

Sitkagran som konstruksjonsvirke

Sitka spruce as structural timber

<i>Saksbehandlere:</i>	Kjell Helge Solli, Olav Mjåland, Knut Magnar Sandland (Treteknisk), Kjell Vadla (Skog og landskap)
<i>Prosjekteiere:</i>	Vestskog BA, Sogn og Fjordane Skogeigarlag BA, Allskog BA
<i>Finansiering:</i>	Innovasjon Norge og Skogtiltaksfondet
<i>Dato:</i>	Desember 2007

Sammendrag

Sitkagran representerer en betydelig ressurs i Norge. For at treslaget skal bli et fullverdig sortiment med hensyn til fremstilling av bygningsmaterialer, er det helt avgjørende å ha den nødvendige egenskapsdokumentasjonen på plass. Tidligere er det gjort en del undersøkelser som viser at sitkagran bør være godt egnet til fremstilling av bygningsmaterialer dersom en sorterer virket på rett måte, men den nødvendige dokumentasjonen for å knytte dette treslaget til de standarder som gjelder for konstruksjonstrevirke, har manglet.

Prosjektet ga følgende resultater:

Sitkagran vokst langs kysten fra Rogaland til og med Nordland kan forutsettes å ha følgende fasthetsklasser, avhengig av sorteringsklasse definert i NS-INSTA 142:

- Sorteringsklasse T0 tilfredsstiller krav til fasthetsklasse C14
- Sorteringsklasse T1 tilfredsstiller krav til fasthetsklasse C18
- Sorteringsklasse T2 og bedre (T2 + T3) tilfredsstiller krav til fasthetsklasse C24

Konstruksjonsvirke av sitkagran vokst i Norge kan maskinsorteres iht. innstillinger gitt i NS-EN 14081-4 i følgende klasser og/eller kombinasjoner:

- Computermatic: Kombinasjonen C18 og C30
- Dynagrade: Kombinasjonen C18 og C24

Stikkord:	Norskvokst sitkagran, konstruksjonsvirke, styrkesortering
Keywords:	Norwegian grown Sitka spruce, structural timber, strength grading

Summary

Norwegian grown Sitka spruce corresponds to the following strength classes depending on the strength grades defined in INSTA 142:

- Strength grade T0 meets the requirements of strength class C14
- Strength grade T1 meets the requirements of strength class C18
- Strength grade (T2 + T3) meets the requirements of strength class C24

This conclusion is in accordance with corresponding investigations performed on Sitka spruce grown in Denmark (CEN/TC 124 N 408, dated 2002-02-21).

Norwegian grown Sitka spruce machine strength graded by Computermatic according to settings given in NS-EN 14081-4 meets the strength class requirements in grade combination C18/C30.

Norwegian grown Sitka spruce machine strength graded by Dynagrade according to settings given in NS-EN 14081-4 meets the strength class requirements in grade combination C18/C24.

Forord

Prosjekteiere for prosjektet "Sitkagran – et fullverdig konstruksjonsvirke?" har vært Vestskog BA, Sogn og Fjordane Skogeigarlag BA og Allskog BA.

Følgende personer har sittet i prosjektets styringsgruppe:

- Olav Taskjelle, Vestskog BA
- Ole Lauglo, Allskog BA
- Terje Engvik, Sogn og Fjordane Skogeigarlag BA
- Arild Markussen, Bergene Holm AS, Nesbruket (første del av prosjektperioden)
- Gjermund Pettersen, FMLA Nordland
- Arne Storm, Sunnfjord Sag AS (siste del av prosjektperioden)

Olav Taskjelle har vært prosjektleder.

Treteknisk og Skog og landskap har utført prosjektarbeidet i samarbeid med aktørene fra næring og offentlig forvaltning.

Prosjektet har blitt finansiert av Skogtiltaksfondet og Innovasjon Norge, i tillegg til egeninnsats fra prosjektinvolverte.

På bakgrunn av at dokumentasjonen er utarbeidet for behandling i internasjonale organ, er en del av rapporten skrevet på engelsk.

Et popularisert utdrag av rapporten vil bli publisert i Fokus på Tre.

Takk til alle som har bidratt til at prosjektet kunne gjennomføres!

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	5
1 Innledning	8
2 Materiale og metoder	8
2.1 Uttak av forsøksmaterialet	9
2.2 Uttak av stokker	10
2.3 Uttak av trelast	10
2.4 Sortering	10
2.5 Testing og beregninger	12
3 Resultater	12
3.1 Visuell styrkesortering	12
3.1.1 Sorteringsklasse T0 (36 mm x 98 mm)	13
3.1.2 Sorteringsklasse T1 (36 mm x 98 mm)	14
3.1.3 Sorteringsklasse T2 (36 mm x 98 mm)	14
3.1.4 Sorteringsklasse T2 + T3 (36 mm x 98 mm)	15
3.1.5 Sorteringsklasse T0 (48 mm x 148 mm)	16
3.1.6 Sorteringsklasse T1 (48 mm x 148 mm)	16
3.1.7 Sorteringsklasse T2 (48 mm x 148 mm)	17
3.1.8 Sorteringsklasse T2 + T3 (48 mm x 148 mm)	18
3.1.9 Sorteringsklasse T0 (48 mm x 198 mm)	18
3.1.10 Sorteringsklasse T1 (48 mm x 198 mm)	19
3.1.11 Sorteringsklasse T2 (48 mm x 198 mm)	20
3.1.12 Sorteringsklasse T2 + T3 (48 mm x 198 mm)	20
3.1.13 Karakteristiske verdier for samtlige dimensjoner	21
3.1.14 Krav til verifikasjon av fasthetsklasse	22
3.1.15 Verifikasjon av sorteringsklasse T0 versus fasthetsklasse C14	23
3.1.16 Verifikasjon av sorteringsklasse T1 versus fasthetsklasse C18	23
3.1.17 Verifikasjon av sorteringsklasse T2 versus fasthetsklasse C24	24
3.1.18 Verifikasjon av sorteringsklasse T2+T3 vs. fasthetsklasse C24	24
3.1.19 Konklusjon – visuell sortering	25
3.1.20 Vedlegg	25
3.2 Machine strength grading – Dynagrade	30
3.2.1 Materials	30
3.2.2 Requirements	31
3.2.3 Optimum grading	31
3.2.4 Assigned grades	31
3.2.5 Global cost matrix	32
3.2.6 Setting of lowest grade	32
3.2.7 Conclusions – Norwegian grown Sitka spruce	33
3.2.8 Appendix	34

3.3	Machine strength grading – Computermatic.....	37
3.3.1	Materials.....	37
3.3.2	Requirements.....	38
3.3.3	Optimum grading.....	38
3.3.4	Assigned grades.....	38
3.3.5	Global cost matrix.....	39
3.3.6	Setting of lowest grade.....	39
3.3.7	Conclusions – Norwegian grown Sitka spruce	40
3.3.8	Appendix.....	42
3.4	Generelle resultater.....	45
	Referanser	49

1 Innledning

Sitkagran har sitt naturlige utbredelsesområde på Vestkysten av Nord-Amerika. Treslaget er imidlertid også innført og plantet i flere europeiske land, deriblant Norge. Spesielt i ytre kyststrøk på Vestlandet, men også i Trøndelagsfylkene, Nordland og Troms, ble treslaget plantet utover på 1900-tallet. Sitkagran tåler vind bedre enn vanlig gran, og egner seg derfor for værutsatte steder langs kysten. Likeledes har den en volumproduksjon som er betydelig større enn hos vanlig gran, dersom forholdene ligger til rette for det.

Sitkagran representerer en betydelig ressurs i store områder langs kysten. For at treslaget skal bli et fullverdig råstoff til fremstilling av bygningsmaterialer, er det imidlertid helt avgjørende å ha den nødvendige egenskapsdokumentasjonen på plass. Tidligere er det gjort en del undersøkelser som viser at sitkagran bør være godt egnet til fremstilling av bygningsmaterialer dersom en sorterer virket på rett måte, men den nødvendige dokumentasjonen for å knytte dette treslaget til de standarder som gjelder for konstruksjonstrevirke, har manglet. En slik dokumentasjon gjør trelast av sitkagran til et fullverdig konstruksjonsmateriale.

Det er gjort noen undersøkelser på sitkagran i Norge tidligere (Foslie 1985, Ishengoma & Nagoda 1986 og Sandland & Eikenes 1996). Her er det bl.a. funnet at sitkagran har gode styrkeegenskaper i forhold til densiteten, og at styrken i dette trevirket er like god som for virke av vanlig gran i tilsvarende områder. Hard kvist og en del vridningsdeformasjoner trekker imidlertid i negativ retning for sitkagranvirket. De nevnte undersøkelsene er imidlertid ikke omfattende nok til å gi den tilstrekkelige dokumentasjonen som er nødvendig for å knytte dette treslaget til de standarder som gjelder for konstruksjonstrevirke.

Dette er bakgrunnen for at prosjektet "Sitkagran – et fullverdig konstruksjonsvirke?" er gjennomført. Prosjektet har hatt som målsetting å bringe fram nødvendig dokumentasjon for å knytte treslaget til de standarder som gjelder for konstruksjonsvirke, både med hensyn til visuell og maskinell styrkesortering.

2 Materiale og metoder

I prosjektet ble det forutsatt at effekten av alle andre faktorer enn lokalitet (geografisk opprinnelse) er tilfeldig fordelt i materialet. Dette innebar at geografisk opprinnelse, i tillegg til sorteringsklasser, dimensjoner, alder og årringbredde, var den eneste faktoren som inngikk i prøveuttaket.

Personer fra Vestskog BA, Sogn og Fjordane Skogeigarlag BA og Allskog BA har hatt ansvaret for å finne egnede bestand for uttak av prøvemateriale. Det praktiske arbeidet knyttet til innsamlingen av materialet, ble også utført av de respektive skogeierforeningene. Innsamlingen av materialet var arbeidskrevende, og arbeidet pågikk i ca. ett år. Det første tømmeret ble skåret i juni 2003, det siste i mai 2004.

Alt tømmeret fra Region Nord ble skåret hos Bergene Holm AS, avd. Nesbruket i Mosjøen, mens tømmeret fra Region Sør ble skåret ved Sunnfjord Sag AS i Bygstad, hos Noralv Eikeland i Bjerkereim og hos Kjell Kvamme i Vikebygd.

2.1 Uttak av forsøksmaterialet

Materialet ble samlet inn fra to regioner: Region Sør og Region Nord.

For å få et tilstrekkelig stort prøvemateriale i alle klasser (sorteringsklasser), måtte det avvirkes mellom 1300 og 1500 trær. Totalt ble det samlet inn materiale fra 1460 trær. Treantallet fra Region Sør var litt høyere enn fra Region Nord. I Region Sør ble det samlet inn materiale fra åtte lokaliteter, i Region Nord fra seks (Tabell 2.1).

Det ble stilt krav til at forsøksmaterialet skulle hentes fra bestand som var av en slik beskaffenhet at virket var godt egnet til sagtømmer. Minimumsalderen for bestand som skulle velges, ble satt til 60 år. Det ble også stilt krav til årringbredden. Midlere årringbredde i området to cm fra marginen og ut til stokkoverflaten, måtte ikke overstige 6 mm. Videre var kravet at den bredeste årringen ikke skulle være over 10 mm.

Tabell 2.1. Regioner, fylker, kommuner og lokaliteter.

Region	Fylke	Kommune	Lokalitet
Region Sør	Rogaland	Time	Njåskogen
		Suldal	Jelsa
		Karmøy	Kopervik
	Hordaland	Stord	Prestegårdsskogen
		Sogn og Fjordane	Naustdal
	Fjaler		Dale
	Møre og Romsdal	Vestnes	Tresfjord
		Surnadal	Engelia
	Region Nord	Nordland	Vefsn
Sømna			Vik
Alstahaug			Sandnessjøen
Andøy			Bjørnskinn
Sortland			Stokmarknes
Vågan			Kongsmark

Hele materialet fra Region Nord kom fra Nordland fylke. Dette skyldes at man ikke fant bestand med høy nok alder i Trøndelagsfylkene.

2.2 Uttak av stokker

Fra hvert tre ble det kappet ut én stokk. Dette kunne være enten rot-, midt- eller toppstokk, og av hver stokktype ble det skåret en bestemt trelastdimensjon (Tabell 2.2).

Tabell 2.2. Stokktype, stokklengde og trelastdimensjon.

Stokktype	Stokklengde [m]	Trelastdimensjon [mm ²]
Rotstokk	5	48 x 198
Midtstokk	4	48 x 148
Toppstokk	3	36 x 98

Rotstokkene måtte tas av relativt grove trær. I mange bestand, spesielt i Region Nord, tilhørte derfor disse trærne de herskende. For å kunne ta ut den beskrevne trelastdimensjonen, måtte stokkenes toppdiameter være minst 30 cm på bark. Midt- og toppstokker ble tatt fra trær med noe mindre dimensjon, i de fleste tilfeller fra medherskende trær. For å kunne ta ut de respektive trelastdimensjonene, måtte midt- og toppstokker ha en minste toppdiameter på henholdsvis 23 cm og 14 cm (på bark). Ellers var kravet at henholdsvis midt- og toppstokker skulle tas minst 1,5 m og 5,5 m over rotavskjær.

2.3 Uttak av trelast

Av hver rotstokk ble det skåret fire planker (firplankskur). Utbyttet fra hver rotstokk ble således to innerplanker og to ytterplanker, mens man til undersøkelse kun hadde behov for én plank fra hver stokk. For å få en lik fordeling mellom inner- og ytterplank, ble det fra hver lokalitet tatt innerplank fra halvparten av stokkantallet og ytterplank fra resten. Fra midt- og toppstokkene ble det skåret henholdsvis tre (treplankskur) og to planker (toplankskur), mens man bare hadde bruk for én plank fra hver stokktype. Midtstokken ga en plank som inneholdt marginen, som ikke ble benyttet i undersøkelsen.

For alle trelastdimensjonene ble det kun benyttet én plank per stokk for å sikre statistisk uavhengighet i materialet.

