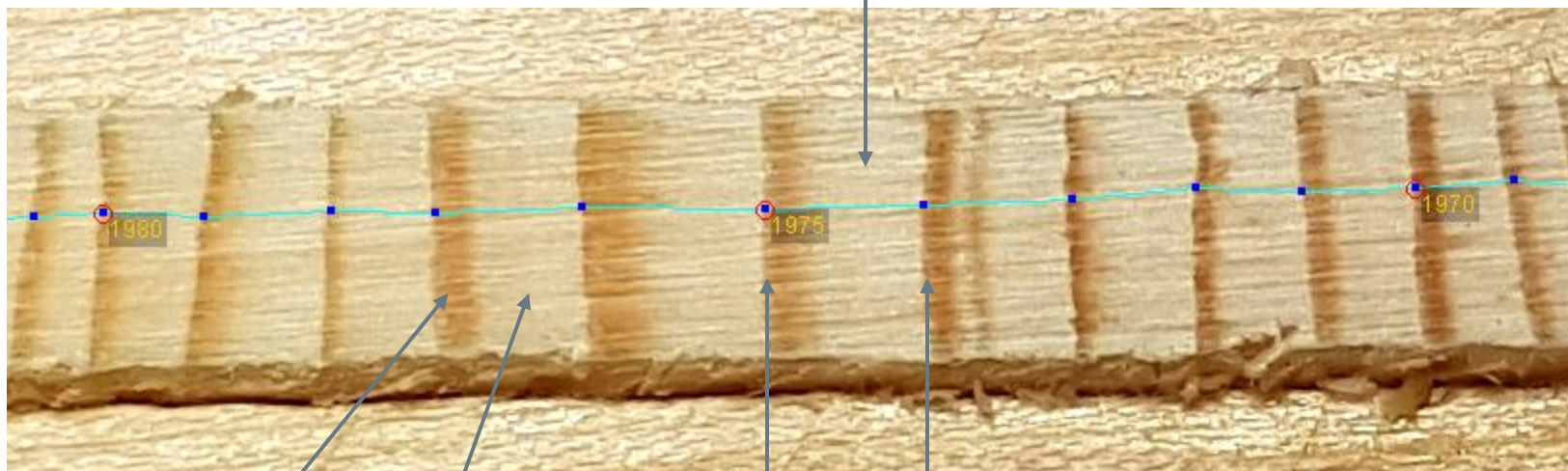
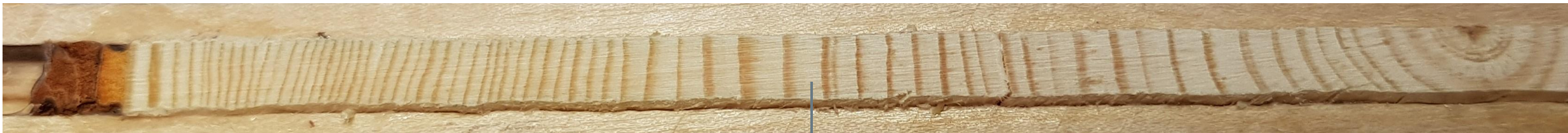
# Pasvik, Russeåsen. Hogstklasse 4.



# Pasvik, Russeåsen



# Tre nr. 7 fra Russeåsen, Pasvik



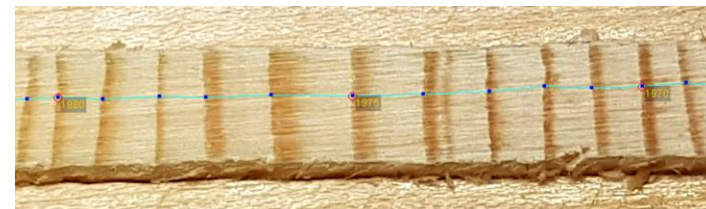
Senved

Tidligved

Årlig vekst

# Litt om densitet, årringbredde

- En kortere vekstsesong gir en mindre andel senved.
- Styrken i trelast er knyttet til senved.
- Densiteten til senveden synker med økende breddegrad.
- Furu fra bestand fra områder som har lavere temperatur i vekstsesongen får lavere densitet.
- Men dette betyr ikke at virke fra Nord-Norge ikke egner seg som konstruksjonsvirke.



## Utvelgelse av trær til testing:

- Diameterfordelingen ble funnet ved å klave opp alle trær i brysthøyde.
- Alle trær med en diameter større enn 17 cm i brysthøyde ble klassifisert i 3 klasser.
- 4 trær fra hver klasse gir 12 trær fra hvert bestand.
- Trær med synlige skader, gankvist og råte ble ikke tatt med.



**Tabell 3. Gjennomsnitt av målinger i de ulike bestand i Finnmark og Troms.**

Sted	Antall trær (n)	D <sub>1.3</sub> (cm)	Tre høyder (m)	Alder D <sub>1.3</sub> (år)	Årringbredde D <sub>1.3</sub> (mm)	Bonitet (H <sub>40</sub> )
1 Russeåsen	12	21.3	14.6	62	1.4	11
2 Kobbfosshøgda	12	24.2	13.8	107	1.1	8
3 Håkseth	12	24.4	15	123	0.9	8
4 Mielle mohkeguoika	12	22.3	13.9	127	0.8	8
5 Skillemo	12	28.6	15.7	136	1.0	8
6 Nallovarrimoen	12	24.8	14.1	126	0.9	8
7 Buktamo	12	21.8	16.3	68	1.4	14
8 Andsvatnet	12	21.5	16.5	55	1.8	14
9 Grøttemoen	12	30.3	16.7	140	0.9	11
10 Alapmoen	12	30.9	19.4	142	1.0	11





Skillemo – Alta. Foto: Eirik N.



Russeåsen – Pasvik. Foto: Eirik N.





Grøttemoen – Bardufoss. Foto: Eirik N.



Grorud - Pasvik. Foto: Eirik N.

## 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")
- 
- 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 marginen som mulig.



# Tørking hos Moelven Løten AS



# Mottak av trelasten på NMBU



# Testing

- 50x100 mm ble kappet til 2 m,
- 50x150 til 3 m
- 50x200 til 4 m lange planker.
  
