

skog+
landskap

Forskning fra Skog og landskap

01/2006

**VIRKESEGENSKAPER HOS
GRAN OG FURU FRA
FORSKJELLIGE
LOKALITETER I SØR-NORGE**

**Wood Properties of Spruce and
Pine from Various Sites in
Southern Norway**

Kjell Vadla

ISBN 978-82-311-0002-7

ISBN 82-311-0002-4

ISSN 1890-1662

Forskning fra Skog og landskap - 01/2006

**VIRKESEGGENSKAPER HOS GRAN OG FURU
FRA FORSKJELLIGE LOKALTETER
I SØR-NORGE**

**Wood Properties of Spruce and Pine from Various
Sites in Southern Norway**

Kjell Vadla

ISSN 1890-1662
ISBN 978-82-311-0002-7
ISBN 82-311-0002-4

Omslagsfoto: Skog fra Slørstad i Ås, Akershus, Kjell Vadla

Norsk institutt for skog og landskap, Pb 115, NO-1431 Ås, Norway

FORORD

SSFF-prosjektet «Norsk trevirke som råstoff – Verdiskapingspotensial og industrielle muligheter» er initiert av Skogbrukets og skogindustrienes forskningsforening (SSFF). Det er et kompetanseprosjekt med brukermedvirkning, der det inngår tre doktorgradsarbeider. I prosjektet inngår en rekke aktiviteter (delprosjekter). Virkesegenskaper hos gran og furu utgjør en betydelig del av prosjektet. Undersøkelsene er et samarbeid mellom Norsk Treteknisk Institutt (NTI), Papir- og Fiberinstituttet AS (PFI) og Skogforsk, hvor størstedelen av arbeidet utføres ved NTI og PFI.

Innsamling av forsøksmaterialet pågikk i perioden juni 2002 til september 2004. Sentrale personer i dette arbeidet har vært Terje Birkeland, Arne Drømtoorp, Hans H. Grønlien og Leif Kjøstelsen. Laboratoriearbeidet er utført av Sigrun Kolstad.

Både skogforetak, almenninger, kommuneskoger og private skogeiere har stilt skog til disposisjon, og følgende har bidratt til undersøkelsen:

- Fritzøe Skoger
- Mathiesen Eidsvold Værk ANS
- Stangeskovene AS
- Gran Almanning
- Lunner Almanning
- Stange- og Romedal Almanning
- Nedre Eiker kommuneskoger
- Rendalen kommuneskoger
- Åsnes kommuneskoger
- Frank Uleberg
- John Olav Uleberg
- Øyvind Kjetså

SSFF-prosjektet er finansiert av Norges forskningsråd, Skogtiltaksfondet, norsk treforedlingsindustri og Fondet for treteknisk forskning ved NTI. Videre bidrar mange aktører innenfor skogbruk og skogbasert næring med en betydelig egeninnsats.

Øystein Dale, Kari Hollung og Sigrun Kolstad har lest gjennom manuskriptet og kommet med verdifulle forslag til forbedringer.

Den engelske oversettelsen er utført av Karl Kerner ved Agro Lingua.

Herved takkes alle som har medvirket til at arbeidet ble gjennomført og publisert.

Ås, august, 2006

Kjell Vadla

INNHold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| 1. Innledning | 7 |
| 2. Materiale og metodikk | 7 |
| 2.1. Regioner og høydslag | 7 |
| 2.2. Råstofftyper | 7 |
| 2.3. Tre- og bestandsdata | 7 |
| 2.4. Registreringer og beregninger | 10 |
| 3. Resultater | 12 |
| 3.1. Fysiske egenskaper | 12 |
| 3.1.1. Basisdensitet | 12 |
| 3.1.2. Rådensitet | 13 |
| 3.2. Geometriske egenskaper | 14 |
| 3.2.1. Avsmaling | 14 |
| 3.2.2. Flattrykking | 15 |
| 3.3. Anatomiske egenskaper | 16 |
| 3.3.1. Dobbel barktykkelse | 16 |
| 3.3.2. Barkvolumprosent | 18 |
| 3.3.3. Kjerneved | 19 |
| 4. Diskusjon | 19 |
| Summary | 22 |
| Litteratur | 24 |

SAMMENDRAG

Vadla, K. 2006. Virkesegenskaper hos gran og furu fra forskjellige lokaliteter i Sør-Norge. *Wood Properties of Spruce and Pine from Various Sites in Southern Norway*. Forskning fra Skog og landskap 01/2006: 1 – 25.

Hensikten med arbeidet var å fremskaffe representative tall for basisegenskaper hos bartrevirke fra natur- og kulturskog. Denne rapporten omhandler anatomiske- (bark, kjerneved), fysiske- (basisdensitet, rådensitet) og geometriske egenskaper (avsmaling, flattrykking). Resultatene fra de andre egenskapsundersøkelsene publiseres ved NTI (tekniske-/mekaniske egenskaper, fysiske egenskaper) og PFI (fiberegenskaper, andre anatomiske egenskaper).

Materialet i denne undersøkelsen besto av i alt 132 gran- og 60 furutrær fra forskjellige geografiske områder på Øst- og Sørlandet. Når det gjelder gran, strakk området seg fra Vestfold/Telemark i sør til Stange/Romedal i nord, for furu fra Evje/Hornnes i sør til nord i Østerdalen (Rendalen). Både gran- og furumaterialet ble samlet inn i området fra ca. 100 til 500 m.o.h. Granmaterialet representerer både kultur- og naturskog, mens hele furumaterialet ble samlet inn i naturskog.

Både for gran og furu avtok basisdensiteten med økende årringbredde. Sammenhengen mellom variablene var statistisk sikker ($R^2 = 0.369$ for gran, 0.240 for furu). For hogstmoden kultur- og naturskog av gran var midlere basisdensitet ved rotavskjær henholdsvis 373.8 og 389.4 kg/m^3 , ved 75 % av trehøyden 396.5 og 409.7 kg/m^3 . Når det gjelder tynningsvirke av gran, var middelveidene ved rotavskjær henholdsvis 361.7 (kulturskog) og 412.4 kg/m^3 (naturskog), ved 75 % av trehøyden 346.8 og 401.0 kg/m^3 . Midlere basisdensitet for kulturskog av gran varierte fra 371.4 ved rotavskjær til 386.6 kg/m^3 ved 75 % av trehøyden, for naturskog fra 393.2 til 408.2 kg/m^3 . Midlere basisdensitet for hogstmoden furu varierte fra 493.9 ved rotavskjær til 391.7 kg/m^3 ved 75 % av trehøyden, for tynningsvirke fra 508.4 til 415.3 kg/m^3 .