2.4 Sortering

Etter skur ble plankene tørket til 12 % fuktighet. Prøvematerialet ble tørket hos Bergene Holm AS, størstedelen ved avd. Hellenæs og et lite parti ved avd. Fossum. Fuktigheten i hver plank ble målt med innstikkmåler.

Den visuelle styrkesorteringen ble utført i laboratoriet på Norsk Treteknisk Institutt. Arbeidet ble utført av autoriserte trelastsorterere fra Norsk Trelastkontroll, etter NS INSTA 142. Ved denne sorteringen ble ikke hele plankelengden vurdert. Bare den delen av planken som faller innenfor belastningsområdet for måling av E-modul ble tatt med. Det ble heller ikke tatt hensyn til nedklassingsårsaker som ikke har betydning for styrken, eksempelvis deformasjon og vankant. Under denne sorteringen ble også plankenes svakeste punkt registrert og avmerket. I tillegg ble det fra hver plank tatt ut en prøve for å bestemme densitet og årringbredde.

Den maskinelle styrkesorteringen ble utført ved hjelp av Dynagrade og Computermatic styrketestingsmaskiner. Sorteringen ble utført etter standarden EN 519, og arbeidet foregikk ved bedriften Bergene Holm AS, avd. Hellenæs og avd. Fossum.

Dynagrade bruker sammenhengen mellom svingningene i en plank og lengden av planken som uttrykk for plankens styrke. Svingningene oppstår ved at en hammer ladet med en bestemt energi, påfører planken et slag i en av endeflatene. Det blir beregnet en IP-verdi, som er et uttrykk for plankens styrkeklasse. Dynagrade beregner gjennomsnittlig styrke i en plank, ikke styrken der planken er svakest.

Computermatic bruker et annet prinsipp for å klassifisere trelasten. Når planken går gjennom maskinen, blir den utsatt for en bestemt kraft på flatsiden, og nedbøyingen blir målt i det området planken er svakest. Liten nedbøyning indikerer høy styrke og medfører høy styrkeklasse.

På grunn av for få prøver til å beregne egne fasthetsverdier i sorteringsklasse T3, er ikke T3 behandlet som egen klasse, men slått sammen med sorteringsklassen T2, som i rapporten omtales som T2+T3.

Tabell 2.3. Antall planker av hver dimensjon sortert etter ulike sorteringsmetoder.

Sorteringsmetode	Dimensjon (mm ²)			Totalt
	36 x 98	48 x 148	48 x 198	
Visuell sortering	427	498	534	1459
Dynagrade	447	525	475	1447
Computermatic	441	501	506	1448

Av tabellen fremgår det at antall planker av hver dimensjon ikke var eksakt det samme for de respektive sorteringsmetodene.

Totalt ble det testet 1459 planker i laboratoriet på Treteknisk. At det er litt avvikende antall planker for de ulike kombinasjonene av sorteringsmetode og dimensjon, skyldes ulike forhold (oppståtte skader på trelasten underveis i forsøkene, tap av påført nummer på plankene, registreringsfeil under sorteringen,

etc.). Totalt ble imidlertid avvikene så små at det ble et tilfredsstillende antall planker for de ulike kombinasjonene.

2.5 Testing og beregninger

Prøvestykkene ble testet etter metodene angitt i NS-EN 408 (Timber structures – Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties). Bøyefasthet (f_m) ble bestemt i henhold til NS-EN 408 pkt. 13. Elastisitetsmodul (MOE) ble bestemt i henhold til NS-EN 408 pkt. 9 (MOE_{lokal}) og pkt. 10 (MOE_{global}). Densitet er korrigert til 12 % vekt og volum i henhold til NS-EN 384 EN (Structural timber – Determination of characteristic values of mechanical properties and density) pkt. 6.

Beregninger og korreksjoner er gjort i henhold til NS-EN 384.

3 Resultater

3.1 Visuell styrkesortering

Symboler

<i>C14</i>	Fasthetsklasse iht. NS-EN 338 med karakteristisk bøyefasthet lik $f_m = 14 \text{ N/mm}^2$.
<i>C18</i>	Fasthetsklasse iht. NS-EN 338 med karakteristisk bøyefasthet lik $f_m = 18 \text{ N/mm}^2$.
<i>C24</i>	Fasthetsklasse iht. NS-EN 338 med karakteristisk bøyefasthet lik $f_m = 24 \text{ N/mm}^2$.
<i>C30</i>	Fasthetsklasse iht. NS-EN 338 med karakteristisk bøyefasthet lik $f_m = 30 \text{ N/mm}^2$.
<i>T0</i>	Sorteringsklasse iht. INSTA 142. Gran (<i>Picea abies</i>) og furu (<i>Pinus sylvestris</i>) i klasse T0, vokst under gjennomsnittlige nordiske forhold, kan forutsettes å tilfredsstille fasthetsklasse C14 iht. NS-EN 338.
<i>T1</i>	Sorteringsklasse iht. INSTA 142. Gran (<i>Picea abies</i>) og furu (<i>Pinus sylvestris</i>) i klasse T1, vokst under gjennomsnittlige nordiske forhold, kan forutsettes å tilfredsstille fasthetsklasse C18 iht. NS-EN 338.
<i>T2</i>	Sorteringsklasse iht. INSTA 142. Gran (<i>Picea abies</i>) og furu (<i>Pinus sylvestris</i>) i klasse T2, vokst under gjennomsnittlige nordiske forhold, kan forutsettes å tilfredsstille fasthetsklasse C24 iht. NS-EN 338.
<i>T3</i>	Sorteringsklasse iht. INSTA 142. Gran (<i>Picea abies</i>) og furu (<i>Pinus sylvestris</i>) i klasse T3, vokst under gjennomsnittlige nordiske forhold, kan forutsettes å tilfredsstille fasthetsklasse C30 iht. NS-EN 338.
k_q	Korreksjonsfaktor ved kontroll av fasthetsklasse iht. NS-EN 384 pkt. 9.
f_m	Bøyefasthet, generelt (N/mm^2).
$f_{m,k}$	Karakteristisk bøyefasthet (N/mm^2).
$f_{m,k\text{-kritisk}}$	Kritisk verdi, bøyefasthet, ved kontroll av fasthetsklasse (N/mm^2).
f_{m05}	5 % fraktilverdi for bøyefasthet (N/mm^2).
$f_{m05\text{-rank}}$	5 % fraktilverdi for bøyefasthet, ranket rekkefølge (N/mm^2).
$f_{m05\text{-ln}}$	5 % fraktilverdi for bøyefasthet, lognormalfordeling (N/mm^2).

MOE	Modulus of Elasticity, elastisitetsmodul, generelt (N/mm^2).
MOE_{lokal}	Lokal elastisitetsmodul, beregnet vha. nedbøyning målt over en lengde lik $5 \times$ tverrsnittshøyden midt i testlengden (N/mm^2).
MOE_{global}	Global elastisitetsmodul, beregnet vha. totalnedbøyning (N/mm^2).
\bar{E}	$\bar{E} = (1,3 \cdot MOE_{global} - 2690) N / mm^2$ iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2.
$E_{0,mean}$	Middelverdi, elastisitetsmodul parallelt fiberretningen.
$E_{0,mean-kritisk}$	Kritisk verdi, elastisitetsmodul, ved kontroll av fasthetsklasse (N/mm^2).
ρ	Densitet, generelt (kg/m^3).
ρ_k	Karakteristisk densitet (kg/m^3).
$\rho_{k-kritisk}$	Kritisk verdi, densitet, kontroll av fasthetsklasse (kg/m^3).
ρ_{k-test}	Karakteristisk densitet basert på en gitt serie (kg/m^3).
u	Trefuktighet ved test (%).
n	Antall prøvestykker i en serie.
X_{middel}	Seriens middelverdi
$Std.$	Normalfordelt standardavvik.
V (%)	Normalfordelt variasjonskoeffisient.

3.1.1 Sorteringsklasse T0 (36 mm x 98 mm)

I tabell 3.1 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.1. Egenskaper for sorteringsklasse T0 (36 mm x 98 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
$n = 64$	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2	kg/m^3	%
X_{middel}	35,5	9529	8960	453	13,7
Std.	8,0	1479	2044	39,2	1,4
V (%)	22,6	15,5	22,8	8,6	10,1

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 25,3 N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 23,5 N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 388 kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{global} = 9529 N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt.5.3.2:

$$\bar{E} = (1,3 \cdot 9529 - 2690) N / mm^2 = 9698 N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 8960 N / mm^2$

3.1.2 Sorteringsklasse T1 (36 mm x 98 mm)

I tabell 3.2 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.2. Egenskaper for sorteringsklasse T1 (36 mm x 98 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 281	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	41,3	10575	10335	460	13,5
Std.	10,0	1739	2128	43,5	1,4
V (%)	24,3	16,4	20,6	9,5	10,4

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 26,7 N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 26,1 N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 386 kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{global} = 10575 N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\overline{E} = (1,3 \cdot 10575 - 2690) N / mm^2 = 11060 N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 10335 N / mm^2$

3.1.3 Sorteringsklasse T2 (36 mm x 98 mm)

I tabell 3.3 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.3. Egenskaper for sorteringsklasse T2 (36 mm x 98 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 76	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	45,8	10972	11000	453	13,6
Std.	11,5	1965	2385	43,8	1,4
V (%)	25,1	17,9	21,7	9,7	10,3

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 31,3N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 28,8N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 381kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{global} = 10972N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\overline{E} = (1,3 \cdot 10972 - 2690)N / mm^2 = 11574N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 11000N / mm^2$

3.1.4 Sorteringsklasse T2 + T3 (36 mm x 98 mm)

I tabell 3.4 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.4. Egenskaper for sorteringsklasse T2 + T3 (36 mm x 98 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 82	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	46,3	10968	10977	451	13,6
Std.	11,5	1962	2321	44,0	1,4
V (%)	24,8	17,9	21,1	9,8	10,1

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 31,4N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 29,3N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 379kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelværdi: $\overline{MOE}_{global} = 10968 N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\bar{E} = (1,3 \cdot 10968 - 2690) N / mm^2 = 11568 N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelværdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 10977 N / mm^2$

3.1.5 Sorteringsklasse T0 (48 mm x 148 mm)

I tabell 3.5 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.5. Egenskaper for sorteringsklasse T0 (48 mm x 148 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 42	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	29,1	9022	8973	430	13,5
Std.	8,8	1662	2187	41,0	1,1
V (%)	30,2	18,4	24,4	9,5	8,5

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 15,3 N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 15,5 N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 363 kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelværdi: $\overline{MOE}_{global} = 9022 N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\bar{E} = (1,3 \cdot 9022 - 2690) N / mm^2 = 9039 N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelværdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 8973 N / mm^2$

3.1.6 Sorteringsklasse T1 (48 mm x 148 mm)

I tabell 3.6 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.6 Egenskaper for sorteringsklasse T1 (48 mm x 148 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 212	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	36,2	10009	10433	426	13,7
Std.	9,7	1560	2043	36,0	1,1
V (%)	26,9	15,6	19,6	8,5	8,3

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 22,0N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 21,9N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 367kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{global} = 10009N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\overline{E} = (1,3 \cdot 10009 - 2690)N / mm^2 = 10322N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 10433N / mm^2$

3.1.7 Sorteringsklasse T2 (48 mm x 148 mm)

I tabell 3.7 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.7. Egenskaper for sorteringsklasse T2 (48 mm x 148 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 64	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	40,8	10360	10859	421	13,8
Std.	8,0	1524	1724	35,9	1,1
V (%)	19,7	14,7	15,9	8,5	7,8

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 28,0N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 28,2N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 362kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelvei: $\overline{MOE}_{global} = 10360 N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\overline{E} = (1,3 \cdot 10360 - 2690) N / mm^2 = 10778 N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelvei: $\overline{MOE}_{lokal} = 10859 N / mm^2$

3.1.8 Sorteringsklasse T2 + T3 (48 mm x 148 mm)

I tabell 3.8 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.8. Egenskaper for sorteringsklasse T2 + T3 (48 mm x 148 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 244	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	42,2	10501	11076	422	13,8
Std.	8,9	1635	1977	40,3	1,1
V (%)	21,1	15,6	17,8	9,5	7,7

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 28,5 N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 28,5 N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 356 kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelvei: $\overline{MOE}_{global} = 10501 N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\overline{E} = (1,3 \cdot 10501 - 2690) N / mm^2 = 10961 N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelvei: $\overline{MOE}_{lokal} = 11076 N / mm^2$

3.1.9 Sorteringsklasse T0 (48 mm x 198 mm)

I tabell 3.9 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.9. Egenskaper for sorteringsklasse T0 (48 mm x 198 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 69	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	27,2	7960	7956	390	13,4
Std.	8,3	1549	2126	35,1	1,5
V (%)	30,7	19,5	26,7	9,0	11,1

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 16,0N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 14,7N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 332kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{global} = 7960N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\overline{E} = (1,3 \cdot 7960 - 2690)N / mm^2 = 7658N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 7956N / mm^2$

3.1.10 Sorteringsklasse T1 (48 mm x 198 mm)

I tabell 3.10 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.10. Egenskaper for sorteringsklasse T1 (48 mm x 198 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 212	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	32,1	8784	9090	398	13,7
Std.	7,4	1311	1716	33,8	1,7
V (%)	23,0	14,7	14,7	8,5	12,3

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 21,5N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 21,1N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 343kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelværdi: $\overline{MOE}_{global} = 8784 N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\overline{E} = (1,3 \cdot 8784 - 2690) N / mm^2 = 8729 N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelværdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 9090 N / mm^2$

3.1.11 Sorteringsklasse T2 (48 mm x 198 mm)

I tabell 3.11 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.11 Egenskaper for sorteringsklasse T2 (48 mm x 198 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 185	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	36,4	9475	9913	401	14,3
Std.	8,5	1508	1860	37,9	1,9
V (%)	23,2	15,9	18,8	9,5	13,4

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 23,0 N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 23,5 N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 338 kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelværdi: $\overline{MOE}_{global} = 9475 N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\overline{E} = (1,3 \cdot 9475 - 2690) N / mm^2 = 9628 N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelværdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 9973 N / mm^2$

3.1.12 Sorteringsklasse T2 + T3 (48 mm x 198 mm)

I tabell 3.12 er egenskapene til trelasten vist, og nedenfor er de ulike karakteristiske verdiene gitt.