- Materialene klimatisert med en luftfuktighet på 65 % relativ luftfuktighet og i en temperatur på 20 °C.
  
- For tre tilsvarer dette en fuktighet på 12 %.



# Styrketestrommet på NMBU



Tabell 4. Antall trær (120), stokker (301) og antall planker (650) fordelt på dimensjon og bestand.

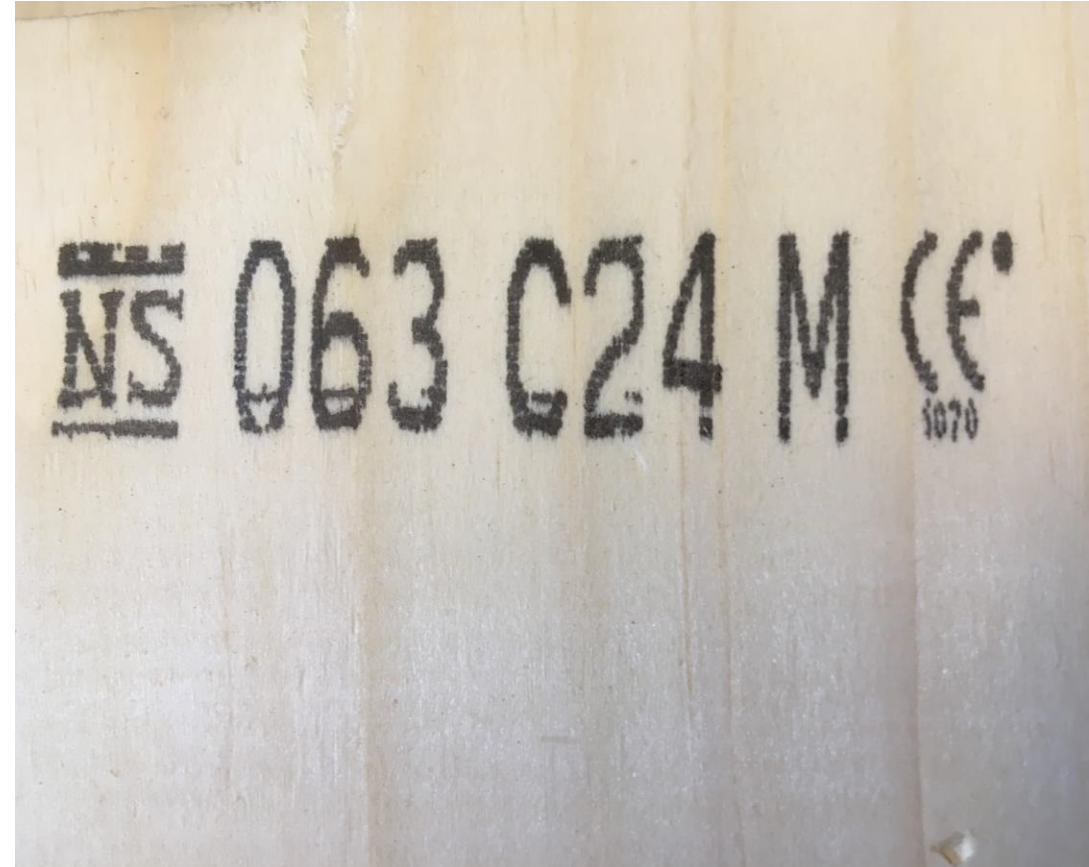
Bestand	Antall trær	Antall stokker	Antall 50 x 100 mm	Antall 50 x 150 mm	Antall 50 x 200 mm
Russeåsen	12	27	40	11	-
Kobbfosshøgda	12	24	22	25	-
Håkseth	12	32	31	28	-
Miellemohkeguoika	12	24	33	16	2
Skillemo	12	33	22	33	16
Nallovarrimoen	12	26	30	16	10
Buktamo	12	28	36	15	-
Andsvatnet	12	26	39	13	-
Grøttemoen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



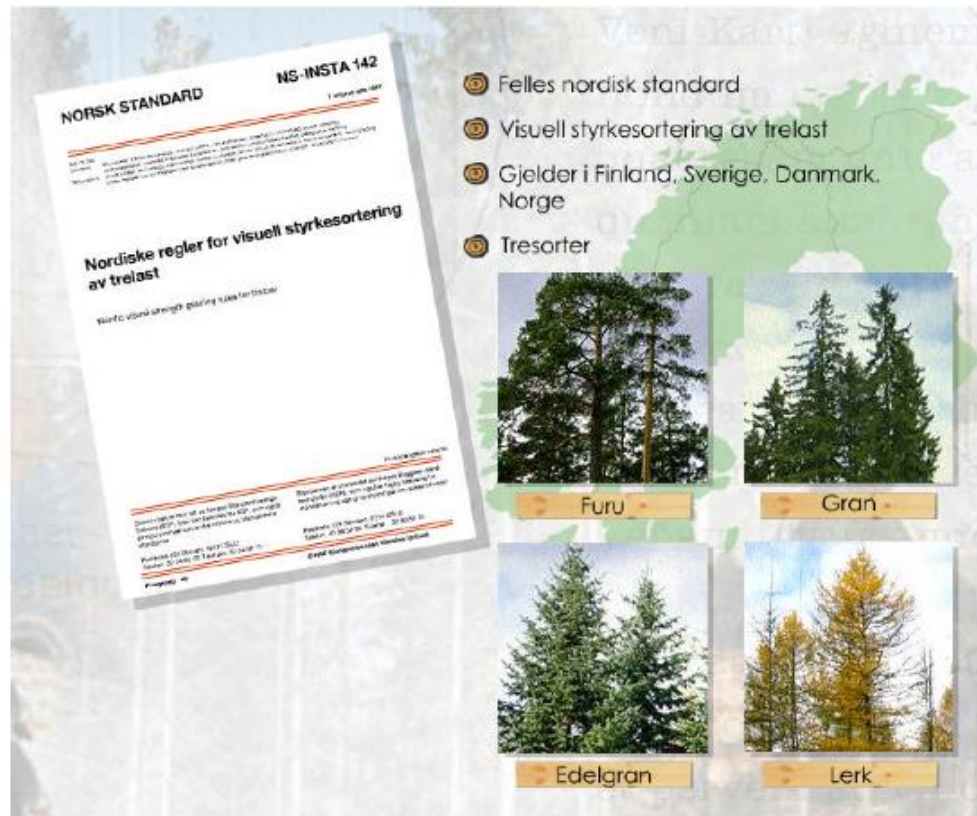


# Krav til konstruksjonsvirke - Norsk standard NS-EN 338

- Fasthetsklasser
  - C14, C18, C24, C30 m.fl.
- Krav til egenskaper
  - Fasthet (Bøyefasthet)
  - Stivhet (E-modul)
  - Densitet
- Dokumenteres i form av visuell eller **maskinell styrkesortering**



