

Utbytte ved maskinell styrkesortering av konstruksjonstrevirke i Norge

Yield from machine strength grading of structural timber in Norway

Saksbehandler: Håkon Helgerud Myhra
Dato: 1999-11-02
Oppdragsgiver: Skogtiltaksfondet
Kontaktperson: Kjetil Løge
Oppdragsgivers ref.: UB98156
Prosjektnr. NTI: 320339

Sammendrag

Hovedmålet med denne undersøkelsen har vært å kartlegge den styrkemessige fordelingen til norsk bartrevirke, basert på maskinell styrkesortering. Det er foretatt analyser av tilgjengelige produksjonsjournaler fra styrkesorteringsmaskiner i Norge med hensyn til utbyttefordeling i ulike fasthetsklasser.

Det ble samlet inn data fra 18 styrkesorteringsmaskiner, og det innsamlede materialet representerer anslagsvis 75.000 m³ konstruksjonstrevirke av gran (*Picea abies*) og furu (*Pinus sylvestris*). Utbyttefordelingen er blant annet avhengig av sorteringskombinasjonen, sorteringsnøyaktigheten til styrkesorteringsmaskinene, treslag, dimensjon, fuktighet og trevirkets egenskaper.

For den vanligste sorteringskombinasjonen ble følgende utbyttefordeling funnet:

Fasthetsklasse	C30	C24	C18	Utlegg
Utbytte	45 %	40 %	12 %	3 %

For konstruksjonstrevirke ga dimensjonene 36 mm × 123 mm og 48 mm × 123 mm de høyeste C30-andelene med henholdsvis 60 % og 61 %.

<i>Stikkord:</i> Maskinell styrkesortering, konstruksjonstrevirke, utbytte <i>Keywords:</i> Machine strength grading, structural timber, yield

Summary

The main objective of this survey has been to investigate the strength distribution of Norwegian softwood, based on machine strength grading. Analyses from available production journals from strength grading machines in Norway regarding yield in different strength classes are performed.

Data was collected from 18 strength grading machines, representing roughly 75.000 m³ structural timber of Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*). The yield will, among other factors, depend on grading combination, grading accuracy, species, dimension, moisture content and wood properties.

In the most common grading combination the following yield was found:

Strength class	C30	C24	C18	Reject
Yield	45 %	40 %	12 %	3 %

Structural timber for common building purposes with dimension 36 mm × 123 mm and 48 mm × 123 mm gave the highest share of C30 with 60 % and 61 % respectively.

Forord

Denne rapporten er et resultat fra prosjektet ”Norsk bartrevirke – potensial som konstruksjonsmateriale”. Prosjektets mål har vært å dokumentere hvilket potensial trevirke av norsk gran og furu har som konstruksjonsmateriale.

Prosjektet er basert på analyser av produksjonsjournalene for styrkesorteringsmaskinene i Norge. Prosjektet er gjennomført ved at man har sendt ut en forespørsel til alle trelastbedrifter med styrkesorteringsmaskin om å få tilsendt en kopi av produksjonsjournalen for andre halvår i 1998. Alle trelastbedrifter med styrkesorteringsmaskin i Norge er tilsluttet Norsk Trelastkontroll, og har sertifiseringslisens for NS-merking av maskinelt sortert konstruksjonstrevirke i overensstemmelse med NS-EN 519 (Norges Standardiseringsforbund 1995 IV).

En stor takk rettes til bedriftene som har bidratt til prosjektet ved å sende oss nødvendig dokumentasjon fra sine styrkesorteringsmaskiner.

Prosjektet er finansiert av Skogtiltaksfondet, og prosjektleder har vært Håkon Helgerud Myhra ved Norsk Treteknisk Institutt.

Håkon Helgerud Myhra

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	5
Innhold	7
1. Innledning	8
2. Generelt om sortering av konstruksjonstrevirke	9
2.1. Fasthetsklasser	9
2.2. Visuell og maskinell styrkesortering	9
2.3. Styrkesorteringsmaskiner i Norge	10
2.4. Sorteringsnøyaktighet	10
2.5. Treslag, dimensjon, fuktighet og sorteringshastighet	12
2.6. Utbytte ved maskinell styrkesortering	13
3. Materiale og metode	17
3.1. Datainnsamling	17
3.2. Beregninger	18
3.3. Sorteringskombinasjoner	18
3.4. Usikkerhet i materialet	18
4. Resultater	20
4.1. Utbytte ved ulike sorteringskombinasjoner	20
4.2. Utbytte ved ulike dimensjoner	21
4.3. Utbytte ved ulike tykkelser	23
4.4. Utbytte ved ulike bredder	23
5. Konklusjon og diskusjon	26
6. Litteratur	28

1. Innledning

Prosjektets mål har vært å dokumentere hvilket potensial trevirke av norsk gran og furu har som konstruksjonsmateriale.

Trevirke som konstruksjonsmateriale har fått økt konkurranse av betong, stål og komposittmaterialer, samtidig som handelen med trevirke stadig blir mer internasjonal. Konkurransen på det internasjonale markedet øker, nye standarder gir endrede rammebetingelser og nye handelsmønstre oppstår. Med dette som bakgrunn, er det viktig at trevirkets tekniske kvaliteter framheves og utnyttes på en optimal måte. I undersøkelsen har man forsøkt å finne dokumentasjon på at norsk bartrevirke har høye andeler av gode styrkeegenskaper.

2. Generelt om sortering av konstruksjonstrevirke

2.1. Fasthetsklasser

Standarden NS-EN 338 (Norges Standardiseringsforbund 1995 I) er fastsatt av den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN, og definerer fasthetsklasser for konstruksjonstrevirke. Fasthetsklassene beskriver trevirkets mekaniske egenskaper og densitet som benyttes ved dimensjonering av trekonstruksjoner. Fasthetsklassene for bartrevirke (tabell 1) angis med "C" for conifer (bartre) og et tall for karakteristisk bøyefasthet i N/mm^2 . Karakteristisk bøyefasthet innebærer at 95 % av materialet har en høyere bøyefasthet enn angitt i fasthetsklassen. Fasthetsklasse C18 innebærer derfor at materialet har en karakteristisk bøyefasthet på 18 N/mm^2 .

Tabell 1. Fasthetsklasser i NS-EN 338 med tilhørende karakteristisk bøyefasthet, elastisitetsmodul og densitet.

Strength classes in NS-EN 338 with corresponding characteristic bending strength, modulus of elasticity and density.

Fasthetsklasser NS-EN 338	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Kar. bøyefasthet [N/mm^2]	14	16	18	22	24	27	30	35	40
Kar. elastisitetsmodul [kN/mm^2]	7	8	9	10	11	12	12	13	14
Kar. densitet [kg/m^3]	290	310	320	340	350	370	380	400	420

For at kravet til en fasthetsklasse skal være oppfylt, skal både bøyefasthet, elastisitetsmodul og densitet tilfredsstille verdiene i tabell 1.

Beregninger (Hoffmeyer 1995) har vist at en vanlig handelskvalitet for nordisk konstruksjonstrevirke antakelig har en karakteristisk bøyefasthet på 27 N/mm^2 i usortert tilstand, og med en middelvei på 45 N/mm^2 .

2.2. Visuell og maskinell styrkesortering

Trevirke brukt som konstruksjonsmateriale sorteres enten visuelt eller maskinelt, og klassifiseres i ulike *sorteringsklasser* eller *fasthetsklasser*. Reglene for visuell sortering av konstruksjonstrevirke er gitt i NS-INSTA 142 (Norges Standardiseringsforbund 1997), og for maskinell sortering av konstruksjonstrevirke i NS-EN 519 (Norges Standardiseringsforbund 1995 IV).