Tabell 3.12 Egenskaper for sorteringsklasse T2 + T3 (48 mm x 198 mm).

	f_m	MOE_{global}	MOE_{lokal}	ρ	u
n = 253	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	%
X_{middel}	38,7	9826	10284	406	14,2
Std.	10,3	1698	2121	41,1	1,9
V (%)	26,7	17,3	20,6	10,1	13,4

Bøyefasthet

Nedre 5 %-fraktil, ranket verdi: $f_{m05-rank} = 23,6 N / mm^2$

Nedre 5 %-fraktil, lognormal verdi: $f_{m05-ln} = 23,8 N / mm^2$

Densitet

Karakteristisk verdi: $\rho_k = 338 kg / m^3$

Global MOE

Global MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{global} = 9826 N / mm^2$

\overline{MOE}_{global} omregnet iht. NS-EN 384 pkt. 5.3.2:

$$\overline{E} = (1,3 \cdot 9826 - 2690) N / mm^2 = 10084 N / mm^2$$

Lokal MOE

Lokal MOE, middelverdi: $\overline{MOE}_{lokal} = 10284 N / mm^2$

3.1.13 Karakteristiske verdier for samtlige dimensjoner

I følgende tabeller er det gitt en oversikt over karakteristiske verdier for alle dimensjoner samlet.

Tabell 3.13. Karakteristiske data for samtlige materialer sortert som T0.

	f_m	\overline{E}	MOE_{lokal}	ρ
n = 175	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³
X_{middel}	30,7	8733	8569	423
ρ_k	-	-	-	345
$f_{m05-rank}$	16,6	-	-	-
f_{m05-ln}	17,1	-	-	-

Tabell 3.14. Karakteristiske data for samtlige materialer sortert som T1.

	f_m	\bar{E}	MOE_{lokal}	ρ
n = 670	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³
X_{middel}	37,2	10210	10023	433
ρ_k	-	-	-	357
$f_{m05-rank}$	22,6	-	-	-
f_{m05-ln}	22,8	-	-	-

Tabell 3.15. Karakteristiske data for samtlige materialer sortert som T2.

	f_m	\bar{E}	MOE_{lokal}	ρ
n = 446	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³
X_{middel}	39,8	10439	10512	418
ρ_k	-	-	-	349
$f_{m05-rank}$	25,1	-	-	-
f_{m05-ln}	25,8	-	-	-

Tabell 3.16 Karakteristiske data for samtlige materialer sortert som kombinasjon av T2+T3.

	f_m	\bar{E}	MOE_{lokal}	ρ
n = 580	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³
X_{middel}	41,3	10664	10733	419
ρ_k	-	-	-	347
$f_{m05-rank}$	25,4	-	-	-
f_{m05-ln}	26,2	-	-	-

3.1.14 Krav til verifikasjon av fasthetsklasse

Tabell 3.17 angir krav til fasthetsklassene i henhold til NS-EN 338.

Tabell 3.17. Fastheter, E-modul og densiteter iht. NS-EN 338 Tab. 1.

		C14	C18	C24
$f_{m,k}$	N/mm ²	14,0	18,0	24,0
$E_{0,mean}$	N/mm ²	7000	9000	11000
ρ_k	kg/m ³	290	320	340

Ved verifikasjon av resultater i forhold til en eksisterende fasthetsklasse skal følgende vilkår oppfylles (NS-EN 384, pkt. 9):

$$f_{m,k} \cdot k_q \leq f_{m05} \quad \text{hvor } 0,8 \leq k_q \leq 0,9 \quad \text{NS-EN 384 - Figure 2}$$

$$E_{0,mean} \cdot k_q \leq \bar{E} \quad \text{hvor } 0,8 \leq k_q \leq 0,9 \quad \text{NS-EN 384 - Figure 2}$$

$$\rho_k \leq \rho_{k-test}$$

Mest kritiske verdier vil derfor opptre når $k_q = 0,9$, dvs. mer enn 200 enkeltprøver per sample.

Tabell 3.18. Kritiske fastheter, E-modul og densiteter iht. NS-EN 338 Tab. 1 og NS-EN 384 pkt. 9.

Tabell 18		C14	C18	C24
$f_{m,k-kritisk}$	N/mm ²	12,6	16,2	21,6
$E_{0,mean-kritisk}$	N/mm ²	6300	8100	9900
$\rho_{k-kritisk}$	kg/m ³	290	320	340

3.1.15 Verifikasjon av sorteringsklasse T0 versus fasthetsklasse C14

Samtlige registrerte verdier for bøyefasthet, E-modul og densitet bestemt for materialer sortert i sorteringsklasse T0 tilfredsstillende krav satt til fasthetsklasse C14.

Tabell 3.19. Verifikasjon for T0 versus C14.

Dimensjon	$f_{m,k-T0}$	$f_{m,k-kritisk}$	$E_{0,mean-T0}$	$E_{0,mean-kritisk}$	ρ_{k-T0}	$\rho_{k-kritisk}$
mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	kg/m ³
36 x 98	25,3	12,6	9698	6300	388	290
48 x 148	15,5	12,6	9039	6300	363	290
48 x 198	14,7	12,6	7658	6300	332	290
Alle T0	16,6	12,6	8733	6300	357	290

3.1.16 Verifikasjon av sorteringsklasse T1 versus fasthetsklasse C18

Samtlige registrerte verdier for bøyefasthet, E-modul og densitet bestemt for materialer sortert i sorteringsklasse T1 tilfredsstillende krav satt til fasthetsklasse C18.

Tabell 3.20. Verifikasjon for T1 versus C18.

Dimensjon	$f_{m,k-T1}$	$f_{m,k-kritisk}$	$E_{0,mean-T1}$	$E_{0,mean-kritisk}$	ρ_{k-T1}	$\rho_{k-kritisk}$
mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	kg/m ³
36 x 98	26,7	16,2	11060	8100	386	320
48 x 148	22,0	16,2	10322	8100	367	320
48 x 198	21,5	16,2	8729	8100	343	320
Alle T1	22,6	16,2	10210	8100	357	320

3.1.17 Verifikasjon av sorteringsklasse T2 versus fasthetsklasse C24

Registrerte verdier for E-modul og densitet for dimensjon 48 mm x 198 mm bestemt for materialer sortert i sorteringsklasse T2 tilfredsstillende ikke krav satt til fasthetsklasse C24.

Resterende registrerte verdier for bøyefasthet, E-modul og densitet bestemt for materialer sortert i sorteringsklasse T2 tilfredsstillende krav satt til fasthetsklasse C24.

Tabell 3.21. Verifikasjon for T2 versus C24.

Dimensjon	$f_{m,k-T2}$	$f_{m,k-kritisk}$	$E_{0,mean-T2}$	$E_{0,mean-kritisk}$	ρ_{k-T2}	$\rho_{k-kritisk}$
mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	kg/m ³
36 x 98	31,3	21,6	11000	9900	381	340
48 x 148	28,0	21,6	10778	9900	362	340
48 x 198	23,0	21,6	9628	9900	338	340
Alle T1	25,1	21,6	10439	9900	349	340

3.1.18 Verifikasjon av sorteringsklasse T2+T3 vs. fasthetsklasse C24

Med unntak av karakteristisk densitet for dimensjon 48 mm x 198 mm tilfredsstillende samtlige registrerte verdier for bøyefasthet, E-modul og densitet bestemt for materialer sortert i sorteringsklasse T2+T3 krav satt til fasthetsklasse C24.

Tabell 3.22. Verifikasjon for T2+T3 versus C24.

Dimensjon	$f_{m,k-T2+T3}$	$f_{m,k-kritisk}$	$E_{0,mean-T2+T3}$	$E_{0,mean-kritisk}$	$\rho_{k-T2+T3}$	$\rho_{k-kritisk}$
mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	kg/m ³	kg/m ³
36 x 98	29,3	21,6	11568	9900	379	340
48 x 148	28,5	21,6	10961	9900	356	340
48 x 198	23,6	21,6	10084	9900	338	340
Alle T2+T3	25,4	21,6	10664	9900	347	340

3.1.19 Konklusjon - visuell sortering

Sitkagran vokst langs kysten fra Rogaland til og med Nordland kan forutsettes å ha følgende fasthetsklasser, avhengig av sorteringsklasse definert i NS-INSTA 142:

- Sorteringsklasse T0 tilfredsstiller krav til fasthetsklasse C14
- Sorteringsklasse T1 tilfredsstiller krav til fasthetsklasse C18
- Sorteringsklasse T2 og bedre (T2 + T3) tilfredsstiller krav til fasthetsklasse C24

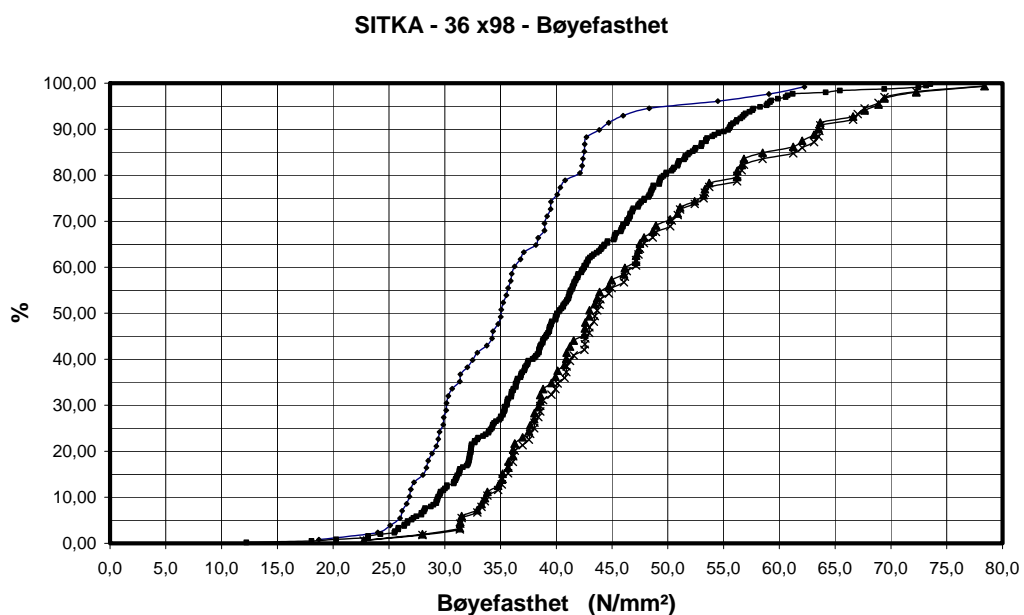
Denne konklusjonen er i samsvar med tilsvarende undersøkelser gjort for dansk-vokst sitkagran, kfr. avskrift fra dokument CEN/TC 124 N 408 (datert 2002-02-21):

“At the plenary meeting in Delft 2000-01-21 the members of CEN/TC124 endorsed a proposal from CEN/TC 124/WG 2 by which Spanish *radiata* and pinaster *pine* and Danish *sitka spruce* were approved for inclusion in strength classes C24 and C18 in EN 1912 *Structural timber – Strength classes – Assignment of visual grades and species*. This inclusion was put in force on 2000-01-21.”

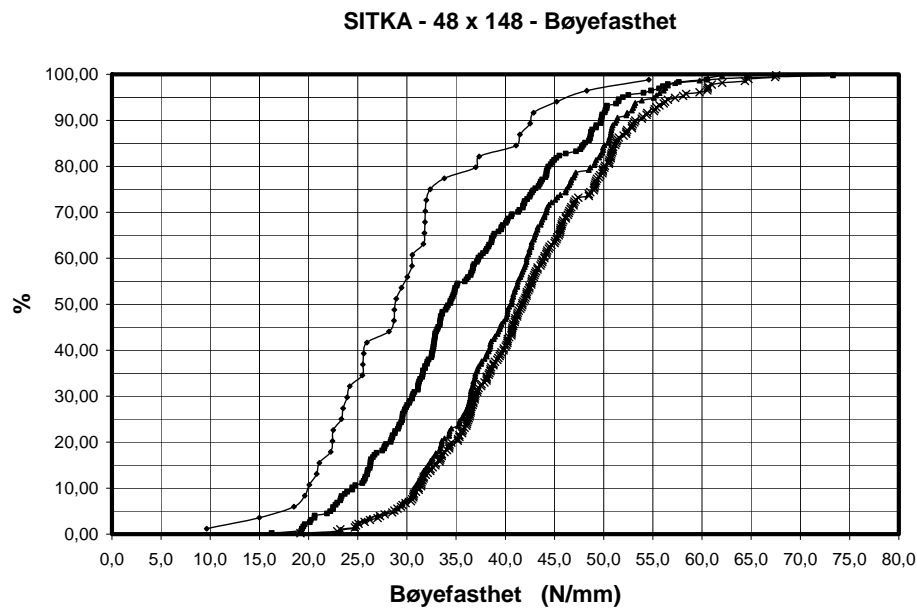
Antall enkeltprøver i flere serier av T3 var ikke høyt nok til å beregne karakteristiske verdier. Bidraget fra T3 sammenslått med T2 (dvs. T2+T3) øker karakteristiske verdier lite eller ingen ting sammenlignet med T2 sortert alene.