I tillegg til basisdensiteten påvirkes rådensiteten i sterk grad av vanninnholdet i virket. Kjerneved har betydelig lavere vanninnhold enn yteved. Både hos gran og furu økte rådensiteten fra rotavskjær og oppover stammen. Dette skyldes at kjernevedandelen avtar i samme område. Hos furu var det god sammenheng mellom rådensitet og andel kjerneved ($R^2 = 0.736$). Hogstmoden kultur- og naturskog av gran hadde en midlere rådensitet ved rotavskjær på henholdsvis 728.7 og 736.8 kg/m^3 , ved 75 % av trehøyden 945.9 og 907.6 kg/m^3 . Når det gjelder tynningsvirke av gran, var middelveidene ved rotavskjær henholdsvis 899.8 og 826.1 kg/m^3 , ved 75 % av trehøyden 939.6 og 972.3 kg/m^3 . Midlere rådensitet for kulturskog av gran varierte fra 762.9 kg/m^3 ved rotavskjær til 944.7 kg/m^3 ved 75 % av trehøyden, for naturskog fra 751.7 til 918.7 kg/m^3 . Midlere rådensitet for hogstmoden furu varierte fra 842.4 ved rotavskjær til 935.8 kg/m^3 ved 75 % av trehøyden, hos tynningsvirke fra 882.4 til 1012.0 kg/m^3 .

Kronelengden (%) påvirket avsmalingen. Både hos gran og furu økte avsmalingen med økende kronelengde ($R^2 = 0.223$ for gran, 0.192 for furu). Avsmalingen på bark var minst i området mellom 25 og 50 % av trehøyden. For hogstmoden kultur- og naturskog av gran var midlere avsmaling i dette området henholdsvis 7.8 og 9.4 mm/m , for tynningsvirke 9.5 mm/m for begge råstofftyper, mens middelveidene for kultur- og naturskog var henholdsvis 8.1 og 9.4 mm/m . I hogstmoden furuskog varierte midlere avsmaling mellom 25 og 50 % av trehøyden fra 8.3 til 9.8 mm/m , for tynningsvirke fra 6.2 til 10.1 mm/m . For hogstmoden skog og tynningsvirke av furu var middelveidene henholdsvis 8.8 og 8.1 mm/m .

For alle råstofftyper avtok flattrykkingen fra rotavskjær mot toppen av treet. For hogstmoden kultur- og naturskog av gran var midlere flattrykking ved rotavskjær henholdsvis 1.10 og 1.11 , for tynningsvirke 1.09 og 1.08 . Hos alle råstofftyper av gran hadde de fleste trærne en flattrykkingskoeffisient i brysthøyde på mellom 1.00 og 1.05 (klasse B). For hogstmoden kultur- og naturskog var andel trær henholdsvis 60.4 og 48.3 %, for tynningsvirke 66.7 og 50.0 %. Både hogstmoden skog og tynningsvirke av furu hadde en midlere flattrykking ved rotavskjær på 1.12 . Også hos furu hadde de fleste trærne en flattrykkingskoeffisient i brysthøyde på mellom 1.00 og 1.05 . For hogstmoden skog var treandelen 41.7 %, hos tynningsvirke 50.0 %.

Hos gran ble sammenhengen mellom dobbel barktykkelse og stammediameter best beskrevet ved en lineær funksjon ($R^2 = 0.653$), hos furu ved en eksponentiell funksjon ($R^2 = 0.656$). For hogstmoden kultur- og naturskog av gran var midlere dobbel barktykkelse ved rotavskjær henholdsvis 13.6 og 17.6 mm , ved 75 % av trehøyden 6.9 og 8.3 mm . Når det gjelder tynningsvirke, var midlere dobbel barktykkelse ved rotavskjær

10.3 (kulturskog) og 13.9 mm (naturskog), ved 75 % av trehøyden 4.8 og 5.9 mm . Midlere dobbel barktykkelse for kulturskog av gran varierte fra 12.9 mm ved rotavskjær til 6.5 mm ved 75 % av trehøyden, hos naturskog fra 17.0 til 7.9 mm. Midlere dobbel barktykkelse for hogstmoden furu varierte fra 40.2 mm ved rotavskjær til 5.0 mm ved 75 % av trehøyden, for tynningsvirke fra 32.9 til 4.3 mm.

Gran hadde tilnærmet lik barkvolumprosent mellom rotavskjær og 25 % av trehøyden, mens den økte betydelig videre oppover stammen. Hos furu avtok barkvolumprosenten betydelig fra rotavskjær til omtrent midt på stammen, mens den økte mot toppen. Hogstmoden kultur- og naturskog av gran hadde en midlere barkvolumprosent ved rotavskjær på henholdsvis 8.1 og 9.7, ved 75 % av trehøyden 12.4 og 14.3. Når det gjelder tynningsvirke av gran, var variasjonen ved rotavskjær fra 9.7 til 11.2, ved 75 % av trehøyden fra 14.0 til 15.9. Midlere barkvolumprosent for kulturskog av gran varierte fra 8.4 ved rotavskjær til 12.7 ved 75 % av trehøyden, for naturskog fra 10.0 til 14.6. Midlere barkvolumprosent for hogstmoden furu varierte fra 20.5 ved rotavskjær til 8.6 ved 75 % av trehøyden, for tynningsvirke fra 24.9 til 11.3.

For furu var det sterk sammenheng mellom antall år kjerneved og alder ($R^2 = 0,968$). Kjernevedandelen var størst ved 25 % av trehøyden. For hogstmoden skog og tynningsvirke var midlere kjernevedandel ved forannevnte høydenivå henholdsvis 36.9 og 21.2 %, ved 75 % av trehøyden 13.2 og 4.1 %.

Resultatene i denne rapporten sammen med resultater fremskaffet ved NTI og PFI, er lagret i en felles database. Dette gir en unik mulighet til å kople ulike egenskaper for hvert enkelt tre.

Nøkkelord: Basisdensitet, rådensitet, avsmaling, flattrykking, barktykkelse, barkvolumprosent, kjerneved, furu, gran, naturskog, kulturskog

Key words: Basic density, raw density, taper, ovality, bark thickness, bark volume percentage, heartwood, pine, spruce, natural forest, cultivated forest

1. INNLEDNING

Trevirkets egenskaper varierer med alder, bonitet, topografi, breddegrad og høyde over havet. Av økonomiske grunner valgte vi å konsentrere innsamlingen til noen av de viktigste skogområdene i Sør-Norge, lavlandet på Østlandet samt dalstrøk på Øst- og Sørlandet.

Hensikten med arbeidet var å fremskaffe representative tall for basisegenskaper hos bartrevirke fra natur- og kulturskog. Basisegenskaper er egenskaper som er sentrale for trevirkets anvendbarhet og bruksområde, og det er vanlig å dele disse inn i anatomiske- (årringbredde, andel sommerved, kjerneved, fiberegenskaper, kvist), fysiske- (dimensjon, densitet, krymping, svelling), geometriske- (avsmaling, flattrykking, krok) og tekniske- /mekaniske egenskaper (forskjellige styrkeegenskaper).

Både for gran og furu er det gjennomført flere egningsundersøkelser tidligere. Når det gjelder gran, utførte Gustav G. Klem (Klem 1929a, 1929b, 1930, 1931, 1933, 1934) en rekke omfattende undersøkelser før siste krig. Seinere er det utført undersøkelser av Klem (1965a), Okstad & Kårstad (1985), Isengoma & Nagoda (1987), Okstad (1988) og Vadla (2006). For furu foreligger undersøkelser av Klem (1965b), Mengkrog (1985) og Vadla (2006).