NS-INSTA 142 er en fellesnordisk standard som oppfyller kravene i NS-EN 518 (Norges Standardiseringsforbund 1995 III), og aksepteres av landene tilknyttet den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN. NS-INSTA 142 angir fire *sorteringsklasser* T0, T1, T2 og T3 for vanlig konstruksjonstrevirke. Korresponderende *fasthetsklasser* i NS-EN 338 er gitt i tabell 2.

Tabell 2. Sorteringsklasser i NS-INSTA 142 med tilhørende fasthetsklasser i NS-EN 338.

Grading classes in NS-INSTA 142 with corresponding strength classes in NS-EN 338.

Sorteringsklasser i NS-INSTA 142	T0	T1	T2	T3
Fasthetsklasser i NS-EN 338	C14	C18	C24	C30

Maskinell styrkesortering av konstruksjonstrevirke kan foretas direkte i alle de ni fasthetsklassene angitt i NS-EN 338, forutsatt at det finnes godkjente innstillingsverdier for de ulike styrkesorteringsmaskinene.

2.3. Styrkesorteringsmaskiner i Norge

I Norge finnes det i dag tre ulike typer styrkesorteringsmaskiner. Pr. juli 1999 var det 8 Tecmach, 8 Computermatic og 13 Dynagrade styrkesorteringsmaskiner i operativ drift. Disse 29 styrkesorteringsmaskinene er alle underlagt kontroll av Norsk Trelastkontroll, og godkjent i overensstemmelse med NS-EN 519.

Tecmach og Computermatic er såkalte "bøyebaserte styrkesorteringsmaskiner" som bygger på sammenhengen mellom stivhet og fasthetsegenskaper i trevirket. Dynagrade er en "dynamisk styrkesorteringsmaskin" som bygger på sammenhengen mellom trevirkets egenfrekvens og dets fasthetsegenskaper. Sistnevnte maskin er en ny styrkesorteringsmaskin som første gang ble godkjent i Norge høsten 1997, og siden da har blitt den mest dominerende maskintypen. Registreringene som gjøres av styrkesorteringsmaskinene, enten det er stivhet (Tecmach og Computermatic) eller det er egenfrekvensen (Dynagrade), betegnes som *Indicating Property* (IP).

2.4. Sorteringsnøyaktighet

Sorteringsnøyaktigheten hos styrkesorteringsmaskinene uttrykkes vanligvis gjennom en forklaringskoeffisient (r^2). Forklaringskoeffisienten viser hvor stor andel av den totale variasjonen som kan forklares ved hjelp av regresjonsmodellen der en eller flere variable inngår. For styrkesorteringsmaskinene vil IP være en av variablene. Forklaringsskoeffisienten kan anta en verdi mellom 0 og 1, hvor en liten verdi betyr at regresjonsmodellen forklarer lite av variasjonen, mens en høy verdi indikerer at regresjonsmodellen forklarer en stor del av den totale variasjonen. Tabell 3 viser hvor god sammenhengen mellom IP fra styrkesorteringsmaskinene og materialfastheten i trevirket er for disse tre maskinene.

Som det framgår av tabell 3, er forklaringskoeffisienten mellom IP fra styrkesorteringsmaskinene og bøye-/strekkfasthet i trevirket omkring 0,50. Det betyr at registreringene fra styrkesorteringsmaskinene bare forklarer omkring 50 % av variasjonen i bøye-/strekkfasthet hos trevirket. NS-EN 519 krever at

styrkesorteringsmaskinene skal ha en forklaringskoeffisient på minst 0,45 mellom IP og bøyefasthet, og en forklaringskoeffisient på minst 0,50 mellom IP og elastisitetsmodul.

Tabell 3. Sorteringsnøyaktighet uttrykt i forklaringskoeffisienten (r^2) for sammenhengen mellom IP og materialfasthet for ulike maskintyper.
Grading accuracy expressed in the coefficient of determination (r^2) for the relation between IP and material strength for different machine types.

MASKINTYPE Kilde	Forklaringskoeffisient r^2	
	Bøyefasthet	Strekfasthet
TECMACH Hoffmeyer (1990) Johansson <i>et al.</i> (1992) Boström (1994) Boström (1994) Boström (1994) Johansson <i>et al.</i> (1998) Solli (1998)	0,36 0,55 0,51 0,48 0,73 0,47	0,64 0,50
COMPUTERMATIC Foslie (1978) Lackner <i>et al.</i> (1988) Johansson <i>et al.</i> (1992) Boström (1994) Boström (1994) Boström (1994) Boström (1997 II) Boström (1997 II) Boström (1997 II) Boström (1997 II) Boström (1997 II) Johansson <i>et al.</i> (1998)	0,63 0,55 0,49 0,41 0,60 0,62 0,34 0,49 0,21 0,52 0,48	0,66 0,44
DYNAGRADE Boström (1997 I) Johansson <i>et al.</i> (1998)	0,52	0,47

Fordi sorteringsnøyaktigheten hos maskinene er relativt lav, er man ikke i stand til å utnytte trevirkets kvaliteter godt nok. Forklaringskoeffisienten er normalt lavere for visuell styrkesortering enn ved maskinell styrkesortering. Visuell styrkesortering med hensyn til kvister og årringbredde vil gi en forklaringskoeffisient på omkring 0,35-0,40 (Hoffmeyer 1995). Ved å kombinere maskinell og visuell styrkesortering, kan man derfor øke sorteringsnøyaktigheten slik at man under optimale forhold kan få en forklaringskoeffisient på omkring 0,60-0,75 (Hoffmeyer 1995). For maskinell styrkesortering er det derfor krav (Norges Standardiseringsforbund 1995 IV) til visuell tilleggssortering av egenskaper/feil som maskinen ikke er i stand til å detektere.

De bøyebaserte styrkesorteringsmaskinene (Tecmach og Computermatic) er ikke i stand til å registrere stivheten i hver virkesende (ca. 0,5 m i hver ende). Kvist og fiberhelling skal derfor sorteres visuelt i endepartiene for disse to maskintypene. For alle de tre styrkesorteringsmaskinene skal hele virkesstykket sorteres visuelt med hensyn til sprekk, deformasjon, vankant, kvaelommer, føyre, insektskade og andre unormale feil. Norsk Trelastkontroll har egne krav til visuell tilleggs-sortering som er strengere enn hva som angis i NS-EN 519.

2.5. Treslag, dimensjon, fuktighet og sorteringshastighet

Ulike treslag har ulike mekaniske egenskaper. I Holzatlas (Wagenführ 1996) oppgis gjennomsnittlig bøyefasthet og elastisitetsmodul for små feilfrie prøver av gran til å være henholdsvis 78 N/mm² og 11.000 N/mm². For furu oppgis tilsvarende verdier å være henholdsvis 80 N/mm² og 12.000 N/mm². Brundin (1981) har i et forsøk med maskinell styrkesortering undersøkt sammenhengen mellom elastisitetsmodul og bøyefasthet for furu og gran, og fant at forskjellen mellom treslagene for konstruksjonsdimensjoner var ubetydelig. Innstillingsverdiene som har vært benyttet for de bøyebaserte styrkesorteringsmaskinene, bygger på disse resultatene, og de samme innstillingsverdiene er derfor gjort gjeldende for både furu og gran. Sortering av furu vil derfor være til sikker side med hensyn til styrkeegenskaper. For Dynagrade, som er en dynamisk styrkesorteringsmaskin, foreligger det separate innstillingsverdier for gran og furu.