# Visuell styrkesortering



## NS-INSTA142

Gjelder for konstruksjonsvirke;  
også kalt teknisk virke

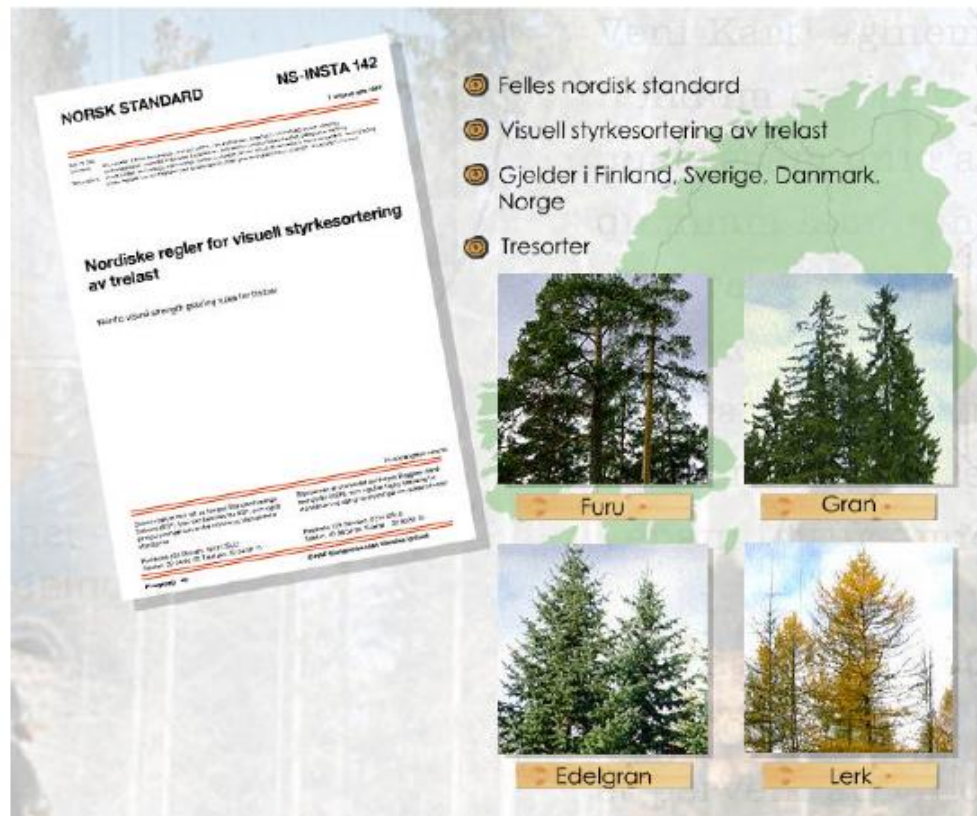
INSTA142 er en standard underlagt  
**NS-EN 14081-3 2012**

**CE** garanti tilfredstilling europeiske  
krav

**NS** tilleggskrav i Norge

---

# Sorteringsklasser



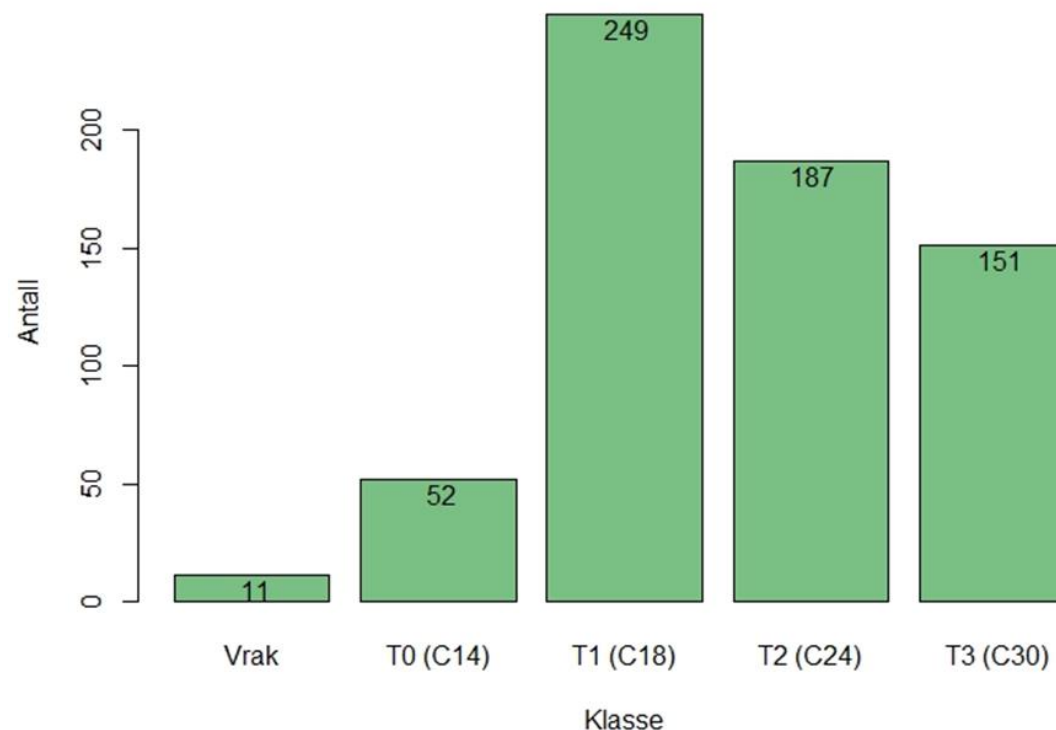
- NS-INSTA 142 angir sorteringsklasser basert på visuelle kjennetegn
  - Kvist er den vanligste årsaken til nedklassing
- NS-INSTA 142 har sorteringsklassene T0, T1, T2 og T3, hvor T3 er best
- Sorteringsklassene er tilordnet en fasthetsklasse i henhold til NS-EN 1912
  - T0 tilsvarer C14
  - T1 tilsvarer C18
  - T2 tilsvarer C24
  - T3 tilsvarer C30