Denne rapporten omhandler anatomiske- (bark, kjerneved), fysiske- (basisdensitet, rådensitet) og geometriske egenskaper (avsmaling, flattrykking). Resultatene fra de andre egningsundersøkelsene publiseres ved NTI (tekniske- /mekaniske egenskaper, fysiske egenskaper) og PFI (fiberegenskaper, andre anatomiske egenskaper).

Tabell 1. Antall bestand og antall trær fordelt på geografiske områder.
Number of stands and trees in the various geographic areas.

| Treslag <i>Species</i> | Geografisk område <i>Geographic area</i> | Forkortelse <i>Shortening</i> | Antall bestand <i>Number of stands</i> | Antall trær <i>Number of trees</i> |
|----------------------------------|--|---|--|--|
| Gran <i>Spruce</i> | Vestfold – Telemark | VeTe | 10 | 60 |
| | Stange – Romedal | StRo | 5 | 30 |
| | Hadeland | Ha | 3 | 18 |
| | Eidsvold – Hurdal | EiHu | 3 | 18 |
| | Aurskog – Høland | AuHø | 1 | 6 |
| | Alle | | | 22 |
| | <i>All</i> | | | |
| Furu <i>Pine</i> | Østerdalen – Glåmdalen | ØsGlå | 4 | 24 |
| | Setesdalen | Se | 4 | 24 |
| | Nedre-Eiker | NeEi | 2 | 12 |
| | Alle | | 10 | 60 |
| | | <i>All</i> | | |

2. MATERIALE OG METODIKK

2.1. Regioner og høydelag

Ved planlegging av materialinnsamlingen ble det tatt utgangspunkt i NIJOS sin inndeling i regioner og høydelag (Hobbelstad 2002). Granmaterialet ble samlet inn fra høydelag H1 (under 200 m.o.h.), H2 (200–400 m.o.h.) og H3 (400–600 m.o.h.) i region R1 (lavlandet på Østlandet) og furu fra samme høydelag i region R2 (dalstrøk på Øst- og Sørlandet).

Gran- og furumaterialet ble samlet inn fra henholdsvis fem og tre forskjellige geografiske områder (Tabell 1).

2.2. Råstofftyper

Granmaterialet kom både fra kultur- og naturskog, mens hele furumaterialet ble samlet inn i naturskog (Tabell 2).

2.3. Tre- og bestandsdata

– Trehøyde og brysthøydediameter

Data for trehøyde og brysthøydediameter er presentert i Tabell 3 (gran) og 4 (furu).

– Alder, bonitet og årringbredde

Det ble beregnet en høydebonitet for hvert tre, basert på boniteringsfunksjoner for gran (Tveite 1977) og furu (Tveite 1976). Data for alder, bonitet og årringbredde er presentert i Tabell 5 (gran) og 6 (furu).

Tabell 2. Råstofftyper av gran og furu fordelt på geografiske områder og høydelag.
Distribution of spruce and pine wood types by geographic area and altitude zone.

| Treslag Species | Råstofftype Wood type | Forkortelse Shortening | Antall bestand Number of stands | Geografisk område Geographic area | Høydelag Altitude zone |
|----------------------------------|---|---|--|--|---|
| Gran <i>Spruce</i> | Kulturskog – hogstmoden <i>Cultivated forest – mature</i> | KuHo | 8 | VeTe, StRo og EiHu | H1, H2 og H3 |
| | Kulturskog – tynning <i>Cultivated forest – thinnings</i> | KuTy | 2 | VeTe | H1 og H2 |
| | Naturskog – hogstmoden <i>Natural forest – mature</i> | NaHo | 10 | VeTe, StRo, Ha og AuHø | H1, H2 og H3 |
| | Naturskog – tynning <i>Natural forest – thinnings</i> | NaTy | 2 | VeTe | H2 og H3 |
| Furu <i>Pine</i> | Naturskog – hogstmoden <i>Natural forest – mature</i> | NaHo | 8 | ØsGlå, Se og NeEi | H1, H2 og H3 |
| | Naturskog – tynning <i>Natural forest – thinnings</i> | NaTy | 2 | Se og NeEi | H1 og H2 |

Tabell 3. Trehøyde og brysthøydediameter fordelt på høydelag hos ulike råstofftyper – gran.
Distribution of tree height and breast height diameter by altitude zone for different types of spruce wood.

| Råstofftype Wood type | Høydelag Altitude zone | Trehøyde (m) Tree height (m) | | | | Brysthøydediameter (mm) Breast height diameter (mm) | | | |
|--|---|---|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | | Max Max | Middel Mean | Min Min | Std.avvik Std. dev. | Max Max | Middel Mean | Min Min | Std.avvik Std. dev. |
| KuHo | H1 | 28.0 | 24.0 | 18.6 | 2.7 | 362.0 | 269.7 | 176.0 | 59.6 |
| | H2 | 27.5 | 24.1 | 18.0 | 2.6 | 354.5 | 251.6 | 181.5 | 54.4 |
| | H3 | 26.2 | 23.9 | 19.0 | 2.5 | 362.0 | 289.6 | 220.5 | 56.4 |
| | Alle <i>All</i> | 28.0 | 24.0 | 18.0 | 2.6 | 362.0 | 267.9 | 176.0 | 57.6 |
| KuTy | H1 | 16.3 | 14.2 | 12.6 | 1.6 | 236.0 | 172.2 | 122.0 | 45.8 |
| | H2 | 18.5 | 16.2 | 13.1 | 2.4 | 262.5 | 185.5 | 115.0 | 60.7 |
| | Begge <i>Both</i> | 18.5 | 15.2 | 12.6 | 2.2 | 262.5 | 178.8 | 115.0 | 51.7 |
| NaHo | H1 | 26.3 | 22.9 | 18.7 | 2.5 | 351.5 | 281.9 | 192.0 | 55.3 |
| | H2 | 27.8 | 22.8 | 18.0 | 2.4 | 354.5 | 266.6 | 184.0 | 54.9 |
| | H3 | 28.4 | 21.0 | 14.1 | 3.6 | 395.5 | 285.0 | 186.5 | 69.8 |
| | Alle <i>All</i> | 28.4 | 22.1 | 14.1 | 3.1 | 395.5 | 277.0 | 184.0 | 61.0 |
| NaTy | H2 | 20.0 | 16.7 | 14.5 | 2.4 | 259.0 | 188.2 | 129.5 | 56.8 |
| | H3 | 17.3 | 15.1 | 11.8 | 1.9 | 239.0 | 183.6 | 125.5 | 42.8 |
| | Begge <i>Both</i> | 20.0 | 15.9 | 11.8 | 2.2 | 259.0 | 185.9 | 125.5 | 48.0 |

Tabell 4. Trehøyde og brysthøydiameter fordelt på høydelag hos ulike råstofftyper – furu.