For de to bøyebaserte styrkesorteringsmaskinene (Tecmach og Computermatic), vil det være ulike innstillingsverdier for de forskjellige dimensjonene. Innstillingsverdiene bygger på resultatene til Brundin (1981), hvor de fire dimensjonene 38 mm × 150 mm, 50 mm × 100 mm, 50 mm × 150 mm og 50 mm × 200 mm ble undersøkt. I rapporten framkommer det at dimensjonen kan påvirke sammenhengen mellom maskinmålt elastisitetsmodul og den sanne elastisitetsmodulen, men grunnlagsmaterialet er for lite til å trekke entydige konklusjoner. Innstillingsverdiene bygger derfor på at sammenhengen mellom maskinmålt elastisitetsmodul og sann elastisitetsmodul er lik for alle dimensjoner. Senere forsøk (Boström 1997 II, Solli 1998) har imidlertid vist at denne sammenhengen ikke er lik. Dette medfører at sortering av dimensjoner med tykkelse større enn 50 mm gir en dårligere sammenheng, men til sikker side med hensyn til trevirkets styrkeegenskaper (Solli pers. med.). Resultatet av dette er at sortering av trevirke med større tykkelser gir en undervurdering av styrken, og dermed et dårligere sorteringsutbytte. I nyere utarbeidete innstillingsverdier, som *ikke* ligger til grunn for materialet i denne rapporten, er det korrigert for dette (Boström 1997 II, Solli 1998). For Dynagrade styrkesorteringsmaskin er egenfrekvensen uavhengig av dimensjonen.

Det er en kjent sak at trevirkets elastisitetsmodul øker med avtagende fuktighet under fibermetningspunktet. Med andre ord, jo tørrere trevirket blir, jo stivere og sterkere blir det. Det er vanlig å anta at elastisitetsmodulen øker med 2 % pr. prosentenhet reduksjon i fuktighet under fibermetningspunktet (Norges Standardiseringsforbund 1995 II). For Tecmach og Computermatic foreligger derfor innstillingsverdier for trevirke med fuktighet > 14 % og for trevirke med

fuktighet fra 10-14 %. Innstillingsverdiene for trevirke med fuktighet > 14 % benyttes ved sortering av vanlig bygningslast, mens innstillingsverdiene for trevirke med fuktighet 10-14 % benyttes ved sortering av limtrelameller som vanligvis har en lavere fuktighet. For Dynagrade styrkesorteringsmaskin er innstillingsverdiene utarbeidet for trevirke med 12 % fuktighet. Forsøk (Boström 1997 I) viser at for denne maskinen avtar IP med 1,2 % pr. prosentenhet økning i fuktighetsinnhold i forhold til 12 %. Resultatet av dette er at ved sortering av trevirke med høyere fuktighet enn 12 %, vil trevirkets fasthetsegenskaper undervurderes og utbyttet vil bli lavere. For denne styrkesorteringsmaskinen arbeides det derfor med å utarbeide innstillingsverdier for trevirke med høyere fuktighet enn 12 %.

For Dynagrade styrkesorteringsmaskin er det dokumentert (Boström 1997 I) at sorteringshastigheten ikke påvirker IP. Maskinen er derfor godkjent etter NS-EN 519 for inntil 100 biter/minutt. For Computermatic er det vist (Boström 1997 II) at økt sorteringshastighet reduserer IP, men sorteringen er til sikker side. Ved godkjenning av maskinen i henhold til NS-EN 519 er det derfor satt en begrensning på 105 m/minutt, da det ikke er foretatt forsøk med høyere hastighet. For Tecmach har Solli (1998) funnet at sorteringshastigheten ikke påvirker IP innenfor hastighetene som ble testet (40 og 100 m/minutt). Ved godkjenning i henhold til NS-EN 519 ble det derfor satt en begrensning på 120 m/minutt for Tecmach. For bedriftene er det ofte ønskelig å opprettholde en høy produktivitet framfor å få størst mulig utbytte i de høyeste fasthetsklassene. Dette gir seg utslag i at man sorterer ved høy hastighet og forskyver utbyttefordelingen mot lavere fasthetsklasser.

2.6. Utbytte ved maskinell styrkesortering

Ved maskinell styrkesortering av konstruksjonstrevirke, vil utbyttefordelingen i de ulike fasthetsklassene være avhengig av antall fasthetsklasser som sorteres, trevirkets styrkeegenskaper og sorteringsnøyaktigheten ved sorteringssystemet (maskin + visuell tilleggsortering). Utbyttet fra styrkesorteringsmaskinene vil derfor være en indikator på styrkeegenskapene hos trevirket som er sortert. Store andeler i de høye fasthetsklassene kan indikere trevirke med gode styrkeegenskaper. I praksis vil ofte en stor etterspørsel etter bestemte fasthetsklasser (for eksempel C18) være viktigere enn hva som er mulig å få ut av de høyeste fasthetsklassene.

Solli (1995) har i en spørreundersøkelse undersøkt utbyttet fra maskinell styrkesortering i Finland, Sverige og Norge. Resultatene er gitt i tabell 4.

Benevnelsene på *sorteringsklassene* i tabell 4 er gamle, men kan hovedsakelig sammenlignes med *fasthetsklassene* i NS-EN 338 som angitt. For Sverige og Norge vil *sorteringsklassen* T30M i praksis si *fasthetsklasse* C30 og bedre. Utbyttet er vanskelig å sammenligne, da man sorterer i ulike klasser/kombinasjoner i de tre landene.

Tabell 4. Utbytte fra maskinell styrkesortering i Finland, Sverige og Norge (Solli 1995).

Yield from machine strength grading in Finland, Sweden and Norway (Solli 1995).

Fasthetsklasser i NS-EN 338	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Finland Sorteringsklasse Utbytte			T18M 4 %	M50 8 %	T24M 12 %	M75 49 %	T30M 18 %		T40M 9 %
Sverige Sorteringsklasse Utbytte			T18M 23 %		T24M 36 %		T30M 41 %		
Norge Sorteringsklasse Utbytte	T12M 7 %		T18M 17 %		T24M 34 %		T30M 42 %		

Bak tallene i tabell 4 er det for Finland 15 bedrifter, for Sverige 6 bedrifter og for Norge 7 bedrifter.

Boström (1994) har i forsøkssammenheng sammenlignet fire ulike styrkesorteringsmaskiner, og blant annet undersøkt utbyttet for tre ulike dimensjoner av gran. Resultatet for Tecmach og Computermatic styrkesorteringsmaskiner er gjengitt i tabell 5.

Den store forskjellen i sorteringsutbytte for de ulike dimensjonene (tabell 5) kan delvis forklares i trevirkets opprinnelse og forhåndssortering. Dimensjonene 45 mm × 120 mm og 70 mm × 170 mm var tysk trelast som var forhåndssortert, mens dimensjonen 45 mm × 195 mm var svensk sagfallende trelast. Trevirket hadde en fuktighet fra 10-15 %. Når det gjelder forskjellen i sorteringsutbyttet mellom de to maskintypene, kan en medvirkende årsak være innstillingsverdiene. Disse verdiene er utarbeidet for Computermatic, og samme modell er benyttet for utarbeidelse av innstillingsverdiene til Tecmach. Avstanden som nedbøyningen måles over, er imidlertid litt forskjellig for de to maskintypene, slik at det ikke er helt korrekt å benytte samme modell.