# Sorteringsklasse (INSTA-142), tilordnet fasthetsklasse (NS-EN 1912) og krav til egenskaper (NS-EN 338)

<u>Sorteringsklasse (INSTA-142):</u>		<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<u>Tilordnet fasthetsklasse (NS-EN1912):</u>		<b>C14</b>	<b>C18</b>	<b>C24</b>	<b>C30</b>
<u>Krav til egenskaper (NS-EN 338)</u>					
<b>Fasthetsegenskap, 5 %-verdier (N/mm<sup>2</sup>)</b>					
- Bøyefasthet	$f_{m,k}$	14	18	24	30
<b>Stivhetsegenskaper (kN/mm<sup>2</sup>)</b>					
- E-modul parallelt med fibre, gjennomsnitt	$E_{0,mean}$	7	9	11	12
<b>Densitet (kg/m<sup>3</sup>)</b>					
- Densitet, 5%-verdi	$\rho_{12,k}$	290	320	350	380

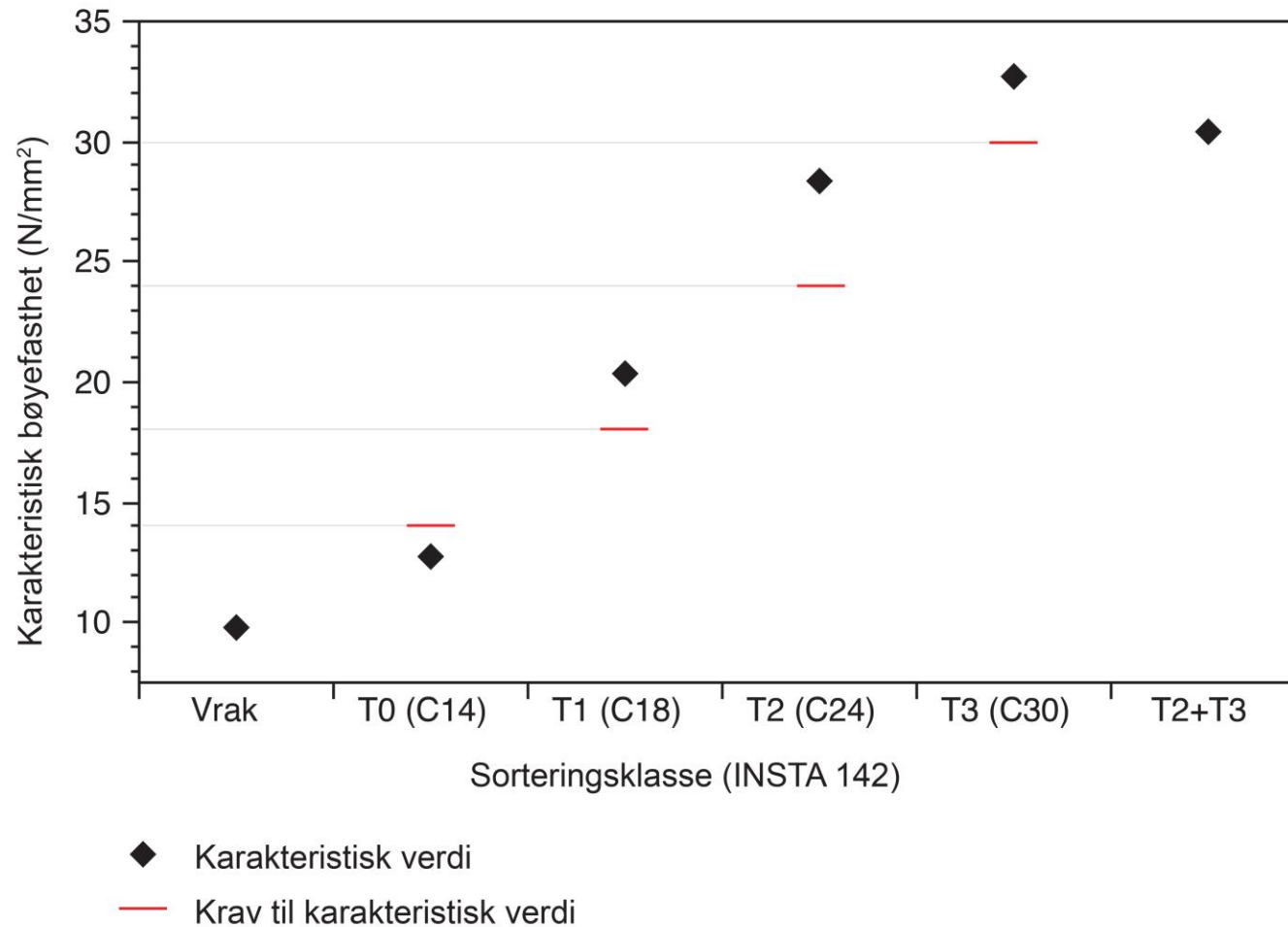
# Visuell sortering

- 11 av 650 planker ble vraket etter visuell sortering etter INSTA 142
- Generelt er kvist den viktigste årsaken til nedklassing.
- I tillegg til kvist ble registrert virkesfeil som sprekker, tennarved (trykkved), deformasjoner (vindskjevhet, flatbøy og kantkrok), råte, fiberhelling og skade.