Distribution of tree height and breast height diameter by altitude zone of different types of pine wood

| Råstofftype <i>Wood type</i> | Høydelag <i>Altitude zone</i> | Trehøyde (m) <i>Tree height (m)</i> | | | | Brysthøydiameter (mm) <i>Breast height diameter (mm)</i> | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|--|-----------------------|-------------------|-------------------------------|---|-----------------------|-------------------|-------------------------------|
| | | Max <i>Max</i> | Middel <i>Mean</i> | Min <i>Min</i> | Std.avvik <i>Std. dev.</i> | Max <i>Max</i> | Middel <i>Mean</i> | Min <i>Min</i> | Std.avvik <i>Std. dev.</i> |
| NaHo | H1 | 26.3 | 21.8 | 15.8 | 2.7 | 458.0 | 329.8 | 219.0 | 78.0 |
| | H2 | 24.7 | 20.1 | 17.3 | 2.0 | 348.5 | 270.2 | 198.0 | 52.9 |
| | H3 | 21.2 | 17.3 | 15.6 | 1.7 | 336.5 | 248.5 | 190.0 | 51.0 |
| | Alle <i>All</i> | 26.3 | 20.0 | 15.6 | 2.8 | 458.0 | 287.1 | 190.0 | 70.8 |
| NaTy | H1 | 18.1 | 14.5 | 10.3 | 2.6 | 288.0 | 214.8 | 137.5 | 56.4 |
| | H2 | 17.8 | 15.8 | 11.4 | 2.3 | 198.0 | 159.0 | 125.5 | 30.6 |
| | Begge <i>Both</i> | 18.1 | 15.2 | 10.3 | 2.4 | 288.0 | 186.9 | 125.5 | 52.2 |

Tabell 5. Alder, bonitet og årringbredde fordelt på høydelag hos ulike råstofftyper – gran.

Distribution of age, site index and annual ring width by altitude zone for different types of spruce wood.

| Råstofftype <i>Wood type</i> | Høydelag <i>Altitude zone</i> | Alder <i>Age</i> | | Bonitet: H-40 (m) <i>Site index: H – 40 (m)</i> | | Årringbredde (mm) <i>Ring width (mm)</i> | |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|---|-------------------------------|
| | | Middel <i>Mean</i> | Std.avvik <i>Std. dev.</i> | Middel <i>Mean</i> | Std.avvik <i>Std. dev.</i> | Middel <i>Mean</i> | Std.avvik <i>Std. dev.</i> |
| KuHo | H1 | 54.0 | 13.0 | 21.2 | 3.3 | 2.85 | 0.85 |
| | H2 | 60.7 | 5.4 | 19.3 | 2.5 | 2.35 | 0.50 |
| | H3 | 95.3 | 33.6 | 15.5 | 4.2 | 1.90 | 0.80 |
| | Alle <i>All</i> | 66.8 | 24.9 | 19.1 | 3.8 | 2.40 | 0.80 |
| KuTy | H1 | 23.5 | 0.6 | 24.1 | 1.9 | 3.90 | 1.00 |
| | H2 | 38.8 | 7.1 | 18.4 | 2.3 | 2.65 | 0.65 |
| | Begge <i>Both</i> | 31.7 | 9.3 | 21.3 | 3.6 | 3.30 | 1.05 |
| NaHo | H1 | 91.5 | 38.2 | 15.7 | 4.5 | 1.95 | 0.80 |
| | H2 | 93.0 | 15.9 | 13.7 | 2.8 | 1.65 | 0.50 |
| | H3 | 127.7 | 20.3 | 10.0 | 3.4 | 1.25 | 0.40 |
| | Alle <i>All</i> | 106.6 | 28.9 | 12.6 | 4.1 | 1.55 | 0.60 |
| NaTy | H2 | 53.0 | 3.9 | 14.7 | 2.6 | 1.95 | 0.70 |
| | H3 | 52.8 | 2.3 | 13.2 | 1.6 | 1.80 | 0.45 |
| | Begge <i>Both</i> | 52.9 | 3.1 | 14.0 | 2.0 | 1.90 | 0.55 |

Tabell 6. Alder, bonitet og årringbredde fordelt på høydelag hos ulike råstofftyper – furu.
Distribution of age, site index and annual ring width by altitude zone for different types of pine wood.

| Råstofftype <i>Wood type</i> | Høydelag <i>Altitude zone</i> | Alder <i>Age</i> | | Bonitet: H-40 (m) <i>Site index: H – 40 (m)</i> | | Årringbredde (mm) <i>Ring width (mm)</i> | |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|---|-------------------------------|
| | | Middel <i>Mean</i> | Std.avvik <i>Std. dev.</i> | Middel <i>Mean</i> | Std.avvik <i>Std. dev.</i> | Middel <i>Mean</i> | Std.avvik <i>Std. dev.</i> |
| NaHo | H1 | 129.1 | 26.3 | 12.5 | 2.6 | 1.30 | 0.35 |
| | H2 | 128.1 | 58.2 | 12.0 | 2.6 | 1.25 | 0.55 |
| | H3 | 134.9 | 80.7 | 10.8 | 3.9 | 1.35 | 0.80 |
| | Alle <i>All</i> | 130.1 | 54.8 | 11.9 | 3.0 | 1.30 | 0.55 |
| NaTy | H1 | 65.7 | 7.5 | 11.0 | 2.2 | 1.55 | 0.30 |
| | H2 | 53.8 | 1.9 | 14.1 | 2.5 | 1.50 | 0.35 |
| | Begge | 59.8 | 8.1 | 12.6 | 2.8 | 1.55 | 0.30 |
| | <i>Both</i> | | | | | | |

2.4. Registreringer og beregninger

Det ble samlet inn materiale fra 22 gran- og 10 furubestand. Innen et representativt areal av hvert bestand (ca. 0.5 daa) ble 24 trær nummerert. Etterpå ble trærne klavet i brysthøyde, delt inn i tre grupper etter dimensjon, og man trakk ut to trær fra hver gruppe. Dette ga 6 trær pr. bestand og en lik fordeling mellom herskende, medherskende og undertrykte trær.

For hogstmoden skog var minstekravet for brysthøydediameter 17 cm, for tynningsvirke 10 cm. Man unngikk abnorme trær, kanttrær og trær med synlige feil.

På hvert enkelt tre ble det foretatt følgende registreringer:

- Brysthøydediameter (max og min – mm)
- Trehøyde (dm)
- Avstand fra rotavskjær til nederste tørrkvist (dm)
- Avstand fra rotavskjær til nederste levende grein (dm)
- Avstand fra rotavskjær til nederste krans med 180° levende greiner (dm)
- Avstand fra rotavskjær til nederste krans med 360° levende greiner (dm)

Det ble tatt ut prøvemateriale og/eller utført målinger i følgende høydenivåer; rotavskjær, brysthøyde, 25, 50 og 75% av trehøyden.

Fra hvert tre ble det kappet ut fire kabber (seksjoner) på ca. 0.5 m: ved rotavskjær, 25, 50 og 75 % av trehøyden. I tillegg ble det kappet ut to stammeskiver i hvert høydenivå. Stammeskivene var 3–5 cm tykke,

og ble brukt til egenskapsundersøkelser ved henholdsvis Skogforsk og PFI.