Tabell 5. Utbytte ved sortering av gran i tre ulike dimensjoner med to ulike styrkesorteringsmaskiner (Boström 1994).

Yield from grading of Norway spruce of three different dimensions with two different strength grading machines (Boström 1994).

Maskintype Dimensjon	C18	C24	C30
Tecmach			
45 mm × 120 mm	1 %	16 %	83 %
70 mm × 170 mm	1 %	19 %	80 %
45 mm × 195 mm	8 %	33 %	57 %
Computermatic			
45 mm × 120 mm	0 %	1 %	99 %
70 mm × 170 mm	3 %	26 %	71 %
45 mm × 195 mm	5 %	16 %	79 %

Johansson *et al.* (1992) har sammenlignet maskinell (Computermatic) og visuell (NS-INSTA 142 1997) styrkesortering av gran, og resultatene er gjengitt i tabell 6. Trelasten som ble benyttet til forsøket kom fra Sør-Tyskland og Sverige, og ble sortert ved 12 % fuktighet. Som det framgår av tabell 6, vil det ved maskinell styrkesortering være en betydelig oppgradering av trelasten til fasthetsklasse C30 i forhold til visuell sortering.

Tabell 6. Utbytte ved maskinell og visuell styrkesortering av gran (Johansson et al. 1992).

Yield by machine and visual strength grading of Norway spruce (Johansson et al. 1992).

Fasthetsklasser i NS-EN 338		C14	C18	C24	C30
Visuell sortering	utlegg	T0	T1	T2	T3
58 mm × 120 mm	0 %	4 %	34 %	44 %	18 %
34 mm × 145 mm	1 %	26 %	49 %	19 %	5 %
Maskinell sortering	utlegg		T18M	T24M	T30M
58 mm × 120 mm	0 %		8 %	42 %	50 %
34 mm × 145 mm	1 %		3 %	24 %	72 %

I en undersøkelse omkring styrkesortering av gran, har Lackner og Foslie (1988) sammenlignet visuell og maskinell styrkesortering fra tre steder i Sør-Norge. Den visuelle sorteringen er utført i henhold til NS 3080 (Norges Standardiseringsforbund 1988), og den maskinelle sorteringen er gjennomført med Computermatic styrkesorteringsmaskin. Disse resultatene er framstilt i tabell 7.

Som det framgår av tabell 7, vil maskinell styrkesortering gi en betydelig oppgradering av treverkets styrke i forhold til visuell sortering.

*Tabell 7. Utbytte ved maskinell og visuell styrkesortering av gran
(Lackner og Foslie 1988).*

Yield from machine and visual strength grading of Norway spruce (Lackner and Foslie 1988).

Dimensjon [mm × mm]	Fasthetsklasser i NS-EN 338	C14	C18	C24	C30	C40
36 × 98	Visuell sortering	T12	T18	T24	T30	
	Bedrift 1	20 %	20 %	30 %	30 %	
	Bedrift 2	11 %	26 %	32 %	31 %	
	Bedrift 3	11 %	40 %	23 %	27 %	
	Maskinell sortering	T12M	T18M	T24M	T30M	T40M
	Bedrift 1	1 %	14 %	33 %	41 %	10 %
	Bedrift 2	0 %	7 %	51 %	37 %	6 %
	Bedrift 3	0 %	0 %	10 %	61 %	29 %
48 × 198	Visuell sortering	T12	T18	T24	T30	
	Bedrift 1	20 %	23 %	31 %	26 %	
	Bedrift 2	24 %	27 %	32 %	17 %	
	Bedrift 3	16 %	20 %	29 %	36 %	
	Maskinell sortering	T12M	T18M	T24M	T30M	
	Bedrift 1	13 %	31 %	33 %	22 %	
	Bedrift 2	10 %	43 %	39 %	8 %	
	Bedrift 3	0 %	9 %	42 %	49 %	

Resultatene framstilt i tabellene 4, 5, 6 og 7 indikerer imidlertid en svært stor variasjon i utbyttefordeling mellom de ulike sorterings-/fasthetsklassene. Faktorer som sannsynligvis påvirker resultatene, kan være forhåndssortering av virket, trefuktighet, dimensjon, trevirkets opprinnelse, samt driftsbetingelser som maskininnstilling og matehastighet. Det er derfor vanskelig å sammenligne resultatene direkte fra disse undersøkelsene.

3. Materiale og metode

3.1. Datainnsamling

Alle bedrifter med styrkesorteringsmaskin i Norge er tilknyttet Norsk Trelastkontroll, og er forpliktet til å føre en produksjonsjournal for styrkesorteringsmaskinen. Denne journalen skal inneholde elementer som treslag, dimensjon, fuktighet, innstillinger, utbyttefordeling, avvik etc. Vinteren 1999 ble det sendt ut et brev til disse bedriftene med forespørsel om å få tilsendt en kopi av produksjonsjournalen for bedriftens styrkesorteringsmaskin for andre halvår i 1998. Brevet ble sendt ut til 23 bedrifter. Dataene som er benyttet i denne rapporten, kommer fra 18 av bedriftene. De resterende fem bedriftene hadde ikke relevante data. Dette skyldtes at produksjonsjournalen var utarbeidet på en annen måte, eller at det ikke var produsert noe i tidsrommet. Tabell 8 gjengir sammendrag for det innsamlede datamaterialet.

Tabell 8. Sammendrag av innsamlet data fra norske styrkesorteringsmaskiner høsten 1998.

Summary of Collected data from Norwegian strength grading machines, autumn 1998.

Antall bedrifter/maskiner	18
- Tecmach	7
- Computermatic	8
- Dynagrade	3
Antall produksjonsserier	764
Antall trelastbiter	2.638.536
Volum (lengde 4,7 m)	75.865 m ³
Treslag	gran og furu

I produksjonsjournalene representerer en produksjonsserie vanligvis sortering av en gitt dimensjon med uttak av bestemte fasthetsklasser. Utbyttefordeling oppgis vanligvis som antall trelastbiter fordelt på de ulike fasthetsklassene. Det er ikke foretatt sammenligninger av utbyttefordeling mellom de to treslagene gran og furu, fordi andelen furu er svært begrenset i materialet. For hver utbyttefordeling er det imidlertid angitt treslag (gran eller furu, eller gran og furu).

3.2. Beregninger

Resultatene i form av utbyttefordeling i prosent, er beregnet ut fra antall trelastbiter i hver fasthetsklasse. Volumet framkommer ikke i produksjonsjournalene, slik at volumet som det refereres til er beregnet ut fra en gjennomsnittslengde på 4,7 m.

Datamaterialet er analysert med hensyn til utbyttefordeling for ulike fasthetsklasser og dimensjoner. Antall trelastbiter sortert i hver serie, og antall serier vil variere mye for hver dimensjon. Materialet er ikke analysert med hensyn til utbyttefordeling for de ulike styrkesorteringsmaskinene.