3.1.20 Vedlegg

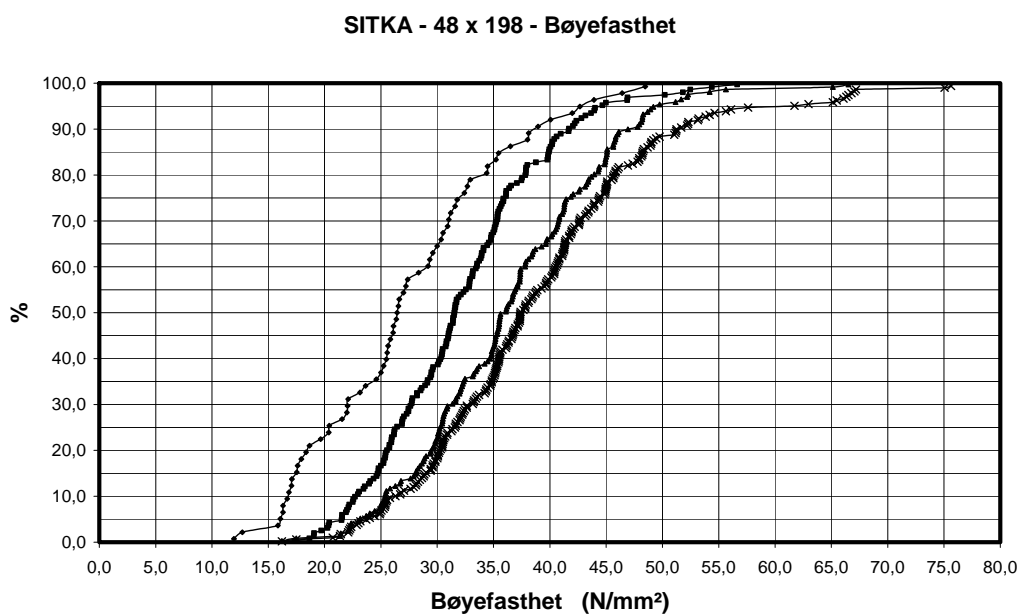
3.1.A1 – Fordelingsfunksjon for bøyefasthet



Figur A1-1. Fordeling av bøyefasthet for T0, T1, T2 og (T2+T3) – 36 mm x 98 mm.



Figur A1-2. Fordeling av bøyefasthet for T0, T1, T2 og (T2+T3) - 48 mm x 148 mm.

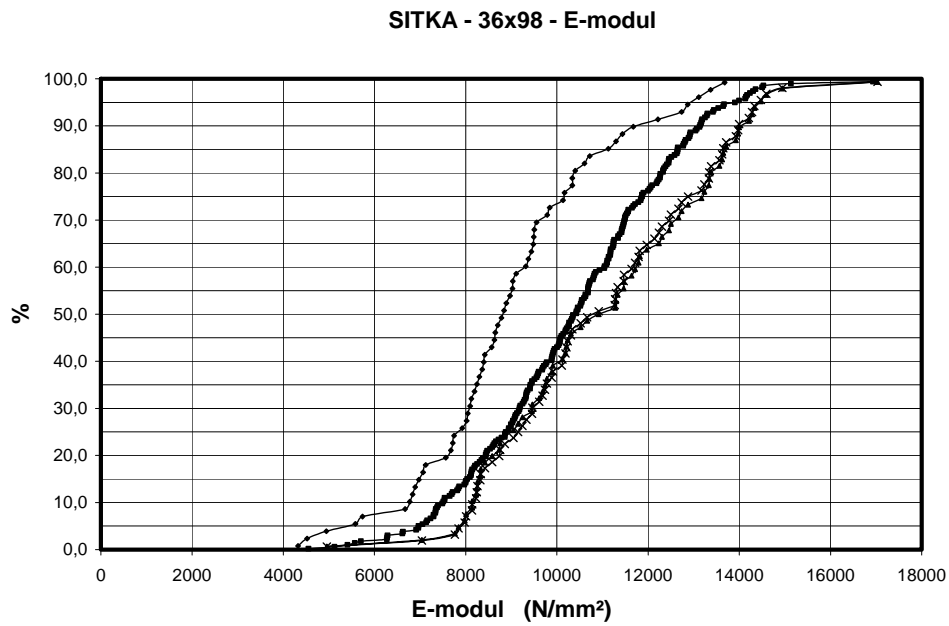


Figur A1-3. Fordeling av bøyefasthet for T0, T1, T2 og (T2+T3) - 48 mm x 198 mm.

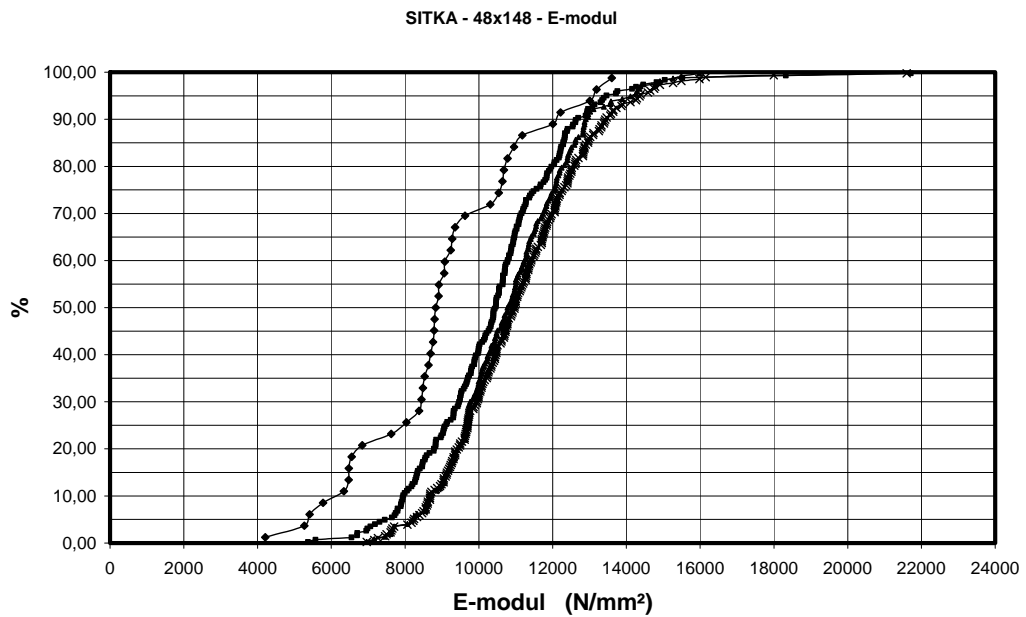
Forklaring:

- Kurve med "ruterformet" punkter angir T0
- Kurve med "kvadratiske" punkter angir T1
- Kurve med "trekantete" punkter angir T2
- Kurver med "kryss" angir (T2+T3)

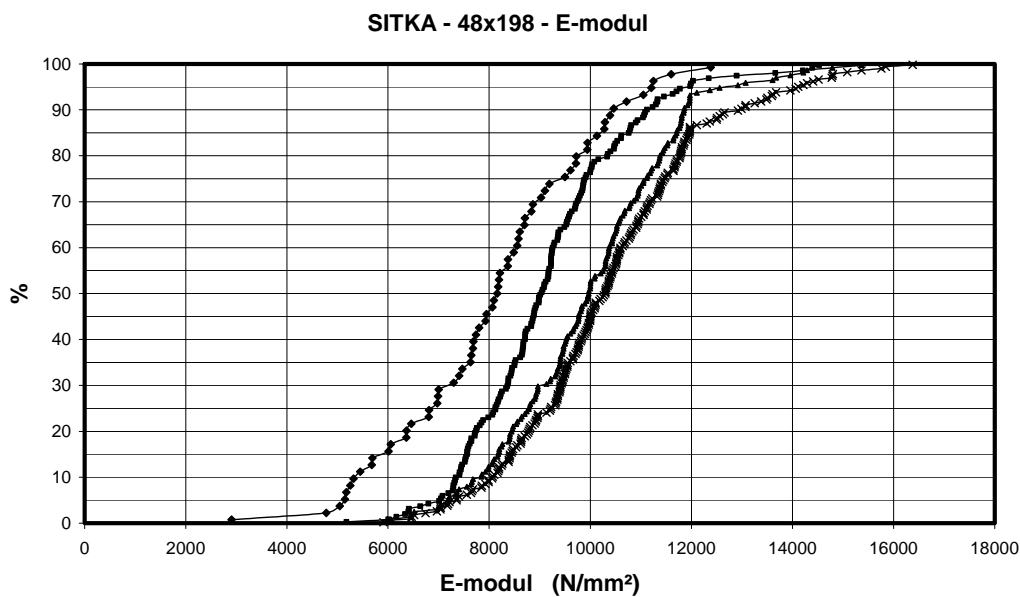
3.1.A2 - Fordelingsfunksjon for E-modul



Figur A2-1. Fordeling av E-modul for T0, T1, T2 og (T2+T3) - 36 mm x 98 mm.



Figur A2-2. Fordeling av E-modul for T0, T1, T2 og (T2+T3) - 48 mm x 148 mm.

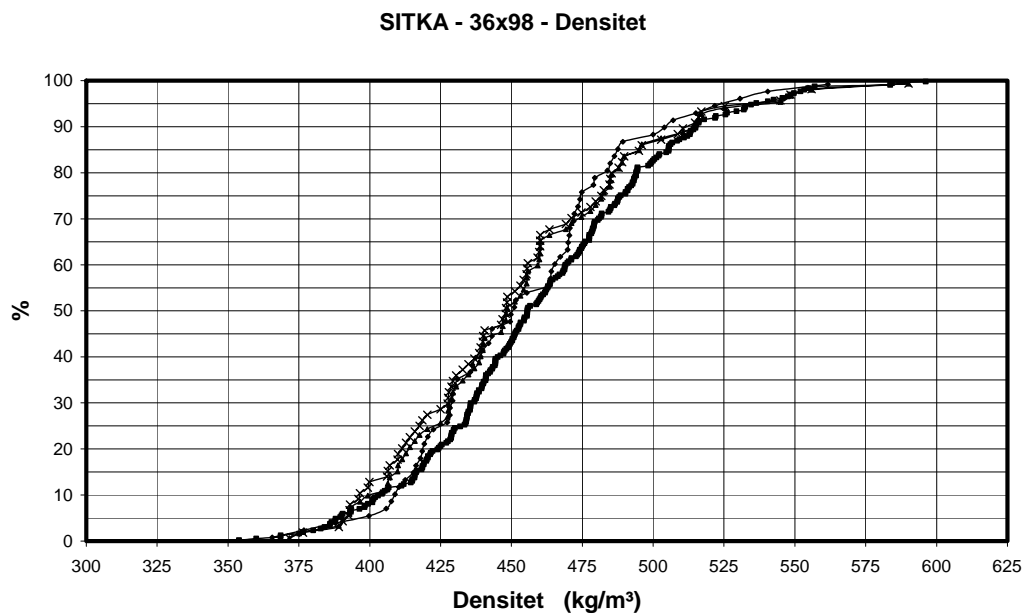


Figur A2-3. Fordeling av E-modul for T0, T1, T2 og (T2+T3) - 48 mm x 198 mm.

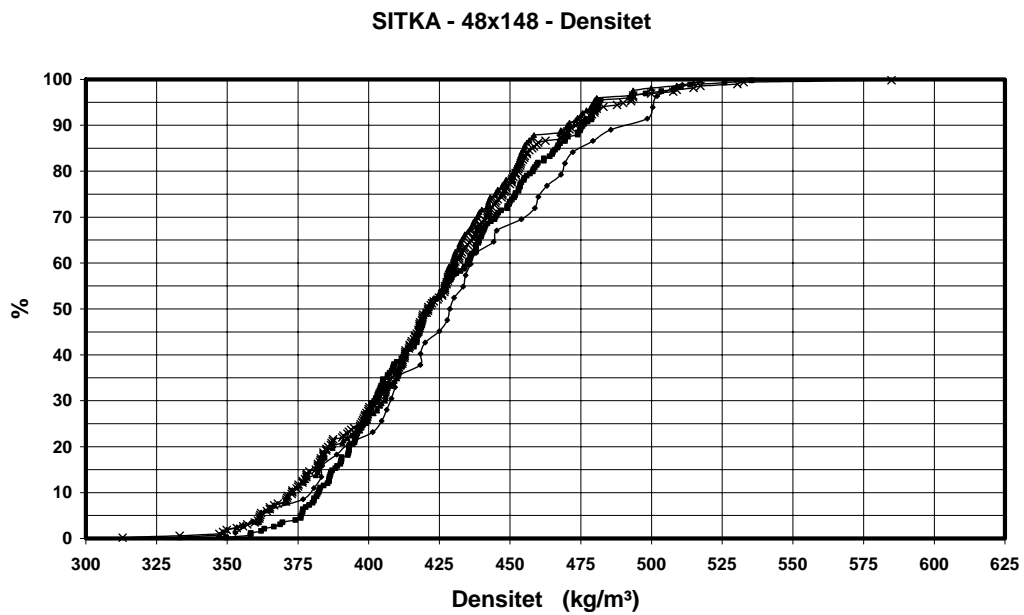
Forklaring:

- Kurve med "ruterformet" punkter angir T0
- Kurve med "kvadratiske" punkter angir T1
- Kurve med "trekantete" punkter angir T2
- Kurver med "kryss" angir (T2+T3)

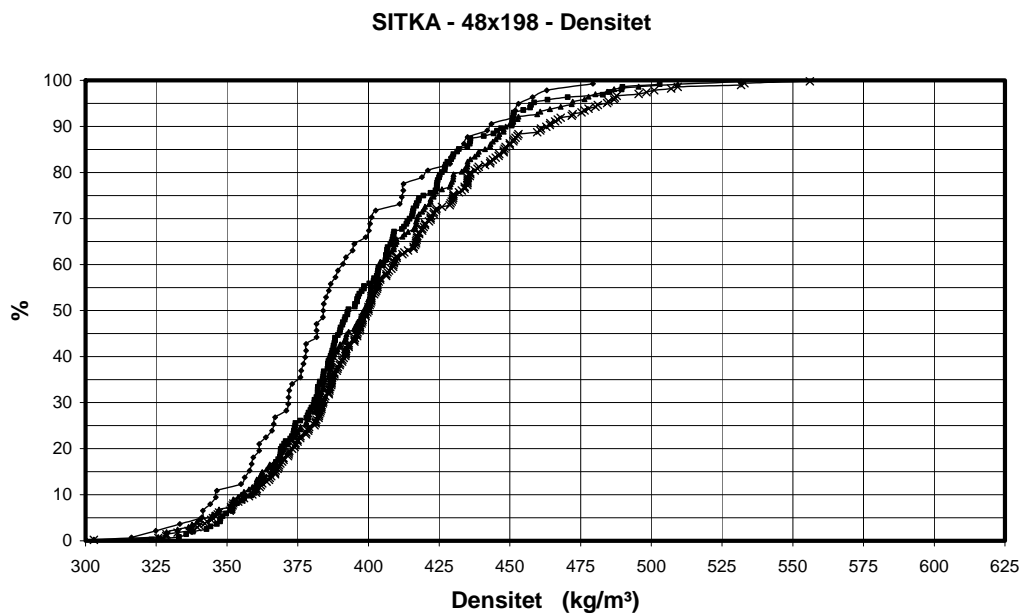
3.1.A3 - Fordelingsfunksjon for densitet



Figur A3-1. Fordeling av densitet for T0, T1, T2 og (T2+T3) - 36 mm x 98 mm.