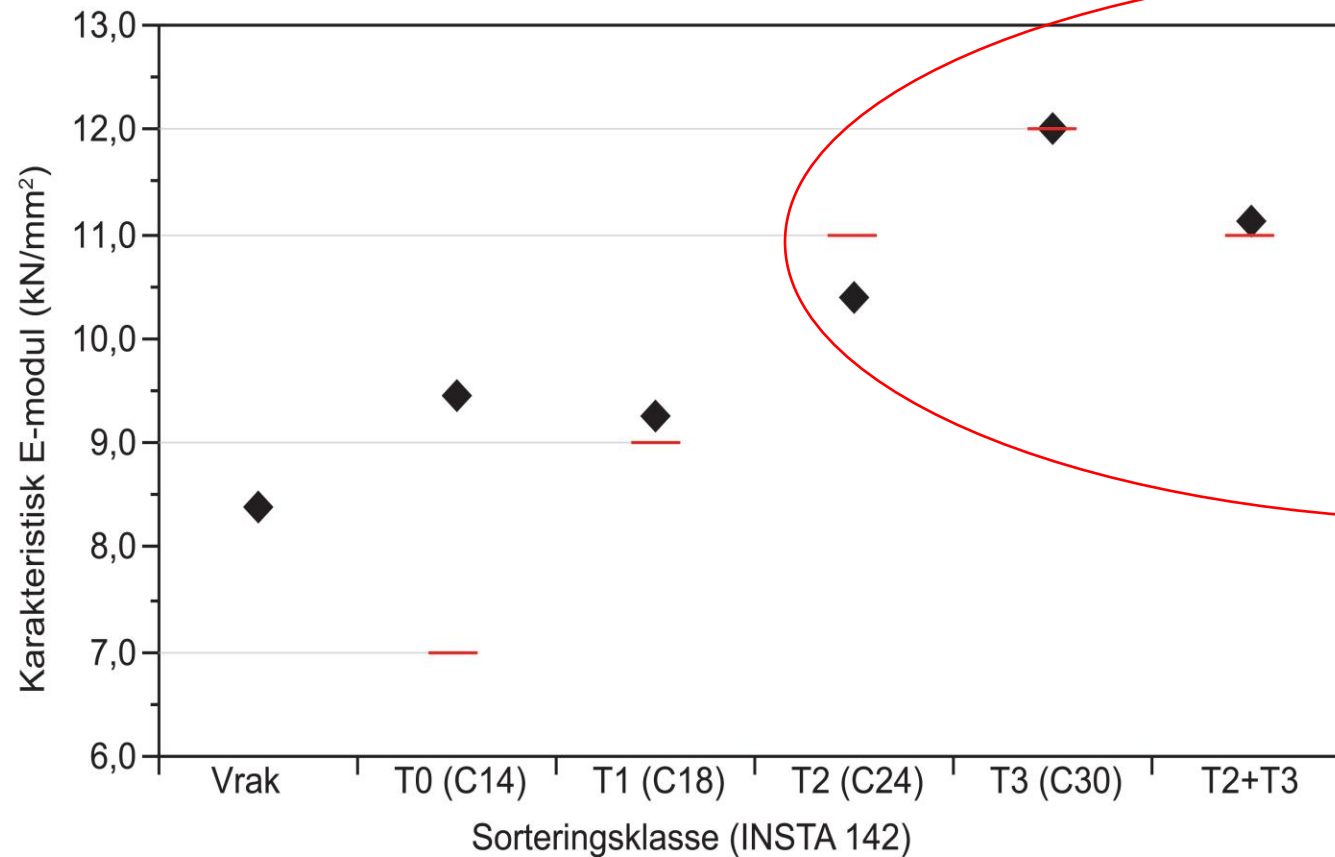


Sorterings - klasse	Bøyefasthet (N/mm <sup>2</sup> )				E-modul (kN/mm <sup>2</sup> )				Densitet (kg/m <sup>3</sup> )			
	N	$\bar{X}$	$\sigma$	5.PSTL	N	$\bar{X}$	$\sigma$	5.PSTL	N	$\bar{X}$	$\sigma$	5.PSTL L
<b>T0 (C14)</b>	52	32,7	14,2	14,4	52	9,50	2,12	6,61	52	445	41,2	389
<b>T1 (C18)</b>	248	33,1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

Sorteringsklasse T0 er tilordnet fasthetklasse C14, T1 er tilordnet C18, T2 er tilordnet C24 og T3 er tilordnet C30.



T1, T2 og T3 holdt kravene til karakteristisk bøyefasthet for henholdsvis C18, C24 og C30. Sorteringsklasse T0 holdt ikke kravet.



Det anbefales dermed ikke å sortere ut klassen T3, men la denne gå sammen med klassen T2 hvis en skal sortere visuelt etter INSTA 142.

To, T1 og T3 holdt kravene til karakteristisk E-modul for henholdsvis C14, C18 og C30. Sorteringsklasse T2 holdt imidlertid ikke kravet.