På stammeskivene ble det foretatt følgende registreringer:

Alder

- Alderen ble bestemt ved rotavskjær og ved 25, 50 og 75 % av trehøyden.

Masse

- Stammeskivene ble veid i rå tilstand med barken på. Etterpå ble barken tatt av. Stammeskivene ble tørket i tørkeskap ved 103 °C til de var helt tørre, og veid i tørr tilstand.

Volum

- Volumet ble bestemt ved dypping. Først ble stammeskivene dyppet med barken på. Deretter ble barken tatt av, og volum under bark bestemt.

Diametre

- Største og minste diameter ble registrert. Diametrene ble målt både på og under bark.

Kjerneved

- På furumaterialet ble kjerneveden registrert. Utbredelsen (diameter) ble målt, og antall årringer kjerneved registrert.

På basis av de registrerte dataene ble det beregnet:

Dobbel barktykkelse

- Dobbel barktykkelse ble beregnet som differansen mellom diameter på og under bark.

Barkvolum og barkandel

- Barkvolumet ble beregnet som differansen mellom volum med og uten bark. Barkvolumprosenten ble beregnet som barkvolum i prosent av ved og bark.

Kjernevedandel

- Areal av kjerneved i prosent av stammeskivens areal (% av tverrsnittsareal).

Årringbredde

- Årringbredden ble beregnet på basis av antall årringer og lengden av en midlere radius for stammeskiven.

Basis- og rådensitet

- Basisdensitet ble beregnet for ved, og er tørrvekt (tørrmasse) relatert til volum i rå tilstand. Rådensitet ble beregnet for ved og bark samlet, og

er råvekt (råmasse) av ved og bark relatert til volum av ved og bark i rå tilstand.

Flattrykking

- Flattrykkingskoeffisienten ble beregnet som forholdet mellom største og minste diameter målt på bark forskjellige steder langs stammen (rotavskjær, brysthøyde, 25, 50 og 75 % av trehøyden).

Avsmaling

- Avsmaling (på bark) ble beregnet for fem seksjoner av stammen; rotavskjær – 25 % av trehøyden, rotavskjær – 50 % av trehøyden, brysthøyde – 25 % av trehøyden, brysthøyde – 50 % av trehøyden og 25–50 % av trehøyden.

Kronelengde

- Avstanden mellom nederste krans med 360° levende greiner og toppen av treet ble brukt som mål for kronelengde. Kronelengden ble uttrykt i prosent av trehøyden.

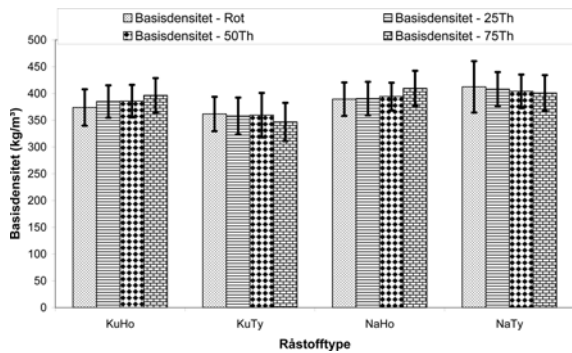
De statistiske beregningene ble utført i SAS – JMP og Excel. I tillegg til beregning av middeltall er det foretatt en rekke regresjonsanalyser.

3. RESULTATER

3.1. Fysiske egenskaper

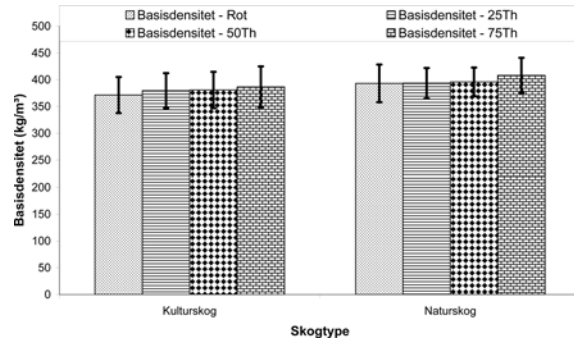
3.1.1. Basisdensitet

Figur 1 viser basisdensitet i forskjellige høydenivåer hos ulike råstofftyper av gran, mens Figur 2 viser middeltall for kultur- og naturskog. For furu er resultater relatert til råstofftype presentert i Figur 4.



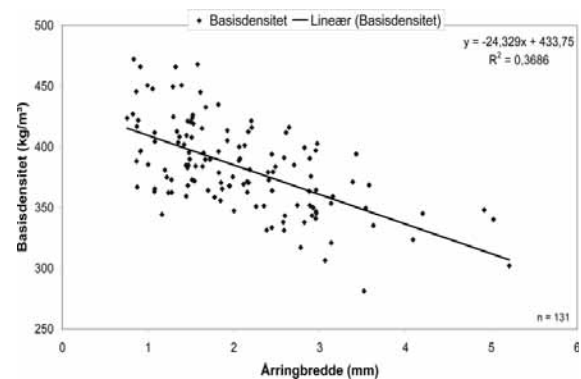
Figur 1. Middeltall og standardavvik for basisdensitet i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – gran.
Mean value and standard deviation of basic density at different stem heights by wood type for spruce.

For hogstmoden kulturskog av gran var midlere basisdensitet ved rotavskjær 373.8 kg/m³, for tynningsvirke 361.7 kg/m³ (Figur 1). Variasjonen i hogstmoden skog var fra 368.8 til 380.3 kg/m³, i tynningsvirke fra 337.6 til 385.9 kg/m³. Hogstmoden naturskog hadde en midlere basisdensitet ved rotavskjær på 389.4 kg/m³, tynningsvirke 412.4 kg/m³ (Figur1). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 367.0 til 397.7 kg/m³, for tynningsvirke fra 401.0 til 423.7 kg/m³. For hogstmoden kultur- og naturskog var midlere basisdensitet ved 75 % av trehøyden henholdsvis 396.5 og 409.7 kg/m³, for tynningsvirke 346.8 og 401.0 kg/m³ (Figur 1). Midlere basisdensitet for kulturskog varierte fra 371.4 ved rotavskjær til 386.6 kg/m³ ved 75 % av trehøyden, for naturskog fra 393.2 til 408.2 kg/m³ (Figur 2).

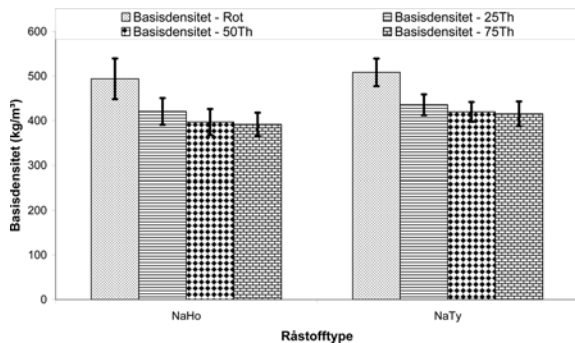


Figur 2. Middeltall og standardavvik for basisdensitet i forskjellige høydenivåer hos kultur- og naturskog – gran.
Mean value and standard deviation of basic density at different stem heights in cultivated and natural spruce forests.