Figur A3-2. Fordeling av densitet for T0, T1, T2 og (T2+T3) - 48 mm x 148 mm.



Figur A3-3. Fordeling av densitet for T0, T1, T2 og (T2+T3) - 48 mm x 198 mm.

Forklaring:

- Kurve med "ruterformet" punkter angir T0
- Kurve med "kvadratiske" punkter angir T1
- Kurve med "trekantete" punkter angir T2
- Kurver med "kryss" angir (T2+T3)

3.2 Machine strength grading - Dynagrade

Settings for strength classes in EN 338 for Dynagrade strength grading machine derived according to EN 14081-2.

- Source country/countries: West coast of Norway
- Species: Sitka spruce (*Picea sitchensis*)
- Surface finish: Sawn or planed surface
- Temperature (air): $+10\text{ °C} \leq T \leq +50\text{ °C}$
- Temperature (timber): $> -10\text{ °C}$
- Relative humidity: $RH \leq 85\%$
- Moisture content: $\geq 10\%$

All specimens were tested in bending according to EN 408. The values of modulus of elasticity, density were all adjusted to 12 % moisture according to EN 384. All bending strength values are adjusted to a depth of 150 mm according to EN 384.

3.2.1 Materials

An overview of the material is given in Table 3.23.

Table 3.23. The four sub-samples used for deriving the machine settings.

Sample no.	Location	Dim. [mm ²]	Sample size
1	Rogaland	36 x 98	82
	Hordaland	48 x 148	118
	Sogn og Fjordane	48 x 198	113
			Total: 313
2	Møre og Romsdal	36 x 98	71
		48 x 148	91
		48 x 198	90
			Total: 252
3	Nordland South	36 x 98	96
		48 x 148	98
		48 x 198	114
			Total: 308
4	Nordland North	36 x 98	151
		48 x 148	155
		48 x 198	84
			Total: 390
Total			1263

3.2.2 Requirements

Table 3.24 shows the modified requirements for the current machine strength grading.

Table 3.24. Modified requirements.

Strength class	f_k N/mm ²	f_k/k_v N/mm ²	E_{mean} N/mm ²	$0,95 E_{\text{mean}}$ N/mm ²	ρ_k kg/m ³
C24	24,0	21,4	11000	10450	350
C18	18,0	16,1	9000	8550	320

3.2.3 Optimum grading

The results from the optimum grading are given in Table 3.25.

Table 3.25. Results from optimum grading.

Strength class	f_k N/mm ²	E_{mean} N/mm ²	ρ_k kg/m ³	n
C24	29,6	10450	361	1020
C18	26,2	8558	342	103
Reject	16,3	8070	340	140

3.2.4 Assigned grades

Table 3.26 gives the settings from the sub-samples.

Table 3.26. Settings from the sub-samples – IP/1000 000.

	Mean	$f_{\text{mod-1}}$	$f_{\text{mod-2}}$	$f_{\text{mod-3}}$	$f_{\text{mod-4}}$
Comb.	Sub.	123	124	134	234
C24	5,45	5,37	5,43	5,38	5,67
C18	4,60	4,83	4,71	4,71	4,43

Based on all data in the four sub-samples, the following equation was established:

$$f_{\text{mod}} = 7,0 \cdot 10^{-6} \cdot IP - 12,8$$

where

f_{mod} is the estimated bending strength in N/mm²

IP is the machine derived Indicating Property

By means of the equation, the following assigned grades were achieved:

Table 3.27. Assigned grades.

Grade combination	f_k N/mm ²	E_{mean} N/mm ²	ρ_k kg/m ³	Number
C24	24,8	10460	358	1002
C18	19,7	8556	346	230
Reject	17,2	7136	337	31

3.2.5 Global cost matrix

In Table 3.28 and 3.29, the size and global cost matrix are given, respectively.

Table 3.28. Size matrix.

	Ass. C24	Ass. C18	Ass. Reject	n
Opt. C24	864	147	9	1020
Opt. C18	61	31	11	103
Opt. Reject	77	52	11	140
n	1002	230	31	1263

Table 3.29. Global cost matrix.

	Ass. C24	Ass. C18	Ass. Reject
Opt. C24	0	0,44	0,47
Opt. C18	0,07	0	0,31
Opt. Reject	0,16	0,18	0

The Reject values are interpolated between C14 and C16 according to EN 14081-2 clause 6.2.5.7. The grade determining property of Reject is MOE (7136 N/mm²), which is between the modified requirements of C14 (6650 N/mm²) and C16 (7600 N/mm²).

3.2.6 Setting of lowest grade

(See EN 14081-2 clause 6.2.5.10)

The mathematical model relating on critical strength property and IP is given by

$$f_{\text{mod}} = 7,0 \cdot 10^{-6} \cdot IP - 12,8$$

The required characteristic critical strength property is given by

$$f_{m\text{-req}} = 16,1 \text{ N/mm}^2, \text{ i.e. } 0,5 \text{ times } f_{m\text{-req}} \text{ is equal to } 8,0 \text{ N/mm}^2.$$

IP as a function of $f_{\text{mod}} = 0,5 f_{\text{m-req}} = 8,0 \text{ N/mm}^2$, thus given by $8,0 = 7,0 \cdot 10^{-6} \cdot IP - 12,8 \Rightarrow IP = 3,0 \cdot 10^6$, which is *not* as conservative as the setting of the lowest grade ($IP_{\text{C18}} = 4,6 \cdot 10^6$).

The characteristic values of the grade determining properties of the total sample (excluding those pieces in any higher grade, i.e. C24) is given by:

Characteristic bending strength : $19,0 \text{ N/mm}^2 > f_{\text{m-req-C18}} = 16,1 \text{ N/mm}^2$
 Characteristic MOE : $8378 \text{ N/mm}^2 < MOE_{\text{req-C18}} = 8550 \text{ N/mm}^2$
 Characteristic density : $344 \text{ kg/m}^3 > \rho_{\text{req}} = 320 \text{ kg/m}^3$

The characteristic values of the grade determining properties of the total sample do *not* exceed those required for the grade. I.e. the IP value of C18 is acceptable.

3.2.7 Conclusions - Norwegian grown Sitka spruce

Setting values for Dynagrade strength grading machine determined in accordance with EN 14081-2 for inclusion in EN 14081-4 are presented in Table 3.30.

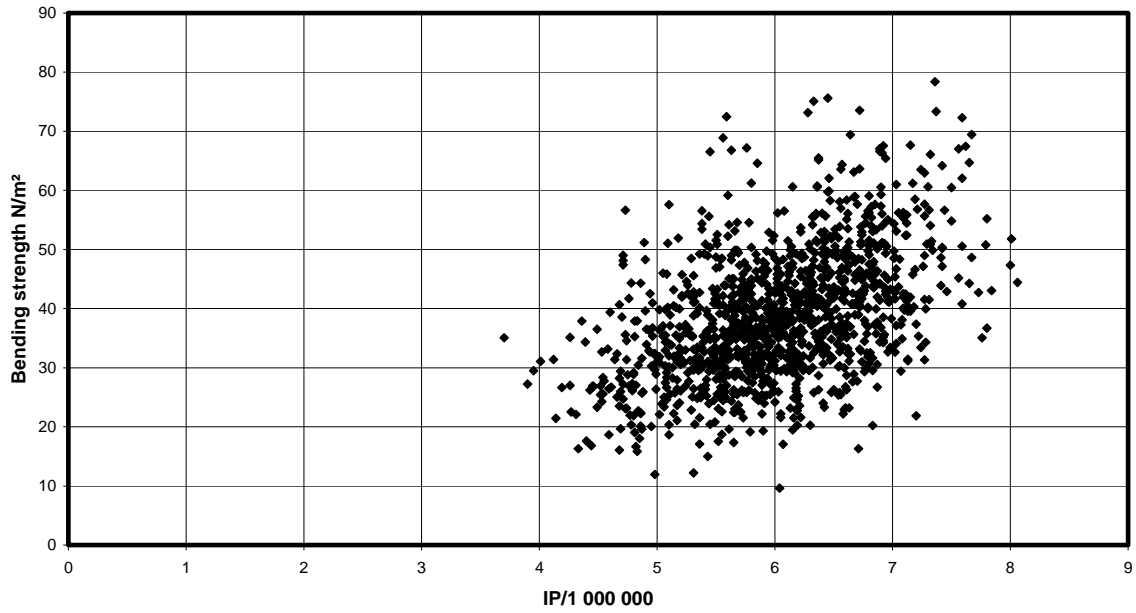
Table 3.30. Setting values for Norwegian grown Sitka spruce.