## Visuell sortering etter INSTA 142

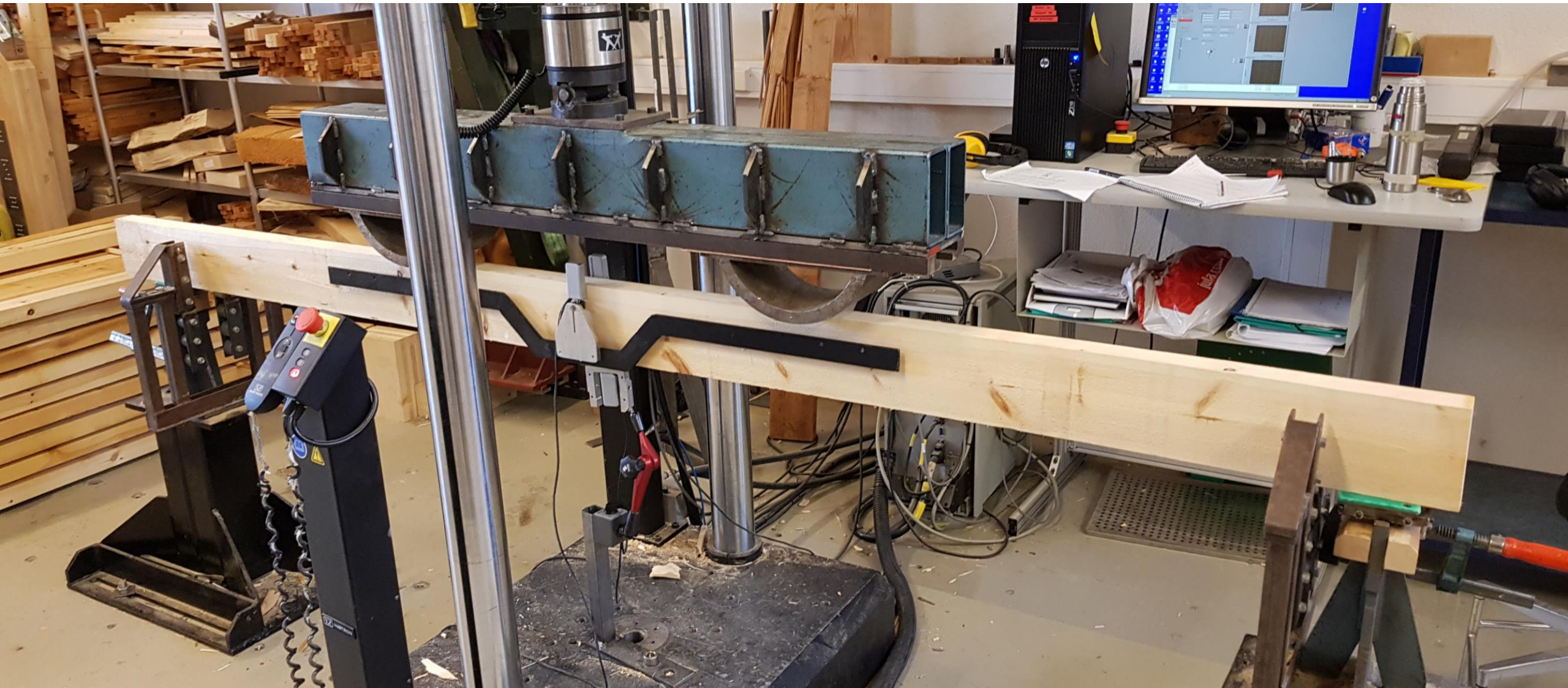
- Sorteringen etter INSTA 142 viste at sorteringsklassene T1 til T3 holdt de karakteristisk kravene til **bøyefasthet og densitet.**
- Sorteringsklassen T2 holdt ikke kravet for **E-modul**. Sorteringsklassen **T3 + T2** holdt kravet til T2 også for E-modulen.
- **Det anbefales ikke å sortere ut klassen T3, men la denne gå sammen med klassen T2 hvis en skal sortere visuelt etter INSTA 142.**

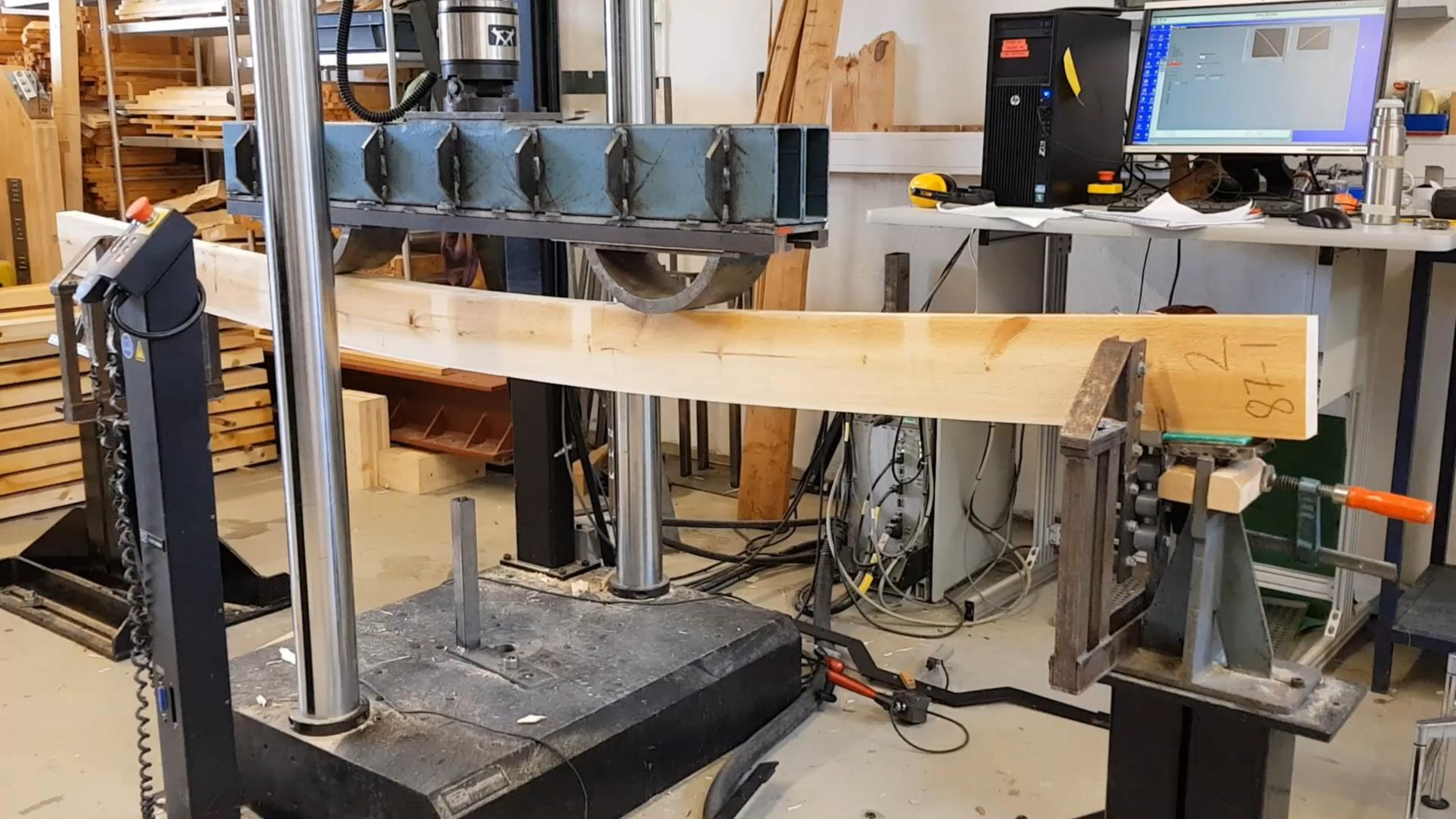
# Testing av bøyefasthet, E-modul og densitet

- Bøyefasthet og E-modul ble målt i en 300 kN hydraulisk statisk testmaskin (Instron).
- For beregning av densitet ble masse og volum målt etter testing.