Sammenhengen mellom basisdensitet (y) og årringbredde (x) ved rotavskjær kan best beskrives ved en lineær funksjon (Figur 3). Det var statistisk sikker sammenheng mellom variablene ($R^2 = 0.369$).



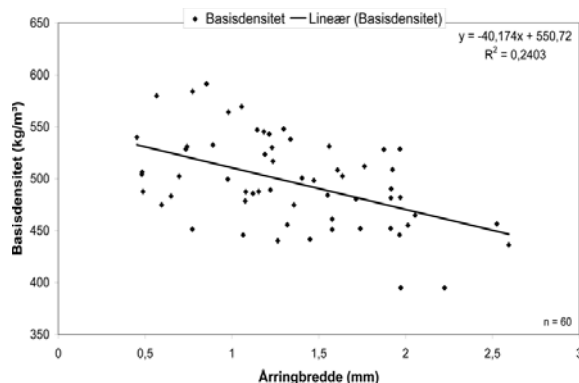
Figur 3. Sammenhengen mellom basisdensitet (y) og årringbredde (x) uttrykt ved en lineær funksjon – gran.
Relationship between basic density (y) and annual ring width (x) expressed by a linear function – spruce.



Figur 4. Middeltall og standardavvik for basisdensitet i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – furu.
Mean value and standard deviation of basic density at different stem heights by wood type for pine.

For hogstmoden furuskog var midlere basisdensitet ved rotavskjær 493.9 kg/m³, for tynningsvirke 508.4 kg/m³ (Figur 4). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 485.1 til 505.5 kg/m³, for tynningsvirke fra 490.9 til 525.9 kg/m³. Ved 75 % av trehøyden var midlere basisdensitet for hogstmoden skog 391.7 kg/m³, for tynningsvirke 415.3 kg/m³ (Figur 4). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 388.4 til 393.6 kg/m³, for tynningsvirke fra 413.8 til 416.9 kg/m³.

Sammenhengen mellom basisdensitet (y) og årringbredde (x) ved rotavskjær kan best beskrives ved en lineær funksjon (Figur 5). Det var statistisk sikker sammenheng mellom variablene ($R^2 = 0.240$).

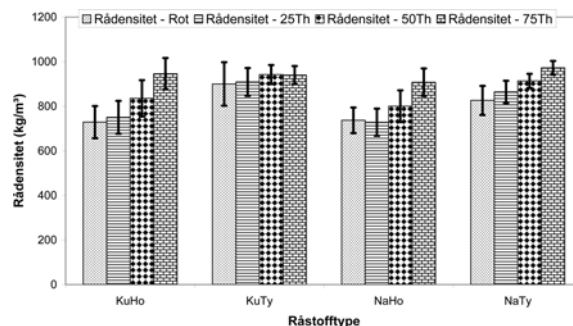


Figur 5. Sammenhengen mellom basisdensitet (y) og årringbredde (x) uttrykt ved en lineær funksjon – furu.
Relationship between basic density (y) and annual ring width (x) expressed by a linear function – pine.

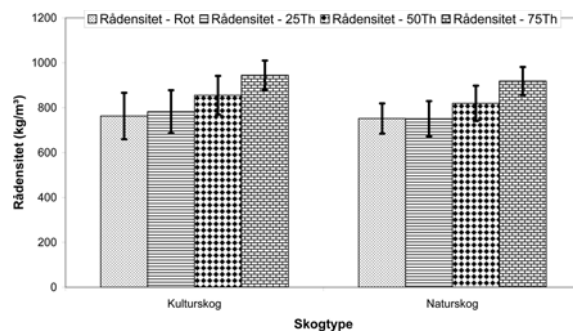
3.1.2. Rådensitet

Figur 6 viser rådensitet i forskjellige høydenivåer hos ulike råstofftyper av gran, mens Figur 7 viser til-

svarende resultater for kultur- og naturskog. For furu er rådensitet relatert til råstofftype presentert i Figur 8.

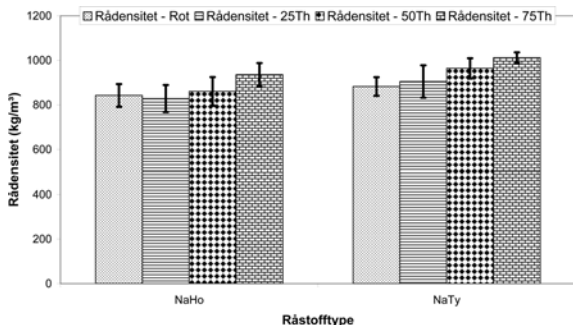


Figur 6. Middeltall og standardavvik for rådensitet i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – gran.
Mean value and standard deviation of raw density at different stem heights by wood type for spruce.



Figur 7. Middeltall og standardavvik for rådensitet i forskjellige høydenivåer hos kultur- og naturskog – gran.
Mean value and standard deviation of raw density at different stem heights in cultivated and natural spruce forests.

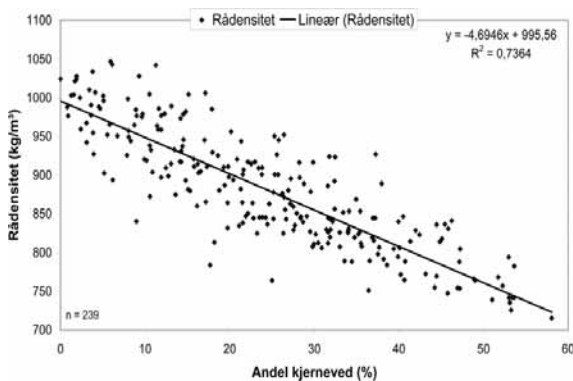
For hogstmoden kulturskog av gran var midlere rådensitet ved rotavskjær 728.7 kg/m³, for tynningsvirke 899.8 kg/m³ (Figur 6). Variasjonen i hogstmoden skog var fra 666.9 til 760.6 kg/m³, i tynningsvirke fra 841.7 til 957.9 kg/m³. Hogstmoden naturskog hadde en midlere rådensitet ved rotavskjær på 736.8 kg/m³, tynningsvirke 826.1 kg/m³ (Figur 6). Variasjonen i hogstmoden skog var fra 722.5 til 748.0 kg/m³, i tynningsvirke fra 824.4 til 827.7 kg/m³. For hogstmoden kultur- og naturskog var midlere rådensitet ved 75 % av trehøyden henholdsvis 945.9 og 907.6 kg/m³, for tynningsvirke 939.6 og 972.3 kg/m³ (Figur 6). Midlere rådensitet for kulturskog varierte fra 762.9 ved rotavskjær til 944.7 kg/m³ ved 75 % av trehøyden, for naturskog fra 751.7 til 918.7 kg/m³ (Figur 7).



Figur 8. Middeltall og standardavvik for rådensitet i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – furu.
Mean value and standard deviation of raw density at different stem heights by wood type for pine.