Combination	C24	C18
IP	5.450.000	4.600.000

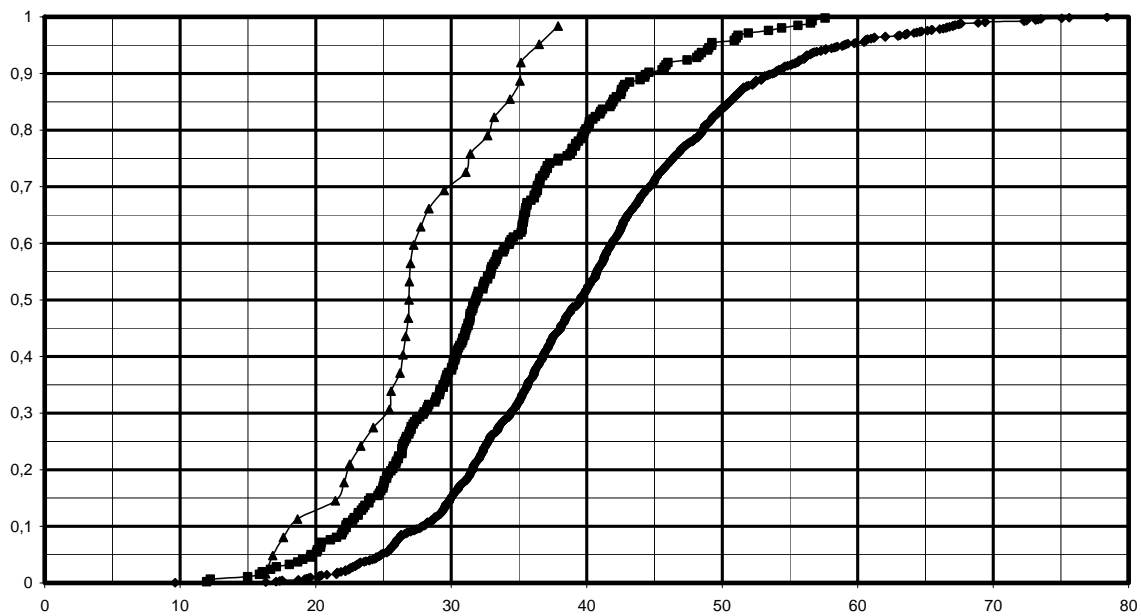
3.2.8 Appendix

3.2.A1 Diagram - Bending strength

IP vs. Bending strength

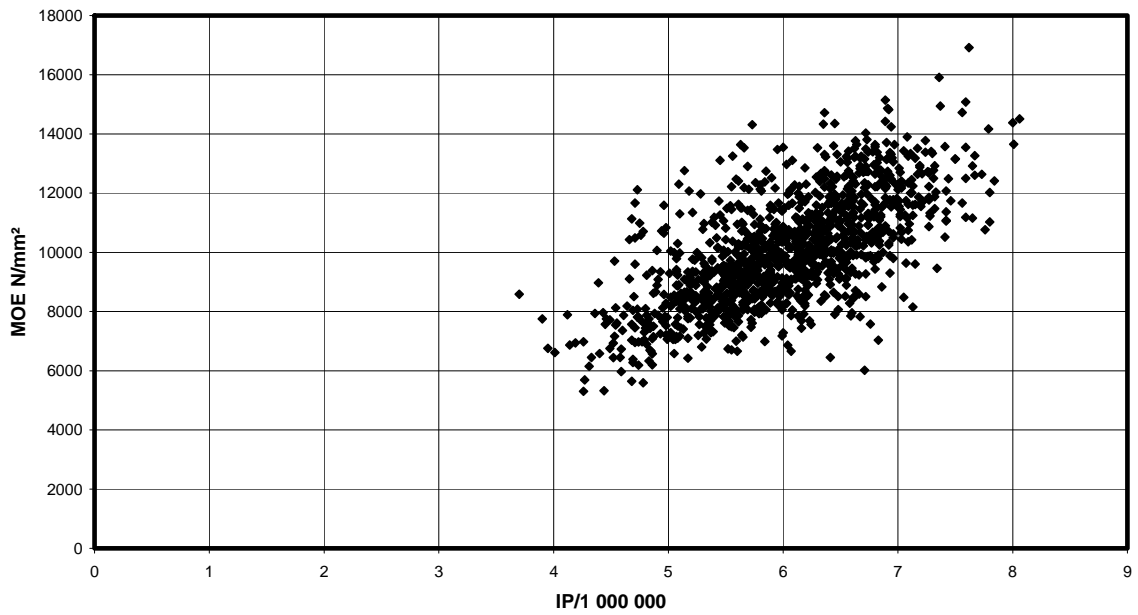


Bending strength N/mm²

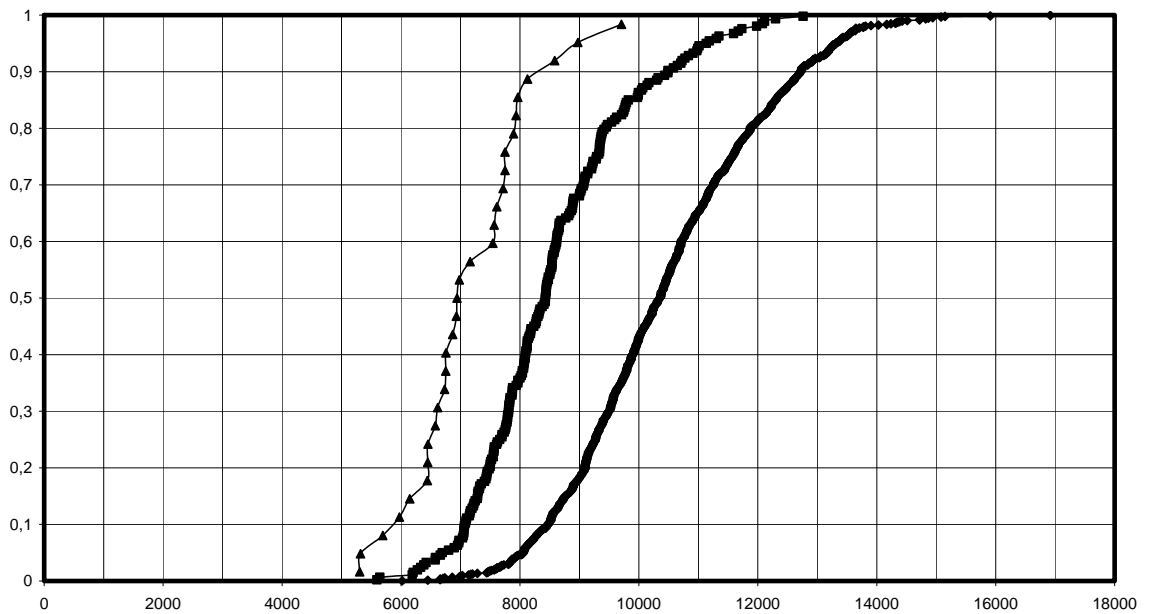


3.2.A2 Diagram - Modulus of Elasticity

IP vs. Modulus of Elasticity

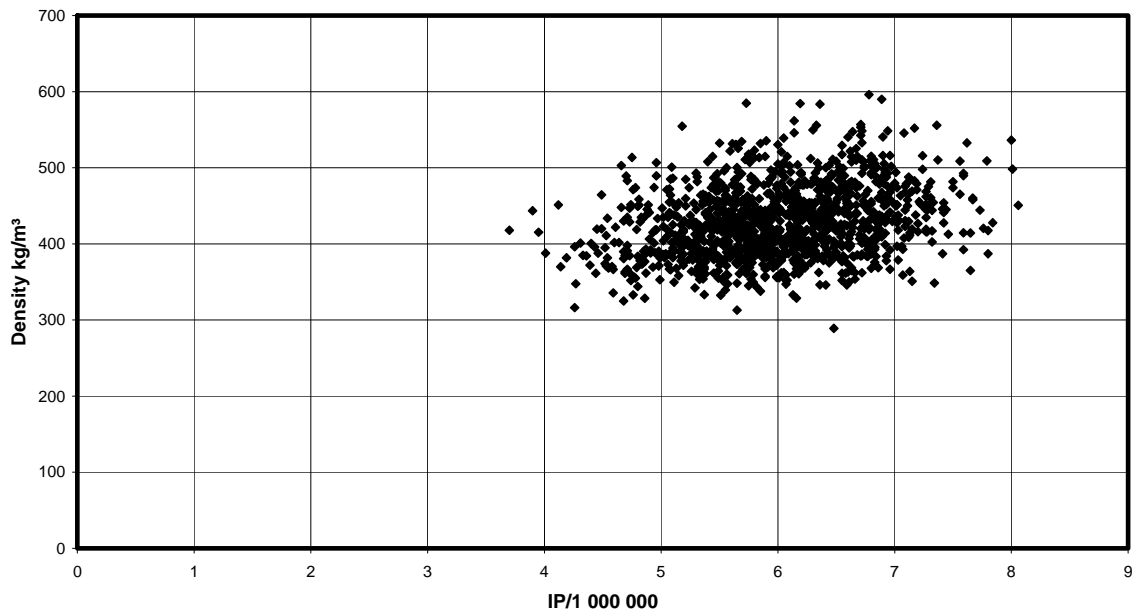


Modulus of Elasticity N/mm²

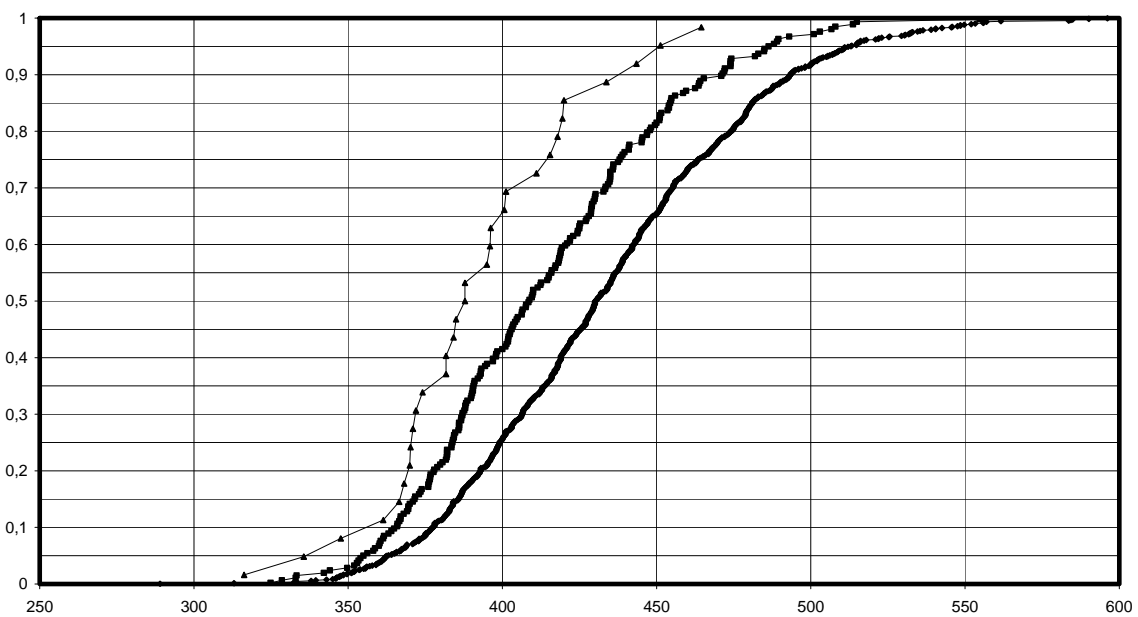


3.2.A3 Diagram - Density

IP vs. Density



Density kg/m³



3.3 Machine strength grading - Computermatic

Settings for strength classes in EN 338 for Computermatic strength grading machine derived according to EN 14081-2

- Source country/countries: West coast of Norway
- Species: Sitka spruce (*Picea sitchensis*)
- Surface finish: Sawn or planed surface
- Temperature (air): $+10\text{ °C} \leq T \leq +50\text{ °C}$
- Relative humidity: $RH < 85\%$
- Temperature (timber): $> -10\text{ °C}$
- Timber moisture content: $> 10\%$
- Permitted timber sizes (mm) $30 \leq b_n \leq 75, 60 \leq h_n \leq 300$

All specimens were tested in bending according to EN 408. The values of modulus of elasticity and density were all adjusted to 12 % moisture according to EN 384. All bending strength values are adjusted to a depth of 150 mm according to EN 384.

3.3.1 Materials

Table 3.31 gives an overview of the material and the sub-samples.

Table 3.31. The four sub-samples used for deriving the machine settings.

Sample no.	Location	Dim. [mm ²]	Sample size
1	Rogaland Hordaland	36 x 98	77
		48 x 148	115
		48 x 198	109
			Total: 301
2	Sogn og Fjordane Møre og Romsdal	36 x 98	59
		48 x 148	84
		48 x 198	87
			Total: 230
3	Nordland South	36 x 98	73
		48 x 148	141
		48 x 198	134
			Total: 348
4	Nordland North	36 x 98	116
		48 x 148	130
		48 x 198	157
			Total: 403
Total			1282

3.3.2 Requirements

In Table 3.32, the modified requirements are given.

Table 3.32. Modified requirements.

Strength class	f_k N/mm ²	f_k/k_v N/mm ²	E_{mean} N/mm ²	$0,95 E_{\text{mean}}$ N/mm ²	ρ_k kg/m ³
C30	30,0	26,8	12000	11400	380
C18	18,0	16,1	9000	8550	320

3.3.3 Optimum grading

The results from optimum grading are given in Table 3.33.

Table 3.33. Results from optimum grading.

Strength class	f_k N/mm ²	E_{mean} N/mm ²	ρ_k kg/m ³	n
C30	27,0	11401	382	794
C18	21,6	8552	340	379
Reject	16,3	8109	331	109

3.3.4 Assigned grades

Table 3.34 shows the results from the sub-samples.

Table 3.34. Results from the sub-samples.

	Mean	$f_{\text{mod-1}}$	$f_{\text{mod-2}}$	$f_{\text{mod-3}}$	$f_{\text{mod-4}}$
Comb.	Sub.	123	124	134	234
C30	38,8	39,2	38,1	39,1	38,9
C18	27,9	28,1	28,1	27,6	27,9

Based on all data in the four sub-samples, the following equation was established:

$$f_{\text{mod}} = \left(\frac{b}{50}\right)^{0,186} \cdot \left(\frac{h}{150}\right)^{-0,048} \cdot (0,00354 \cdot E_{\text{mac}} + 9,5)$$

where

f_{mod} is the estimated model bending strength in N/mm²

E_{mac} is the MOE as a function of measurements made by the grading machine.

$$E_{mac} = \frac{10,1 \cdot 10^6}{b \cdot \delta_{mac}}$$

where

b is the width of the graded cross section in mm

δ_{mac} is the machine measured deflection in BIT (1 BIT = 0,1905 mm)

By means of the equation, the following assigned grades were achieved:

Table 3.35. Assigned grades.

Grade combination	f_k N/mm ²	E_{mean} N/mm ²	ρ_k kg/m ³	n
C30	28,8	12080	382	511
C18	20,8	8928	346	736
Reject	16,5	7885	327	35

3.3.5 Global cost matrix

The size and global cost matrix are given in Table 3.36 and 3.37, respectively.

Table 3.36. Size matrix.

	Ass. C30	Ass. C18	Ass. Reject	n
Opt. C30	463	318	13	794
Opt. C18	46	325	8	379
Opt. Reject	2	93	14	109
n	511	736	35	1282

Table 3.37. Global cost matrix.

	Ass. C24	Ass. C18	Ass. Reject
Opt. C24	0	0,44	0,43
Opt. C18	0,20	0	0,09
Opt. Reject	0,01	0,05	0

The Reject values correspond to C16 according to EN 14081-2 clause 6.2.5.7. The grade determining property of Reject is MOE (7885 N/mm²), which is quite close to the modified requirements of C16 (7600 N/mm²).

3.3.6 Setting of lowest grade

(See EN 14081-2 clause 6.2.5.10).

The mathematical model relating to critical strength property and *IP* (E_{mac}) is given by

$$f_{mod} = \left(\frac{b}{50}\right)^{0,186} \cdot \left(\frac{h}{150}\right)^{-0,048} \cdot (0,00354 \cdot E_{mac} + 9,5)$$

The required characteristic critical strength property is given by

$$f_{m-req} = 16,1 \text{ N/mm}^2, \text{ i.e. } 0,5 \text{ times } f_{m-req} \text{ is equal to } 8,0 \text{ N/mm}^2.$$

E_{mac} as a function of $f_{mod} = 0,5 f_{m-req} = 8,0 \text{ N/mm}^2$ gives a negative value, which is *not* as conservative as the setting of the lowest grade. This is because the f_{mod} limits are based on MOE and/or density as critical properties and not bending strength.

The characteristic values of the grade determining properties of the total sample (excluding those pieces in any higher grade, i.e. C30) is given by:

$$\begin{aligned} \text{Characteristic bending strength} &: 19,3 \text{ N/mm}^2 > f_{m-req-C18} = 16,1 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Characteristic MOE} &: 8053 \text{ N/mm}^2 < MOE_{req-C18} = 8550 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Characteristic density} &: 344 \text{ kg/m}^3 > \rho_{req} = 320 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

The characteristic values of the grade determining properties of the total sample do *not* exceed those required for the grade. I.e. the *IP* value of C18 is acceptable.

3.3.7 Conclusions - Norwegian grown Sitka spruce

Setting values for Norwegian grown Sitka spruce graded by Computermatic strength grading machine, determined in accordance with EN 14081-2 for inclusion in EN 14081-4, shall be established by means of equation (1), (2) and (3).

Table 3.38. Strength class limits for Norwegian grown Sitka spruce.

Combination	C30	C18
f_{mod}	38,8	27,9

The deflection limits (machine setting) shall be calculated as

$$\delta = \frac{8063 \cdot b_n^{-0,814} \cdot h_n^{0,152}}{f_{mod} \cdot \left(1 - \frac{2,14 \cdot b_n^{0,186} \cdot h_n^{0,152}}{f_{mod}}\right)} \text{ BIT} \quad (1)$$

or

$$\delta = \frac{42325 \cdot b_n^{-0,814} \cdot h_n^{0,152}}{f_{\text{mod}} \cdot \left(1 - \frac{2,14 \cdot b_n^{0,186} \cdot h_n^{0,152}}{f_{\text{mod}}} \right)} \text{ mm} \quad (2)$$

where

b_n is the target width of the cross section in mm

h_n is the target depth of the cross section in mm

f_{mod} is the strength class limit given in *Table 8*.

To convert from stress to force F_n use equation (3). Refer to calibration tables for machine to convert F_n to pressure setting.

$$F = 0,0101 \cdot h_n \cdot b_n^2 \quad (N) \quad (3)$$

If the actual width b_a exceeds the target width b_n with more than 1 mm, then the pressure shall be increased by $\left(\frac{b_a}{b_n}\right)^3$.