# Firepunkts Instrom 5800 maskin for å måle bøyefasthet og E-modul.





1-78

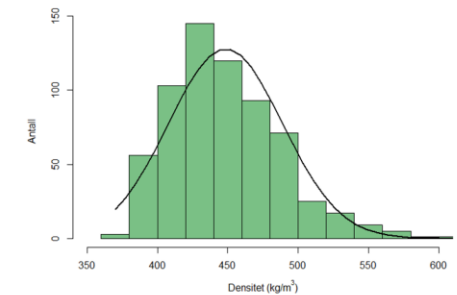
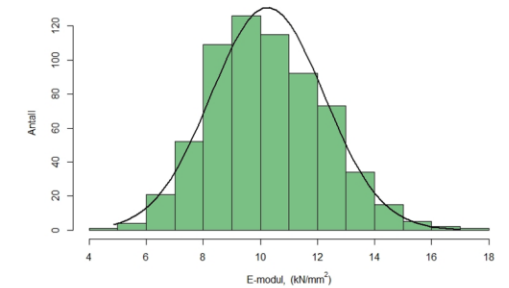
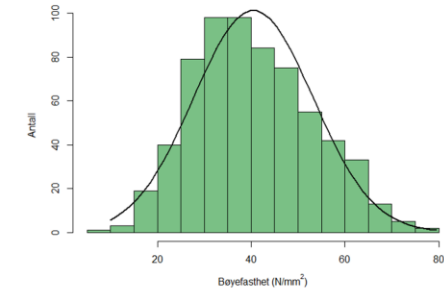
Tabell viser gjennomsnitt, standardavvik og 5. persentil for bøyefasthet, E-modul, densitet, og til hver dimensjon og for hele materialet samlet.

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

5. PSTL, eller 5 % persentilen betyr at det er 95 % av målingene som har denne verdien, eller høyere.

# Bøyefasthet, E-modul og densitet

- Gjennomsnittlig bøyefasthet, E-modul og densitet var henholdsvis 40,5 N/mm<sup>2</sup>, 10,3 kN/mm<sup>2</sup> og 448 kg/m<sup>3</sup>.
- Noe lavere enn det en finner i lavlandet i Sør-Norge.
- Det er naturlig at en finner lavere bøyefasthet, E-modul og densitet på materialet fra Nord-Norge.
- Dette skyldes i stor grad kortere vekstsesong, som gir mindre andel senved, som igjen gir en noe lavere densitet.