For hogstmoden furuskog var midlere rådensitet ved rotavskjær 842.4 kg/m³, for tynningsvirke 882.4 kg/m³ (Figur 8). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 808.6 til 932.7 kg/m³, for tynningsvirke fra 862.3 til 902.6 kg/m³. Ved 75 % av trehøyden var midlere rådensitet for hogstmoden skog 935.8 kg/m³, for tynningsvirke 1012.0 kg/m³ (Figur 8). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 928.6 til 940.3 kg/m³, for tynningsvirke fra 1009.2 til 1014.8 kg/m³.

Sammenhengen mellom rådensitet (y) og kjernevedandel (x) kan best beskrives ved en lineær funksjon (Figur 9). Det var statistisk sikker sammenheng mellom variablene ($R^2 = 0.736$).



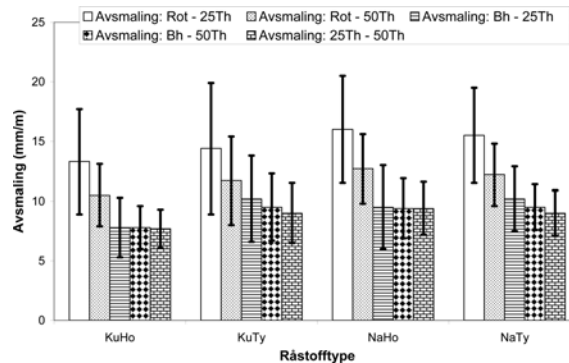
Figur 9. Sammenhengen mellom rådensitet (y) og kjernevedandel (x) uttrykt ved en lineær funksjon – furu.
Relationship between raw density (y) and heartwood percentage (x) expressed by a linear function – pine.

3.2. Geometriske egenskaper

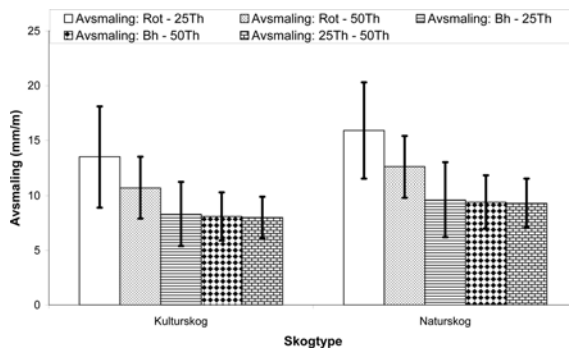
3.2.1. Avsmaling

Figur 10 viser midlere avsmaling innen forskjellige seksjoner hos ulike råstofftyper av gran, mens Figur

11 viser middeltall for kultur- og naturskog. For furu er resultater relatert til råstofftype presentert i Figur 13.



Figur 10. Middeltall og standardavvik for avsmaling innen forskjellige seksjoner fordelt på råstofftyper – gran.
Mean value and standard deviation of taper within different log sections by wood type for spruce.

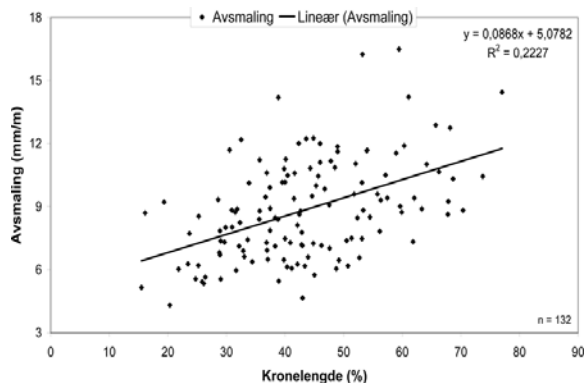


Figur 11. Middeltall og standardavvik for avsmaling innen forskjellige seksjoner hos kultur- og naturskog – gran.
Mean value and standard deviation of taper within different log sections in cultivated and natural spruce forests.

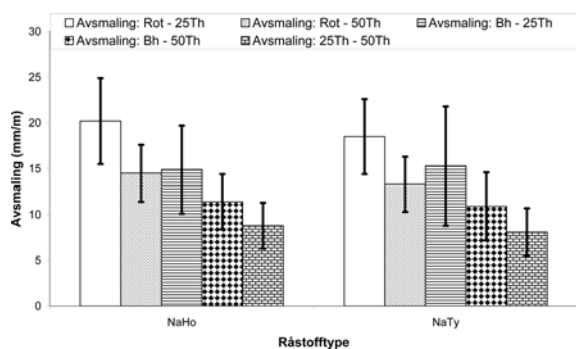
Avsmalingen hos gran var minst i området mellom 25 og 50 % av trehøyden. For hogstmoden kulturskog var midlere avsmaling i dette området 7.7 mm/m, for tynningsvirke 9.0 mm/m (Figur 10). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 7.1 til 8.5 mm/m, for tynningsvirke fra 8.8 til 9.2 mm/m. Hogstmoden naturskog hadde en midlere avsmaling på 9.4 mm/m, tynningsvirke 9.0 mm/m (Figur 10). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 8.4 til 10.6 mm/m, for tynningsvirke fra 7.9 til 10.1 mm/m. Midlere avsmaling for kultur- og naturskog var henholdsvis 8.0 og 9.3 mm/m (Figur 11).

Sammenhengen mellom avsmaling (y) (brysthøyde – 50 % av trehøyden) og kronelengde i % (x) kan best beskrives ved en lineær funksjon (Figur 12).

Det var statistisk sikker sammenheng mellom variablene ($R^2 = 0.223$).



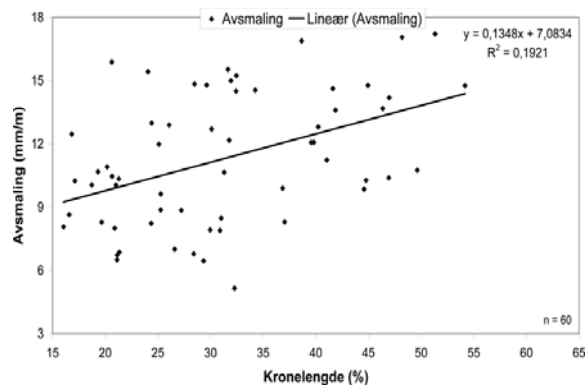
Figur 12. Sammenhengen mellom avsmaling (y) og kronelengde (x) uttrykt ved en lineær funksjon – gran. Relationship between taper (y) and crown length (x) expressed by a linear function – spruce.



Figur 13. Middeltall og standardavvik for avsmaling innen forskjellige seksjoner fordelt på råstofftyper – furu. Mean value and standard deviation of taper within different log sections by wood type for pine.

Hos furu var også avsmalinger minst i området mellom 25 og 50 % av trehøyden. For hogstmoden skog var midlere avsmaling i dette området 8.8 mm/m, for tynningsvirke 8.1 mm/m (Figur 13). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 8.3 til 9.8 mm/m, for tynningsvirke fra 6.2 til 10.1 mm/m.

Sammenhengen mellom avsmaling (y) (brysthøyde – 50 % av trehøyden) og kronelengde i % (x) kan best beskrives ved en lineær funksjon (Figur 14). Det var statistisk sikker sammenheng mellom variablene ($R^2 = 0.192$).