3.3. Sorteringskombinasjoner

Med sorteringskombinasjon menes i denne rapporten kombinasjonen av fasthetsklasser som sorteres ut i en operasjon. En vanlig sorteringskombinasjon for konstruksjonstrevirke er "C18 og bedre". Dette innebærer at man minimum må stille inn én fasthetsklasse på styrkesorteringsmaskinen, slik at enten er trelastbiten over klassegrensen og blir merket C18, eller så er den under klassegrensen og registreres som "reject" (utlegg). Det er allikevel fullt mulig, og ikke uvanlig, at man også stiller inn klassegrensene for C24 og C30, slik at disse utbyttefordelingene blir registrert, men at konstruksjonstrevirket vil bli merket som C18. I materialet som er samlet inn, er det kun Computermatic styrkesorteringsmaskin som har registrert fasthetsklasse C40. For konstruksjonstrevirket sortert med Tecmach og Computermatic styrkesorteringsmaskiner er klassegrensene for de ulike fasthetsklassene *uavhengig* av sorteringskombinasjonen. For Dynagrade styrkesorteringsmaskin er klassegrensene for de ulike fasthetsklassene *avhengig* av sorteringskombinasjonen.

Sortering av fasthetsklassene C24 og C16 i kombinasjon er for eksport til Storbritannia. Denne sorteringen er underlagt kontroll av BM TRADA Certification og gjennomføres av Norsk Treteknisk Institutt. Ved denne sorteringen benyttes det egne innstillingsverdier gitt av BM TRADA Certification.

3.4. Usikkerhet i materialet

I materialet som er samlet inn, finnes det ingen oversikt over om noe av trelasten er skåret av importert tømmer. I 1998 ble det importert 700.000 m³ sagtømmer til Norge (Trelastindustriens Landsforening 1998). 70 % av dette kom fra Sverige, 2 % fra Russland og 7 % fra Estland. Det er grunn til å tro at noe av materialet som er behandlet i denne rapporten, har sin opprinnelse fra importert tømmer.

Av produksjonsjournalene framgår det ikke om trevirket i noen grad er forhåndssortert. Det finnes mange varianter for hvor i produksjonslinja styrkesorteringsmaskinen er plassert. Noen bedrifter har styrkesorteringsmaskinen plassert på tørrsorteringen og foretar styrkesortering på sagfallende skurlast. Andre bedrifter har styrkesorteringsmaskinen plassert etter høvelmaskinen, og

foretar styrkesortering på justert skurlast som er forhåndssortert på tørrsorteringen. I tillegg kan styrkesorteringsmaskinen være plassert foran høvelmaskinen, eller som en egen avdeling eller linje. For Tecmach og Computermatic foretas visuell tilleggssortering alltid etter styrkesorteringsmaskinen, mens det for Dynagrade ikke er uvanlig at den visuelle tilleggssorteringen foretas før styrkesorteringsmaskinen. For materialet i denne rapporten er tallene fra Tecmach og Computermatic avlest fra maskinen uten korrigering for visuell tilleggssortering. For Dynagrade inneholder tallene en korleksjon for visuell tilleggssortering.

Skurlast har vanligvis en større variasjon i dimensjon enn justert skurlast. Dersom man ved innstilling av styrkesorteringsmaskinen (Tecmach og Computermatic) ikke korrigerer for dimensjonsavvik i forhold til nominell dimensjon, vil dette kunne påvirke utbyttet i de ulike fasthetsklassene. Eksempel kan være at man stiller inn maskinen på 50 mm × 150 mm, mens den virkelige dimensjonen er 51 mm × 152 mm. En eventuell sortering slik som angitt i eksempelet, vil gi en feilsortering på 7,5 % til usikker side.

I produksjonsjournalene angis det en fuktighet som bygger på stikkmålinger gjort med elektriske fuktighetsmålere. Erfaringsmessig er det stor variasjon i nøyaktigheten til disse målerne. Som beskrevet i kapittel 2.5, har fuktigheten stor innflytelse på de fleste styrkeegenskapene til trevirket. Hvorvidt trevirket har en fuktighet på 12, 15 eller 20 %, vil derfor i stor grad påvirke utbyttefordelingen. I resultatene er det bare skilt mellom trevirke til vanlig byggeformål (ca. 15-20 % fuktighet) og trevirke til limtreklameller (ca. 10-15 % fuktighet).

Alle bedrifter med styrkesorteringsmaskiner i Norge er tilsluttet Norsk Trelastkontroll. Dette innebærer at bedriften er underlagt kontroll av styrkesorteringsmaskinen to ganger i året. Kontrollen omfatter maskinenes tekniske stand og målenøyaktighet, og sikrer at styrkesorteringsmaskinene fungerer som de skal.

4. Resultater

Ved sortering av konstruksjonstrevirke er det vanligst å kjøre de tre fasthetsklassene C30, C24 og C18 i kombinasjon, hvor C30 inneholder en uspesifisert andel C40. Uten at det framkommer av produksjonsjournalene, kan man erfaringsmessig anta at mye merkes bare som fasthetsklasse C18. Dette innebærer at kvaliteten i praksis ofte vil være "C18 og bedre". Fasthetsklassene C24 og C30 benyttes mest til takkonstruksjoner og bjelkelag. Prisdifferansen mellom de tre fasthetsklassene er vanligvis beskjeden. I de følgende tabellene gjengis resultatet etter analysene av produksjonsjournalene. Følgende forkortelser er benyttet:

rej.	Reject (utlegg)
m ³	Volum i m ³ basert på gjennomsnittslengde 4,7 m
ant.	Antall trelastbiter
tre	Treslag gran/furu (g/f)
maskin	Maskintype Tecmach/Computermatic/Dynagrade (t/c/d)

4.1. Utbytte ved ulike sorteringskombinasjoner

Tabell 9 viser utbyttefordelingen pr. fasthetsklasse ved ulike sorteringskombinasjoner.

Tabell 9. Utbyttefordeling pr. fasthetsklasse ved ulike sorteringskombinasjoner.
Yield pr. strength class by different grading combinations.

Sorteringskombinasjon	Fasthetsklasse						m ³	ant.	tre	maskin
	C 40	C 30	C 24	C 18	C 16	rej.				
C40-C30-C24-C18	16 %	23 %	41 %	15 %		5 %	8.917	303.965	g/f	c
C30-C24-C18		47 %	39 %	11 %		3 %	26.477	888.510	g/f	t/c/d
C30-C24-C18 *		45 %	40 %	12 %		3 %	35.394	1.192.475	g/f	t/c/d
C30-C18		55 %		41 %		4 %	1.528	70.662	g/f	c
C24-C18			67 %	27 %		6 %	937	53.105	g	t/c/d
C24			84 %			16 %	6.846	172.457	g/f	c/d
C18				95 %		5 %	12.871	481.624	g/f	t/c/d
C24-C16			53 %		38 %	9 %	3.004	100.194	g	t
Limtrelam. C30-C18		63 %		36 %		1 %	14.186	531.524	g/f	t/c

Den tredje sorteringskombinasjonen (merket med *) er summen av første og andre sorteringskombinasjon, hvor C30 er høyeste fasthetsklasse med en uspesifisert andel C40.

4.2. Utbytte ved ulike dimensjoner

Tabell 10 viser utbyttefordelingen pr. dimensjon sortert etter stigende tykkelse og bredde ved sortering av limtrelameller i fasthetsklassene C18 og C30. Fasthetsklasse C18 inneholder her en uspesifisert andel C24.

Tabell 10. Utbyttefordeling pr. dimensjon for sortering av limtrelameller i fasthetsklassene C18 og C30.

Yield per dimension for grading of glulam laminations with strength classes C18 and C30.