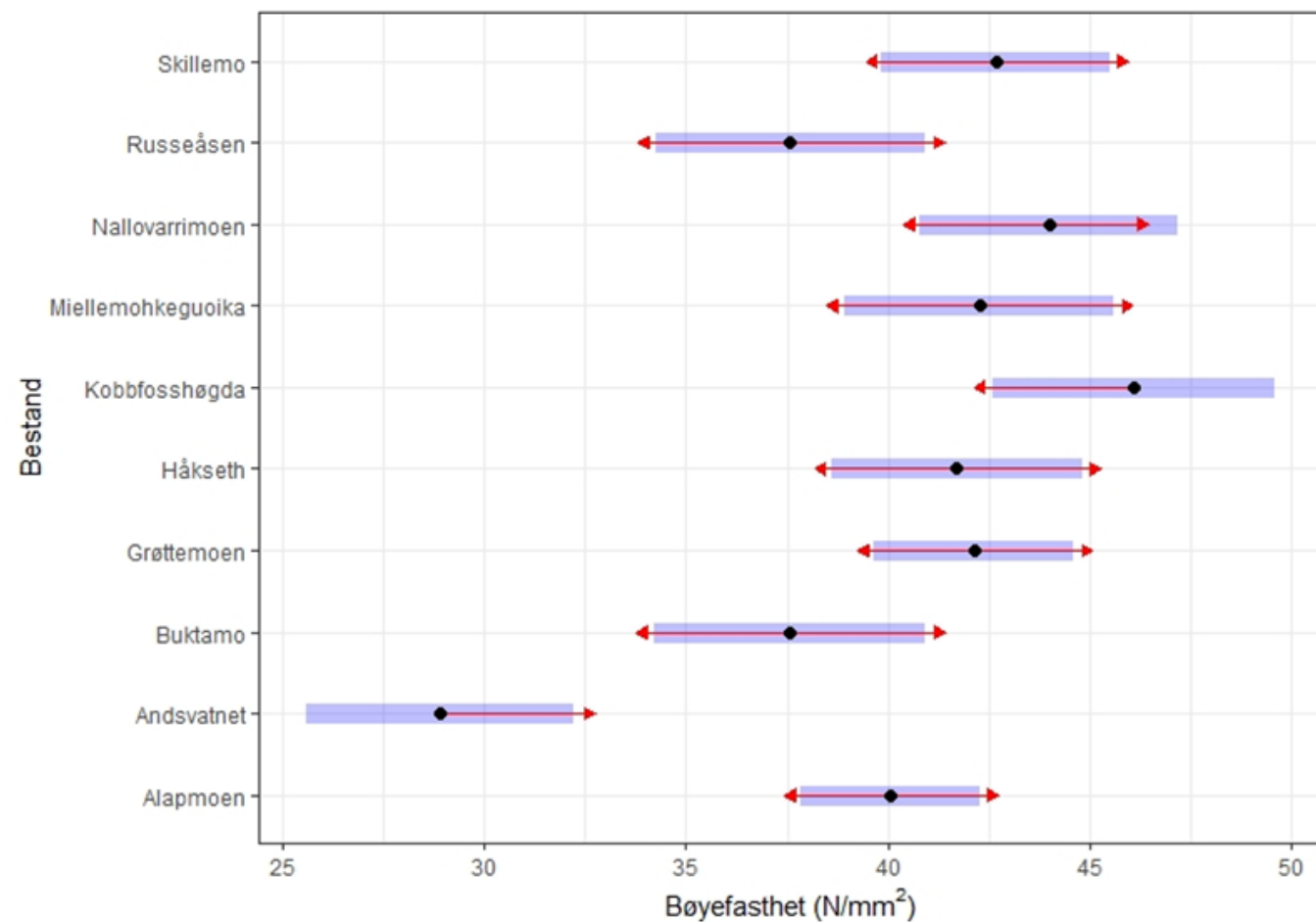
# Bøyefasthet, E-modul og densitet

- Noe lavere E-modul, men også lavere bøyefasthet fører til «sprø» brudd og mindre tilført arbeid før brudd.
- Den relativt høye densiteten skyldes trolig stort innhold av harpiks, spesielt planker fra rotstokkene.
- Harpiks kan gi en betydelig økning av densiteten i furu i forhold til det en finner for gran.



# Bøyefasthet og E-modul

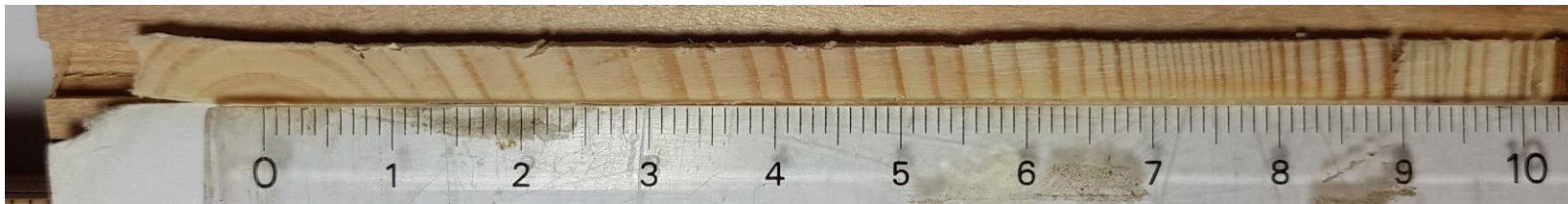
- Tre yngre bestand Russeåsen (62 år i brysthøyde), Buktamo (68 år) og Andsvatnet (55 år\*) hadde de laveste verdiene for bøyefasthet og E-modul .





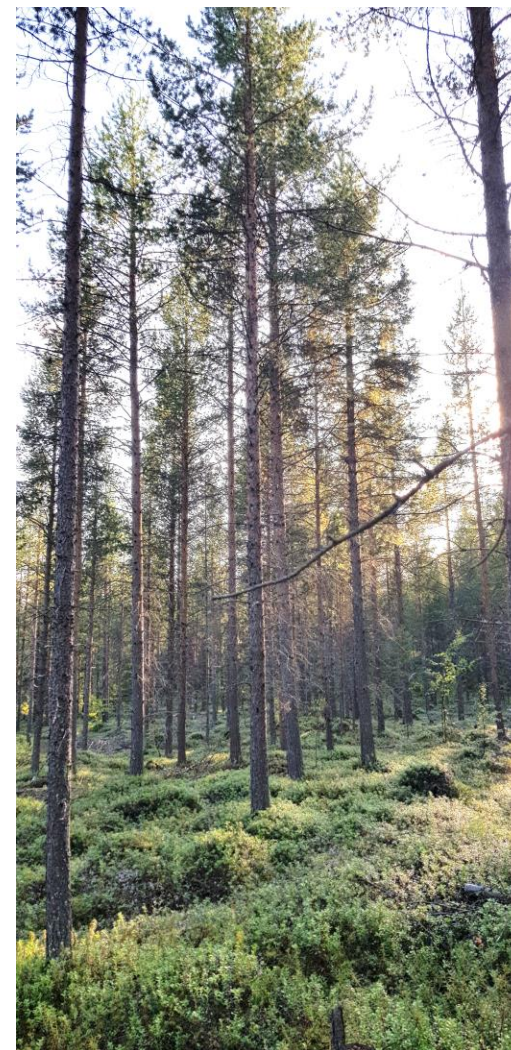
# Andsvatnet (Bardufoss)

- Feltet ved Andsvatnet ble plantet på god bonitet i 1949. Det har gitt god vekst og størst årringbredde (1,8 mm i snitt).
- Større årringbredde gir lavere densitet og generelt noe lavere styrkeegenskaper.



# Skogbehandling

- I skogbehandling kan en redusere diameter-tilveksten og holde bestandene relativt tette.
- Det vil gi relativt liten årringbredde og kvistdiameter i nedre halvdel av treet.
- Mindre diameter-tilvekst fører til senere hogstmodenhetsalder, men det vil gi høyere bøyefasthet og E-modul.



## Noen betraktninger...

- Kunnskap om egenskapene til furu har betydning for bruk av råstoffet i hele regionen.
- I dag importeres det konstruksjonsvirke til regionen. Lange avstander medfører mer transport, mens lokalt produsert trelast vil føre til mindre transport.
- Bærekraftig produksjon innebærer mindre ressursbruk, miljøforringelse og klimagassutslipp, når en produserer og leverer en vare.
- Dette er i tråd med FN's bærekrafts mål om 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.



# Avslutning

- *Trelast av furu fra Troms og Finnmark **holder kravene til konstruksjonsvirke.***
- *Trelast av furu fra bestand i Troms og Finnmark kan brukes i **bærende konstruksjoner!***
- *Furubestand kan **holdes relativt tette for å oppnå høyere bøyefasthet og stivhet (E-modul).***



NIBIO rapport 2021 7 134

## Egenskaper til konstruksjonsvirke av furu fra Troms og Finnmark

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

<https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2761540>

## Masteroppgave 2021

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

## Modellering av densitet og mekaniske egenskaper til trelast av furu (*Pinus sylvestris*) fra Troms og Finnmark, med fokus på skogskjøtselstiltak

Ingvild Bergerud (NMBU)

<https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2774611>

Research report

Published version



Bergerud, Ingvild

Master thesis





# FoU prosjekt: Furu i Nord