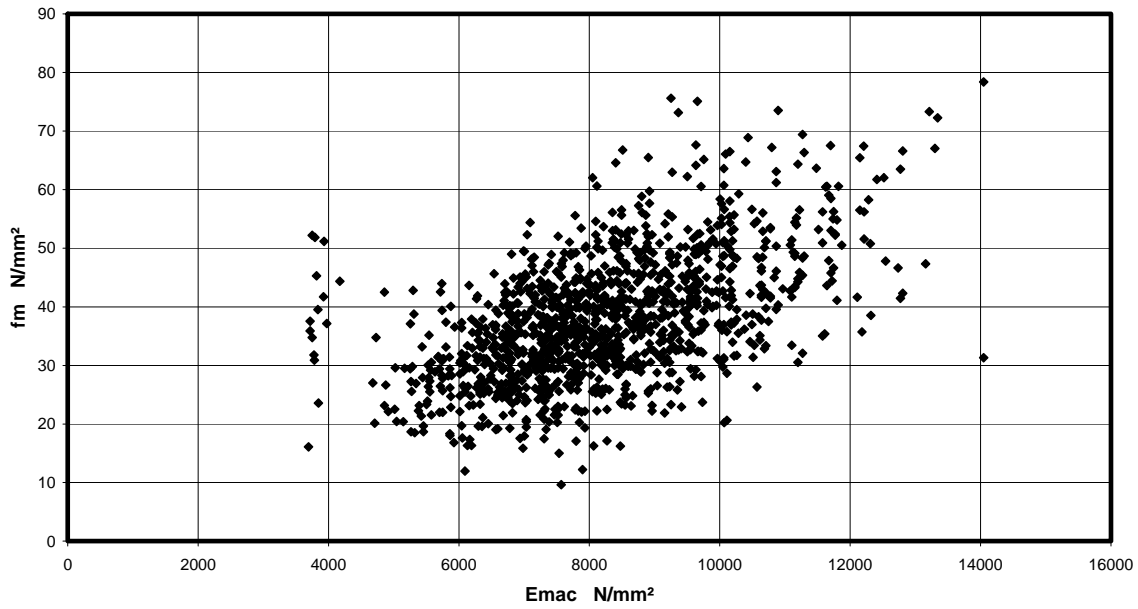
Requirements for grading:

- Air temperature: $10 \text{ }^\circ\text{C} \leq T \leq 50 \text{ }^\circ\text{C}$
- Relative humidity in the air: $< 85 \%$
- Timber temperature: $> -10 \text{ }^\circ\text{C}$
- Timber mean moisture content: $> 10 \%$
- Permitted timber sizes (mm): $30 \leq b_n \leq 75, 60 \leq h_n \leq 300$

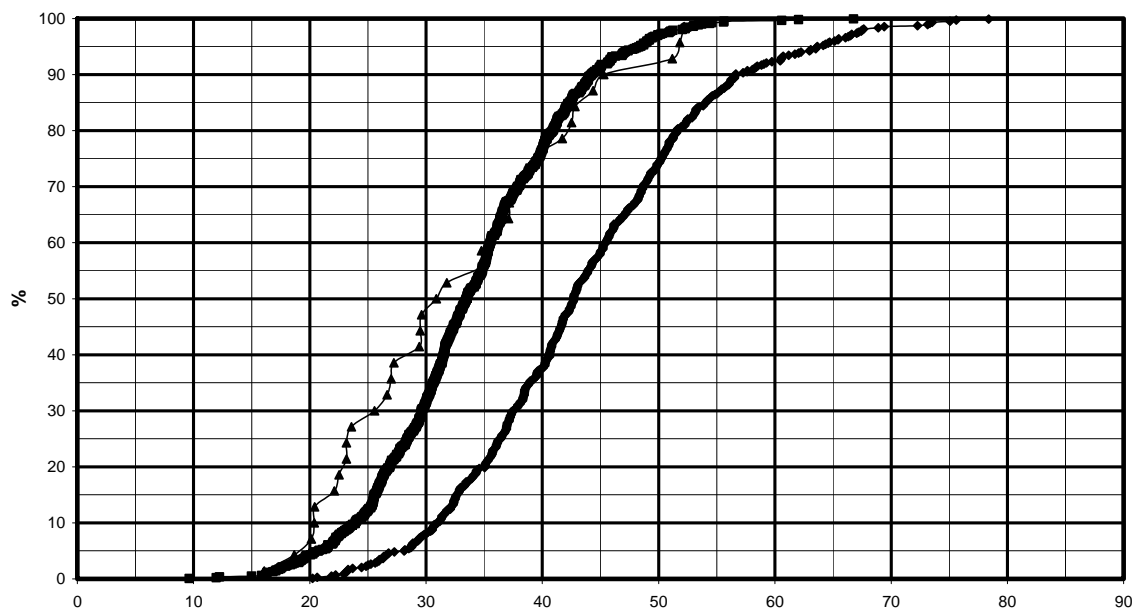
3.3.8 Appendix

3.3.A1 Bending strength

Bending Strength vs. E_{mac}

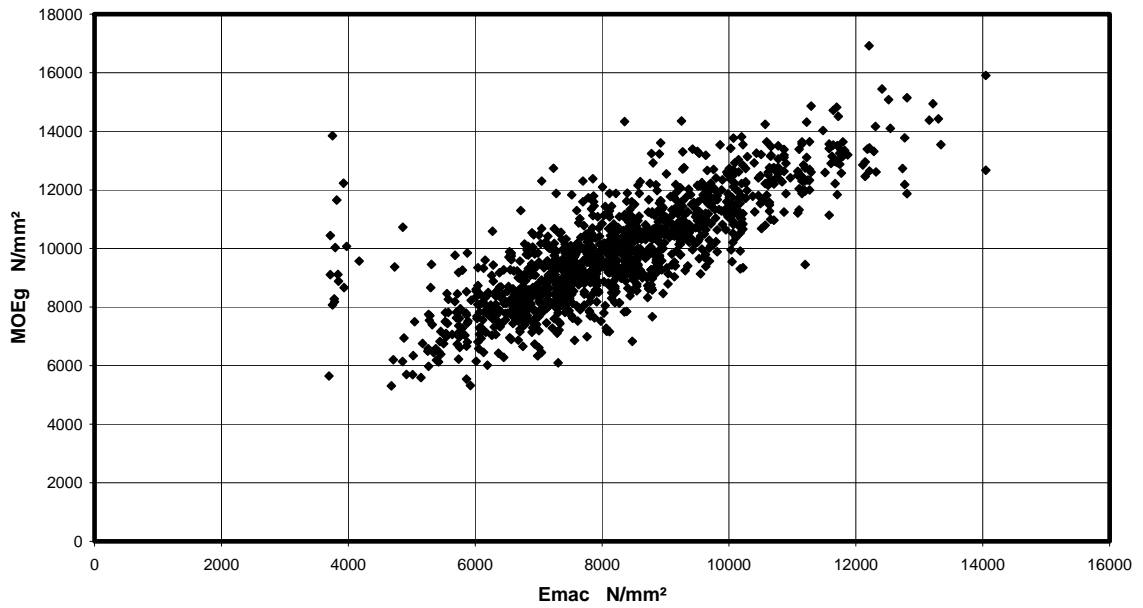


Bending strength N/mm^2

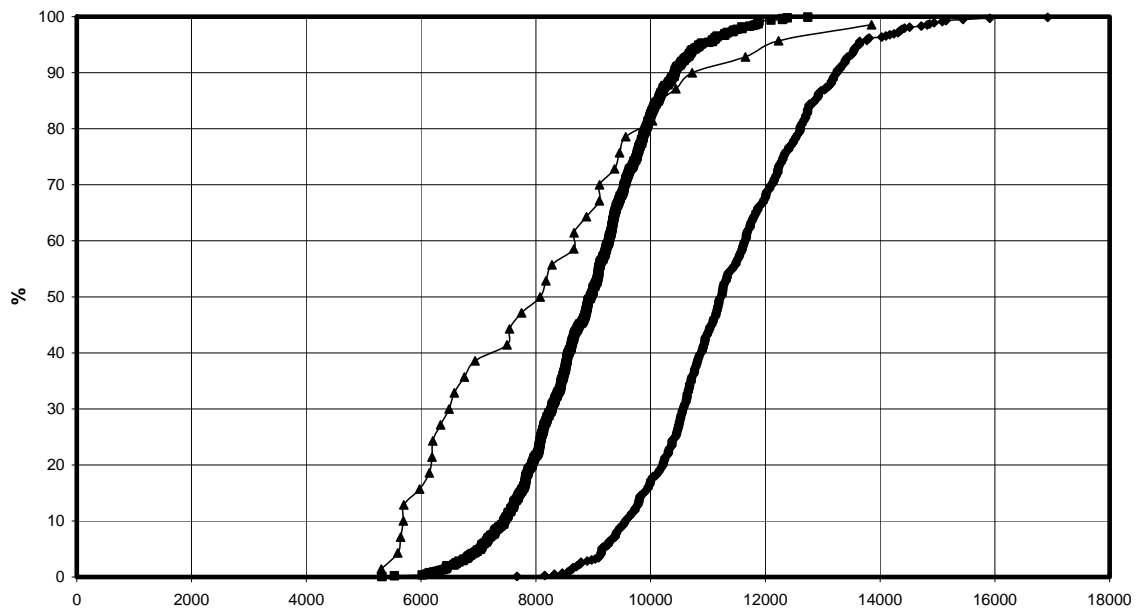


3.3.A2 Global Modulus Of Elasticity

Global MOE vs. E_{mac}

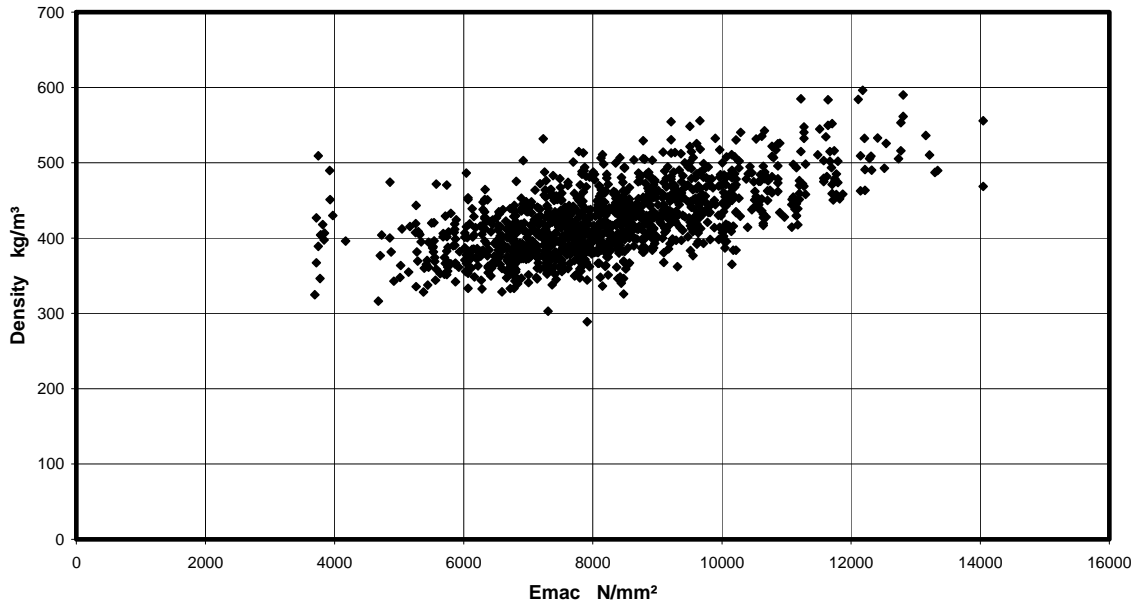


Global Modulus of Elasticity N/mm²

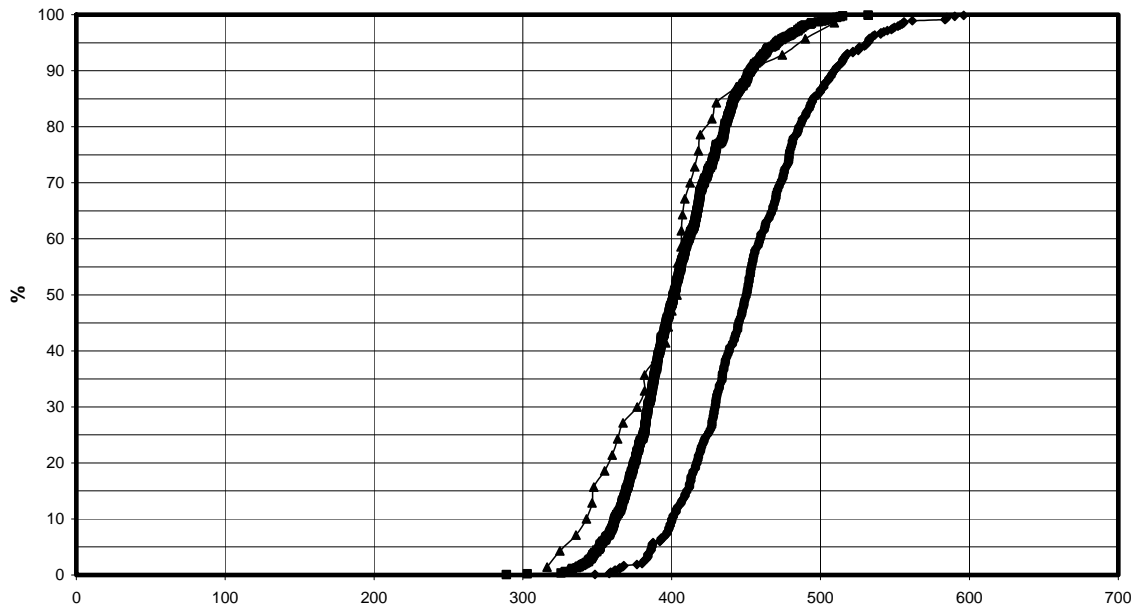


3.3.A3 Density

Density vs. E_{mac}



Density kg/m³



3.4 Generelle resultater

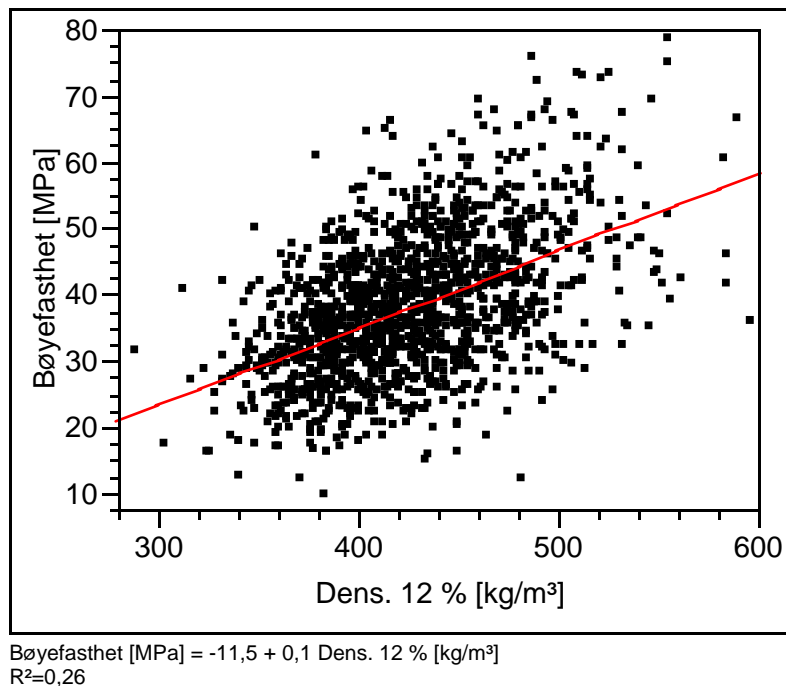
Det er også utført noen analyser utover det som er nødvendig i forbindelse med godkjenningsprosedyrene for sitkagran som konstruksjonsvirke. Tabell 3.39 viser hovedresultatene.