Dimensjon [mm × mm]	Fasthetsklasse				m ³	ant.	tre	maskin
	C 30	C 24	C 18	rej.				
38 × 90	85 %		15 %	0 %	19	1.192	g	t
38 × 100	68 %		30 %	2 %	320	17.905	g	c
38 × 110	60 %		39 %	1 %	299	15.237	g/f	c
38 × 125	61 %		37 %	2 %	221	9.878	g/f	t/c
38 × 130	75 %		24 %	1 %	1.191	51.310	g/f	t/c
38 × 150	74 %		25 %	1 %	475	17.742	g/f	c
38 × 175	87 %		13 %	0 %	98	3.136	g	c
40 × 200	52 %		46 %	2 %	397	10.571	g	c
40 × 225	44 %		53 %	3 %	570	13.479	g	c
45 × 90	51 %		48 %	1 %	470	24.704	g	t/c
45 × 100	37 %		61 %	2 %	100	4.715	g	t
45 × 110	64 %		35 %	1 %	3.592	154.390	g	t/c
45 × 130	69 %		30 %	1 %	1.902	69.193	g	t/c
45 × 150	69 %		30 %	1 %	1.964	61.896	g	c
45 × 170	51 %		47 %	2 %	1.169	32.519	g	c
45 × 190	45 %		52 %	3 %	67	1.667	g	c
45 × 210	39 %		58 %	3 %	200	4.504	g	c
46 × 210	56 %		42 %	2 %	118	2.129	g	c
46 × 230	34 %		61 %	5 %	161	3.230	g	c
50 × 100	57 %		42 %	1 %	493	20.978	g	c
50 × 125	44 %		55 %	1 %	328	11.149	g	c

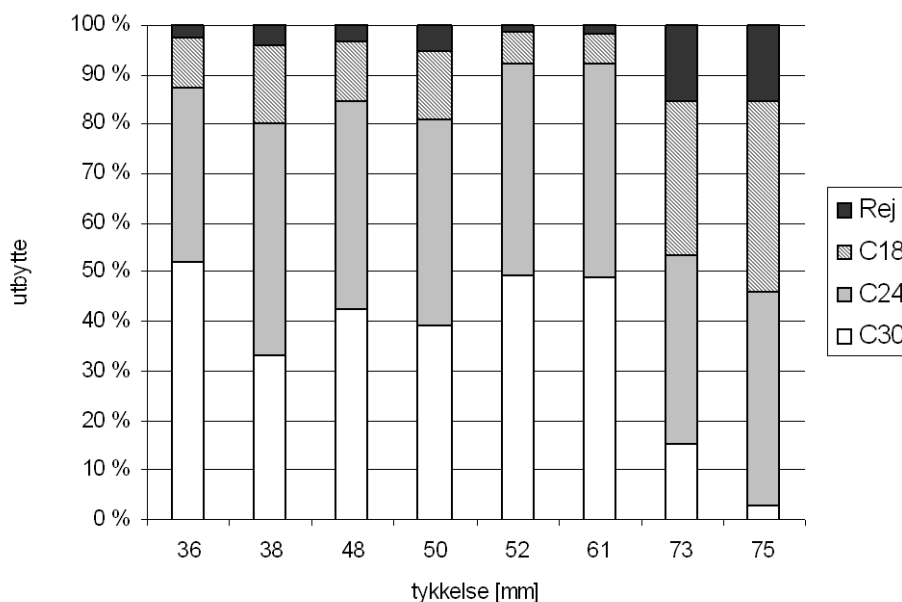
Tabell 11 viser utbyttefordelingen pr. dimensjon sortert etter stigende tykkelse og bredde for sortering av konstruksjonstrevirke i fasthetsklassene C30, C24 og C18.

Tabell 11. Utbyttefordeling pr. dimensjon ved sortering av fasthetsklassene C30, C24 og C18.
Yield per dimension by grading of the strength classes C30, C24 and C18.

Dimensjon [mm × mm]	Fasthetsklasse				m ³	ant.	tre	maskin
	C 30	C 24	C 18	rej.				
36 × 73	25 %	30 %	42 %	3 %	47	3.801	g/f	t/c
36 × 98	56 %	34 %	8 %	2 %	2.216	133.613	g/f	t/c
36 × 123	60 %	33 %	6 %	1 %	1.079	51.850	g	t/c
36 × 148	51 %	35 %	11 %	3 %	3.670	146.572	g/f	t/c
36 × 173	51 %	35 %	11 %	3 %	301	10.272	g	t
36 × 198	47 %	38 %	12 %	3 %	3.168	94.572	g/f	t/c
36 × 223	38 %	40 %	17 %	5 %	695	18.426	g/f	t/c
38 × 75	40 %	46 %	11 %	3 %	38	2.865	g	c
38 × 90	26 %	55 %	16 %	3 %	71	4.436	g	t
38 × 100	26 %	52 %	17 %	5 %	699	39122	g	t/c/d
38 × 125	47 %	37 %	12 %	4 %	277	12.396	g	t/c
38 × 150	36 %	45 %	15 %	4 %	1.224	45.692	g	t/c/d
38 × 175	30 %	46 %	21 %	3 %	230	7.350	g	t/c
38 × 200	34 %	46 %	16 %	4 %	819	22.923	g	t/c
38 × 225	46 %	34 %	14 %	6 %	65	1.606	g	t
48 × 98	49 %	39 %	10 %	2 %	3.440	155.579	g/f	t/c
48 × 123	61 %	32 %	5 %	2 %	327	11.773	g/f	t/c
48 × 148	43 %	41 %	12 %	4 %	2.816	84.332	g/f	t/c
48 × 173	40 %	42 %	14 %	4 %	1.204	30.855	g	t/c
48 × 198	37 %	45 %	14 %	4 %	4.764	106.649	g/f	t/c
48 × 223	26 %	50 %	20 %	4 %	1.845	36.667	g	t/c
48 × 248	14 %	54 %	27 %	5 %	55	975	g	t
50 × 75	38 %	43 %	13 %	6 %	115	6.522	g	t/c
50 × 100	47 %	36 %	14 %	3 %	960	40.855	g	t/c/d
50 × 125	45 %	45 %	8 %	2 %	361	12.293	g/f	t/c
50 × 150	44 %	40 %	10 %	6 %	1.167	33.098	g	t/c/d
50 × 175	41 %	44 %	10 %	5 %	150	3.640	g/f	t/c
50 × 200	31 %	45 %	17 %	7 %	2.552	54.299	g	t/c/d
50 × 225	33 %	47 %	13 %	7 %	681	12.871	g	t/c
50 × 250	32 %	41 %	17 %	10 %	12	204	g	c
52 × 150	50 %	43 %	6 %	1 %	71	1.938	g	t
61 × 148	56 %	40 %	4 %	0 %	9	210	g	c
61 × 198	39 %	48 %	9 %	4 %	8	149	g	c
73 × 148	38 %	47 %	10 %	5 %	43	850	g/f	c
73 × 198	8 %	31 %	42 %	19 %	96	1.409	g/f	c
73 × 223	4 %	41 %	35 %	20 %	51	663	g	c
75 × 175	3 %	43 %	39 %	15 %	71	1.148	g	t

4.3. Utbytte ved ulike tykkelser

Figur 1 viser en grafisk framstilling av utbyttefordelingen ved sortering av konstruksjonstrevirke med ulik tykkelse. Tabellen bygger på tall fra tabell 11, og viser utbyttefordelingen for fasthetsklassene C30, C24 og C18.

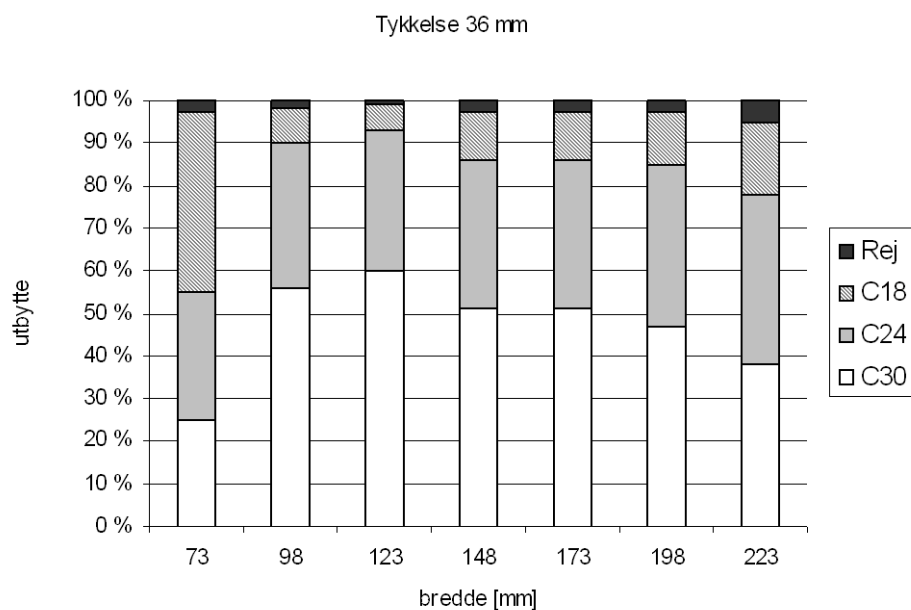


Figur 1. Utbyttefordeling pr. tykkelse ved sortering av fasthetsklassene C30, C24 og C18.
Yield per thickness by grading of the strength classes C30, C24 and C18.

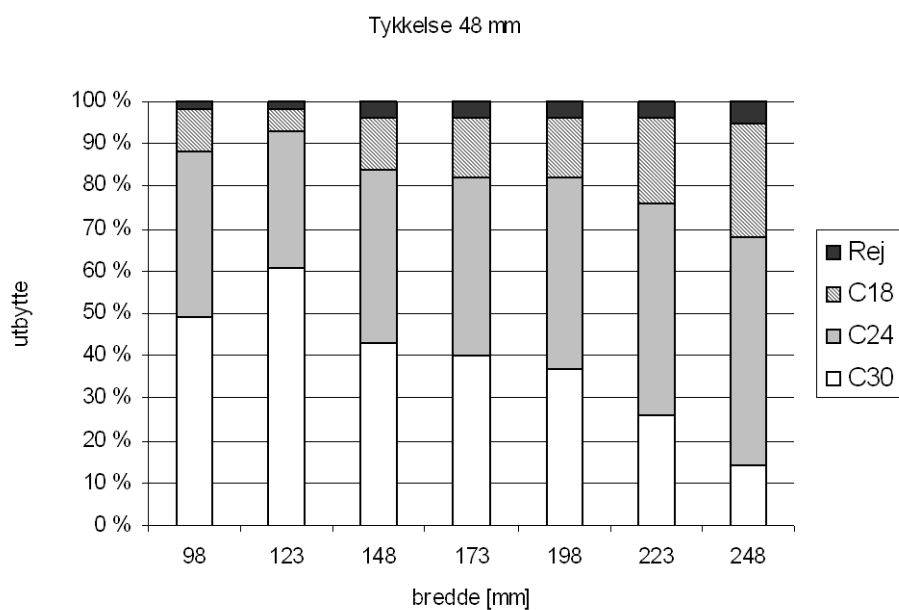
Antallet trelastbiter som ligger bak utbyttefordelingen til tykkelsene 52, 61, 73 og 75 mm, er svært beskjedent i forhold til tykkelsene 36, 38, 48 og 50 mm. Dette gjør at man må være meget varsom med å trekke konklusjoner utelukkende ut fra framstillingen i figur 1.

4.4. Utbytte ved ulike bredder

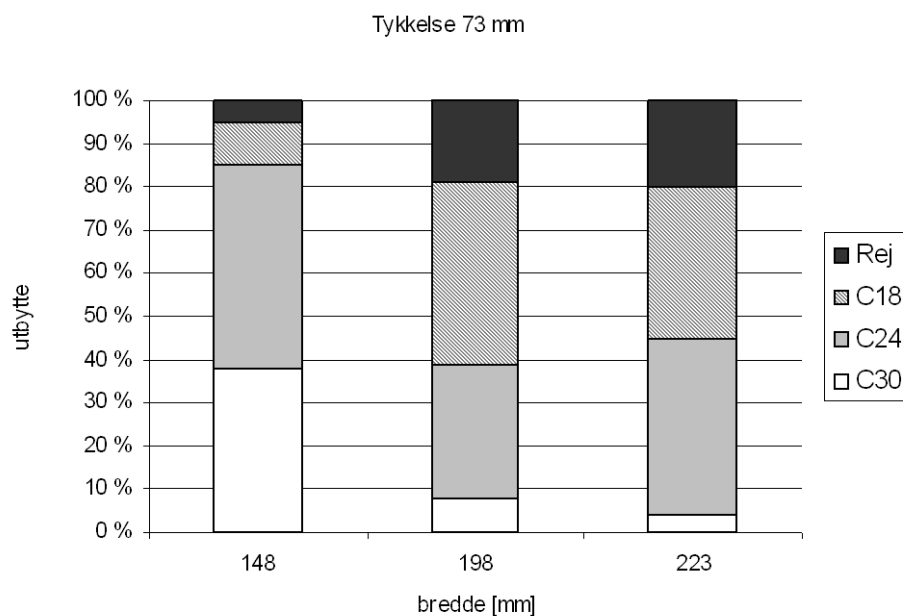
For trelast med tykkelse 36 mm, 48 mm og 73 mm er det i figurene 2-4 illustrert hvordan utbyttefordelingen varierer med bredden. Figurene bygger på tall fra tabell 11 som viser utbyttefordeling ved sortering av fasthetsklassene C30, C24 og C18.



Figur 2. Utbyttefordeling pr. bredde ved sortering av konstruksjonstrevirke med tykkelse 36 mm.
Yield per width by grading of structural timber with thickness 36 mm.



Figur 3. Utbyttefordeling pr. bredde ved sortering av konstruksjonstrevirke med tykkelse 48 mm.
Yield per width by grading of structural timber with thickness 48 mm.



Figur 4. Utbyttefordeling pr. bredde ved sortering av konstruksjonstrevirke med tykkelse 73 mm.
Yield pr. width by grading of structural timber with thickness 73 mm.

Antall trelastbiter som ligger til grunn for utbyttefordelingen til de største breddene er noe begrenset, slik at man må være varsom med å trekke konklusjoner utelukkende ut fra den grafiske framstillingen i figur 2-4.

5. Konklusjon og diskusjon

- Ved maskinell styrkesortering av den vanligste sorteringskombinasjonen i fasthetsklassene C30, C24 og C18 ble følgende utbyttefordeling funnet:

Fasthetsklasse	C30	C24	C18	Utlegg
Utbytte	45 %	40 %	12 %	3 %

Dette betyr at bare 3 % av det sorterte konstruksjonstrevirket ikke tilfredsstiller kravene til den laveste fasthetsklassen (C18) som er den mest vanlige å benytte til bygningsformål i Norge. Hele 45 % av det sorterte konstruksjonstrevirket holder fasthetsklasse "C30 og bedre", 40 % holder fasthetsklasse C24 og 12 % holder fasthetsklasse C18. Dette viser, ikke uventet, at potensialet for å utnytte trevirkets styrkeegenskaper i konstruksjonssammenheng er langt større enn hva som benyttes i praksis. Resultatene i denne undersøkelsen viser en lavere utleggsprosent og høyere andel av fasthetsklassene C24 og C30 enn hva Solli (1995) fant i sin spørreundersøkelse gjeldende Norge.