Tabell 3.39. Densitet, årringbredde, bøyefasthet og elastisitetsmodul for de undersøkte dimensjonene.

36 mm x 98 mm		
Egenskap	Gjn.sn.	St.avv.
Densitet (12%) [kg/m ³]	457	43
Årringbredde [mm]	37	1,0
Bøyefasthet [MPa]	41,4	10,5
MOE [GPa]	10,5	1,8
48 mm x 148 mm		
Egenskap	Gjn.sn.	St.avv.
Densitet (12%) [kg/m ³]	424	39
Årringbredde [mm]	3,8	1,0
Bøyefasthet [MPa]	38,6	10,1
MOE [GPa]	10,2	1,7
48 mm x 198 mm		
Egenskap	Gjn.sn.	St.avv.
Densitet (12%) [kg/m ³]	401	39
Årringbredde [mm]	4,0	1,0
Bøyefasthet [MPa]	34,8	10,1
MOE [GPa]	9,2	1,7

Tabellen viser at densitet og styrkeegenskaper stiger med avtakende trelastdimensjon, det vil si når en går fra rot til topp av stammen.

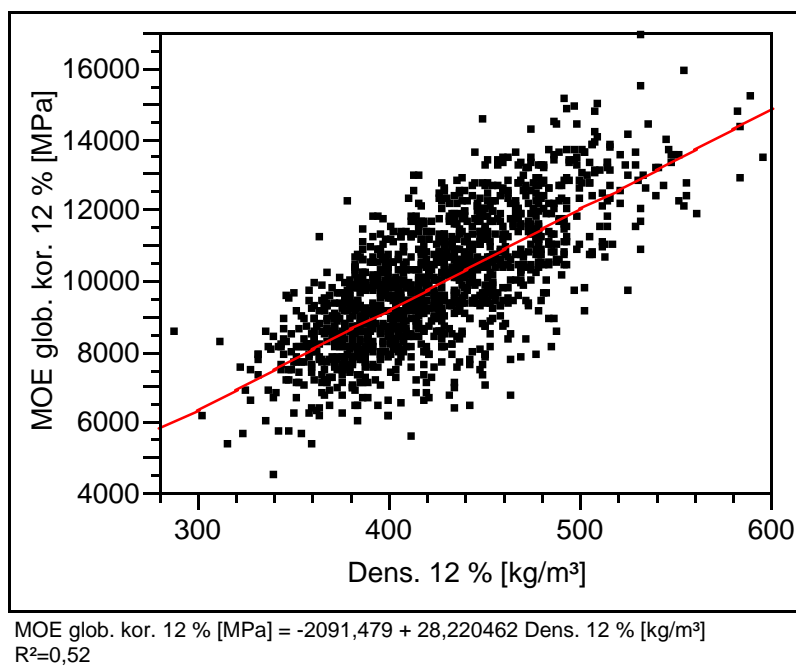
Figur 3.1 viser sammenhengen mellom densitet og bøyefasthet for hele materialet.



Figur 3.1. Sammenhengen mellom densitet og bøyefasthet for hele materialet.

Det er signifikant sammenheng mellom densitet og bøyefasthet (F=485,9, Prob>F <0,0001, DF=1-1419).

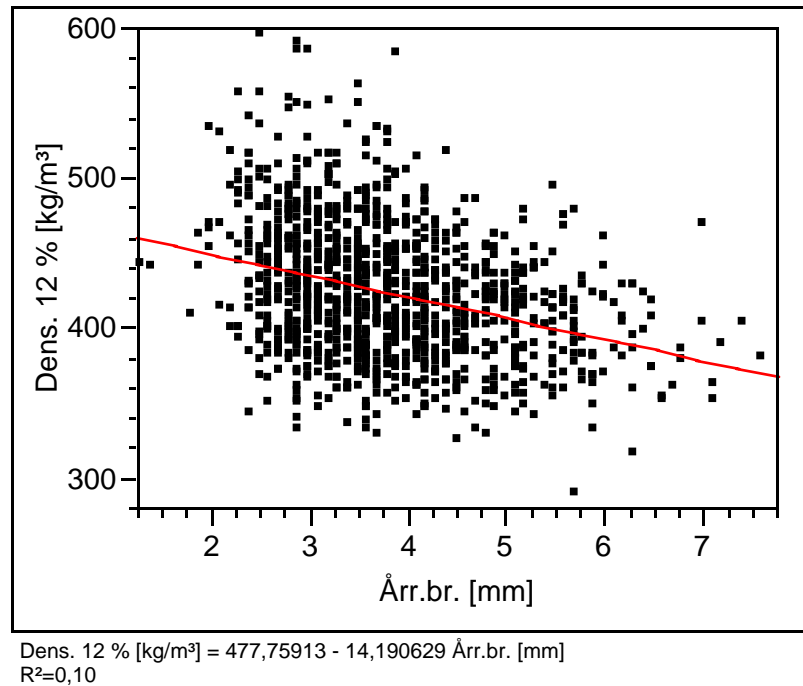
Figur 3.2 viser sammenhengen mellom densitet og elastisitetsmodul for hele materialet.



Figur 3.2. Sammenhengen mellom densitet og elastisitetsmodul.

Det er signifikant sammenheng mellom densitet og elastisitetsmodul ($F=1520,3$, $\text{Prob}>F <0,0001$, $DF=1-1419$).

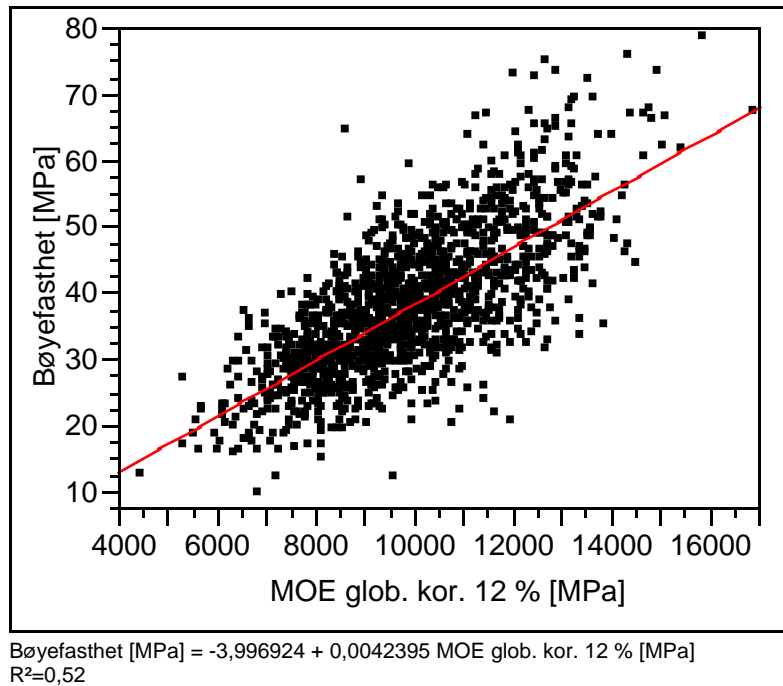
Figur 3.3 viser sammenhengen mellom årringbredde og densitet for hele materialet.



Figur 3.3. Sammenhengen mellom årringbredde og densitet.

Det er signifikant sammenheng mellom densitet og elastisitetsmodul ($F=123,0$, $\text{Prob}>F <0,0001$, $DF=1-1083$) selv om forklaringsgraden er lav.

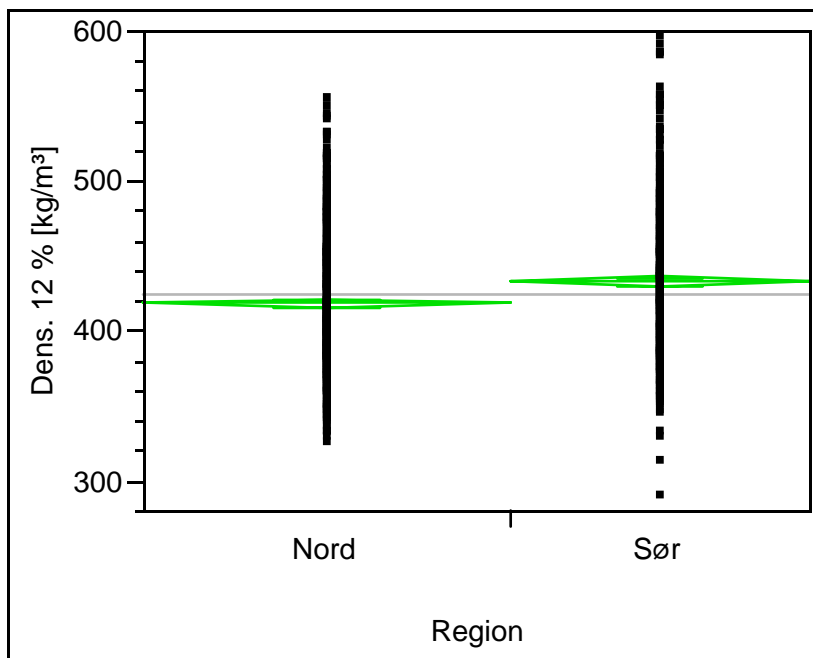
Figur 3.4 viser sammenhengen mellom elastisitetsmodul og bøyefasthet for hele materialet.



Figur 3.4. Sammenhengen mellom elastisitetsmodul og bøyefasthet.

Det er signifikant sammenheng mellom densitet og elastisitetsmodul ($F=1553,0$, $\text{Prob}>F <0,0001$, $DF=1-1421$).

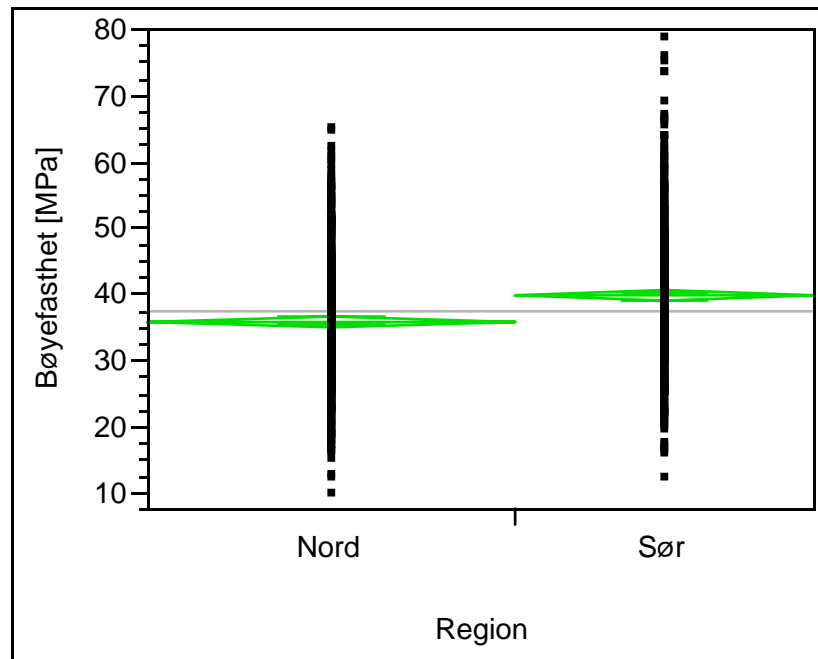
Figur 3.5 viser forskjell i densitet mellom region Nord og Sør.



Figur 3.5. Densitet for region Nord og Sør.

Det er signifikant forskjell i densitet mellom region Nord og Sør ($F=30,2$, $\text{Prob}>F <0,0001$, $DF=1-1134$).

Figur 3.6 viser forskjell i bøyefasthet mellom region Nord og Sør.



Figur 3.6. Bøyefasthet for region Nord og Sør.

Det er signifikant forskjell i bøyefasthet mellom region Nord og Sør ($F=40,5$, $\text{Prob}>F <0,0001$, $DF=1-1136$).

Referanser

Foslie, M. 1985. Gran og sitka innplantet på Vestlandet. Norsk Treteknisk Institutt. Meddelelse 69. Oslo.

Ishengoma, R. C. & L. Nagoda, 1986. Properties of various provenances of Sitka spruce (*Picea sitchensis* Carr.) grown in Norway. Medd. Nor. inst. skogforsk. 39.20:344-358.

Sandland, K. M. & B. Eikenes, 1996. Tømmer- og trelastkvalitet hos sitkagran fra Vestlandet. Rapport fra Skogforsk 6/96 (NISK, NLH). Ås.