- Resultatene viser at sortering av limtrelameller i fasthetsklassene C30 og C18 kun gir 1 % utlegg. Videre viser denne sorteringskombinasjonen en C30-andel på hele 63 %. Sorteringskombinasjonen C30 og C18 for konstruksjonstrevirke til vanlig bygningsformål, gir til sammenligning 4 % utlegg og en C30-andel på 55 %. En lavere utleggsandel og høyere andel C30 for limtrelameller kan forklares ut fra en lavere fuktighet og gjennomsnittlig mindre tykkelser. Limtrelameller skal ha en trefuktighet mellom 10-15 %, noe som gir en liten spredning i fuktighetsinnhold. Dette gir igjen en mer korrekt sortering. Som det framgår av tabell 10, sorteres limtrelameller bare med tykkelser fra 38 til 50 mm, som også representerer tykkelsene som ligger til grunn for beregningen av innstillingsverdiene.
- Som det framgår av tabell 10 og 11, er det til dels store variasjoner i utbytte for de ulike dimensjonene. Tabellene vil imidlertid kunne gi bedriftene gode indikasjoner på hvilket utbytte man kan forvente seg for de mest vanlige dimensjonene. I tabell 11 er det to dimensjoner som skiller seg ut med en høy C30-andel. Dette er dimensjonene 36 mm × 123 mm og 48 mm × 123 mm som har en C30-andel på henholdsvis 60 % og 61 %.
- Med et meget beskjedent antall trelastbiter til grunn, ser det ut til at sortering av konstruksjonstrevirke med tykkelse 73 mm og 75 mm gir en høy andel utlegg og lave andeler av de høyeste fasthetsklassene. Innstillingsverdiene for Tecmach og Computermatic er, som tidligere nevnt, beregnet ut fra trevirke med tykkelse 38 mm og 50 mm. Videre har man forutsatt at den samme sammenhengen mellom maskinmålt elastisitetsmodul og sann elastisitetsmodul gjelder for alle dimensjoner. Senere forsøk har vist at denne sammenhengen ikke er lik, og det er derfor ikke uventet at de største

tykkelsene gir et annet utbytte. Dette er imidlertid til sikker side for trevirkets styrkeegenskaper.

- Når det gjelder utbyttefordeling i forhold til bredder, viser alle de tre tykkelsene 36 mm, 48 mm og 73 mm en redusert andel av de høyeste fasthetsklassene når bredden øker. Dette kan også forklares ut fra at man i innstillingsverdiene ikke har korrigert for høydefaktoren (bredden), men forutsatt samme sammenheng uavhengig av bredden på plankene. I nye innstillingsverdier har man imidlertid korrigert for høydefaktoren. Utleggsandelen viser også en økende trend når bredden øker. For tykkelse 36 mm og 48 mm ser det ut til at bredde 123 mm gir den høyeste andelen C30 og laveste andelen utlegg.

6. Litteratur

- Boström, L. 1994. Machine strength grading. Comparison of four different systems. Swedish National Testing and Research Institute Building Technology. SP Report 1994:49.
- Boström, L. 1997 I. Assessment of Dynagrade timber strength grading machine. Swedish National Testing and Research Institute Building Technology, 96B2,1314B.
- Boström, L. 1997 II. Assessment of Computermatic/Micromatic timber strength grading machine. Swedish National Testing and Research Institute Building Technology, SP AR 1997:28, technical note.
- Brundin, J. 1981. Maskinhållfasthetssortering – Sambandet mellom hållfasthet vid böjning på högkant och böjstivhet for svenskt furu- och granvirke. Principer for maskinprogrammering. Svenska Träforskningsinstitutet, STFI-meddelande serie A nr. 543.
- Foslie, M. 1978. Enkelte faktorerers innflytelse på bøyestyrke og elastisitetsmodul hos trevirke. Norsk Treteknisk Institutt, intern rapport.
- Hoffmeyer, P. 1990. Failure of wood as influenced by moisture and duration of load. Doctoral thesis. State University of New York. College of Environmental Science and Forestry. Syracuse, New York.
- Hoffmeyer, P. 1995. Styrkesortering ger mervärde. Del 2 - Tilgjengelig teknik. Laboratoriet for Bygningsmaterialer, Danmarks Tekniske Universitet. Teknisk Rapport 335, 1995.
- Johansson, C.-J., Brundin, J., Gruber, R. 1992. Stress grading of Swedish and German timber. A comparison of machine stress grading and three visual grading systems. Swedish National Testing and Research Institute Building Technology. SP Report 1992:23.
- Johansson, C.J., Boström, L., Bräuner, L., Hoffmeyer, P., Holmqvist, C., Solli, K.H. 1998. Laminations for glued laminated timber – Establishment of strength classes for visual strength grades and machine settings for glulam laminations of Nordic origin. Swedish National Testing and Research Institute Building Technology, SP Report 1998:38.
- Lackner, R., Foslie, M. 1988. Gran fra Vestlandet – styrke og sortering. Norsk Treteknisk Institutt. Meddelelse nr. 74.
- Norges Standardiseringsforbund 1988. NS 3080. Kvalitetskrav til trelast for konstruktive formål. Norges Standardiseringsforbund, 2. utgave 1988.
- Norges Standardiseringsforbund 1995 I. NS-EN 338. Konstruksjonstrevirke. Styrkeklasser. Norges standardiseringsforbund, 1. utgave mai 1995.

- Norges Standardiseringsforbund 1995 II. NS-EN 384. Konstruksjonstrevirke. Bestemmelse av karakteristiske verdier for mekaniske egenskaper og densitet. Norges Standardiseringsforbund, 1. utgave mai 1995.
- Norges Standardiseringsforbund 1995 III. NS-EN 518. Konstruksjonstrevirke. Sortering. Krav til standarder for visuell styrkesortering. Norges Standardiseringsforbund, 1. utgave mai 1995.
- Norges Standardiseringsforbund 1995 IV. NS-EN 519. Konstruksjonstrevirke. Sortering. Krav til maskinelt styrkesortert trevirke og sorteringsmaskiner. Norges Standardiseringsforbund, 1. utgave mai 1995.
- Norges Standardiseringsforbund 1997. NS-INSTA 142. Nordiske regler for visuell styrkesortering av trelast. Norges Standardiseringsforbund, 1. utgave juni 1997.
- Solli, K.H. 1995. Styrkesortering ger mervärde. Del 1 – Spørreundersøkelse. Norsk Treteknisk Institutt, rapport nr. 26.
- Solli, K.H. 1998. Assessment of Tecmach strength grading machine. Norsk Treteknisk Institutt, prosjektnr. 369504.
- Solli, K.H. Personlig meddelelse. Norsk Treteknisk Institutt.
- Trelastindustriens Landsforening 1998. Trelastindustrien i Norge. Årsberetning 1998. Trelastindustriens Landsforbund, Oslo.
- Wagenführ, R. 1996. Holzatlas. Fachbuchverlag Leipzig, 4. Neuarbeitete Auflage 1996.