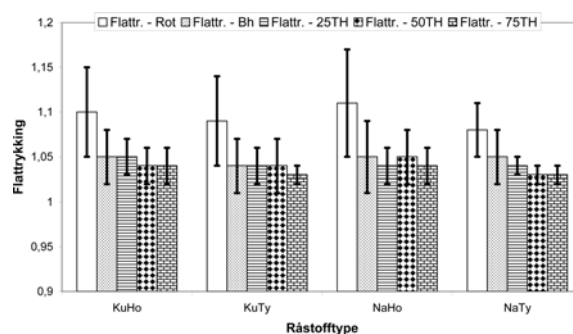


Figur 14. Sammenhengen mellom avsmaling (y) og kronelengde (x) uttrykt ved en lineær funksjon – furu. Relationship between taper (y) and crown length (x) expressed by a linear function – pine.

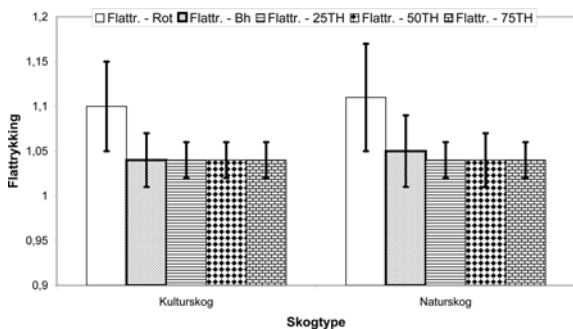
3.2.2. Flattrykking

Figur 15 viser midlere flattrykking i forskjellige høydenivåer hos ulike råstofftyper av gran, mens Figur 16 viser middeltall for kultur- og naturskog. For furu er resultater relatert til råstofftype presentert i Figur 18. Figur 17 (gran) og 19 (furu) viser andel trær med forskjellig flattrykkingskoeffisient i brysthøyde. Materialet ble delt inn i 5 klasser fra A til E (klasse A = 1.00, klasse B = 1.00–1.05*, klasse C = 1.05–1.10*, klasse D = 1.10–1.15* og klasse E = 1.15–1.20*).

*: viser i hvilken klasse de eksakte verdiene hører hjemme

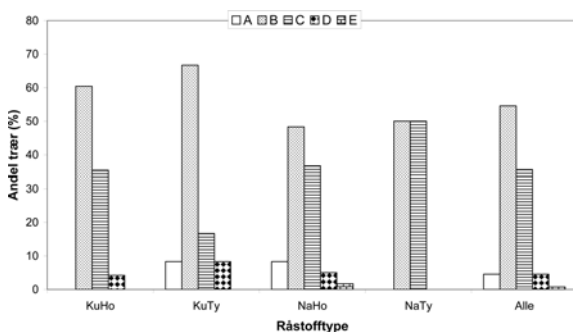


Figur 15. Middeltall og standardavvik for flattrykking i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – gran. Mean value and standard deviation of ovality at different stem heights by wood type for spruce.

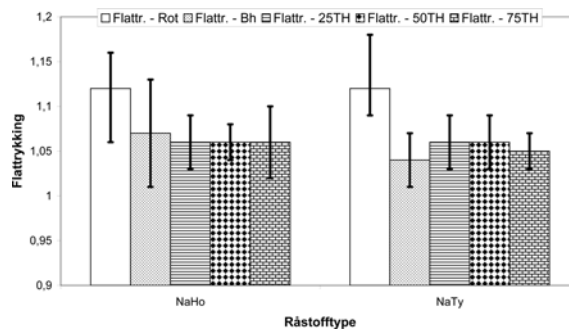


Figur 16. Middeltall og standardavvik for flattrykking i forskjellige høydenivåer hos kultur- og naturskog – gran.
Mean value and standard deviation of ovality at different stem heights in cultivated and natural spruce forests.

Hogstmoden kulturskog av gran hadde en midlere flattrykking i brysthøyde på 1.05, tynningsvirke 1.04. For naturskog var midlere flattrykking i brysthøyde 1.05 både for hogstmoden skog og tynningsvirke (Figur 15). I granmaterialet (hele materialet) varierte midlere flattrykkingskoeffisient fra 1.12 til 1.07 ved rotavskjær, fra 1.07 til 1.03 i brysthøyde og fra 1.05 til 1.02 ved 75 % av trehøyden. En liten andel (4.6 %) av trærne var helt runde i brysthøyde. Over halvparten av trærne hadde en flattrykkingskoeffisient i brysthøyde på mellom 1.00 og 1.05 (klasse B), mens vel tredjeparten hadde en flattrykkingskoeffisient på mellom 1.05 og 1.10 (klasse C) (Figur 17).

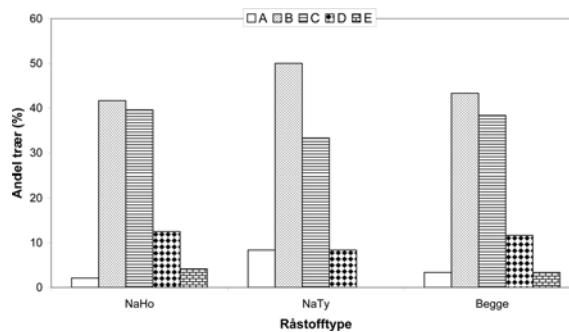


Figur 17. Andel trær (%) med forskjellig flattrykkingskoeffisient i brysthøyde hos forskjellige råstofftyper – gran.
The distribution (%) of trees with various ovality coefficients at breast height by wood type for spruce.



Figur 18. Middeltall og standardavvik for flattrykking i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – furu.
Mean value and standard deviation of ovality at different stem heights by wood type for pine.

Hogstmoden furu hadde en midlere flattrykking i brysthøyde på 1.07, tynningsvirke 1.04 (Figur 18). I furumaterialet (hele materialet) varierte midlere flattrykkingskoeffisient fra 1.15 til 1.08 ved rotavskjær, fra 1.08 til 1.05 i brysthøyde og fra 1.07 til 1.04 ved 75 % av trehøyden. En liten andel (3.4 %) av trærne var helt runde i brysthøyde. De fleste trærne (43.3 %) hadde en flattrykkingskoeffisient i brysthøyde på mellom 1.00 og 1.05 (klasse B), mens en litt mindre andel hadde en flattrykkingskoeffisient på mellom 1.05 og 1.10 (klasse C) (Figur 19).

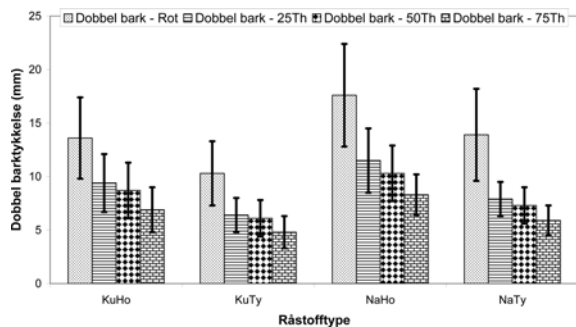


Figur 19. Andel trær (%) med forskjellig flattrykkingskoeffisient i brysthøyde hos forskjellige råstofftyper – furu.
The distribution (%) of trees with various ovality coefficients at breast height by wood type for pine.

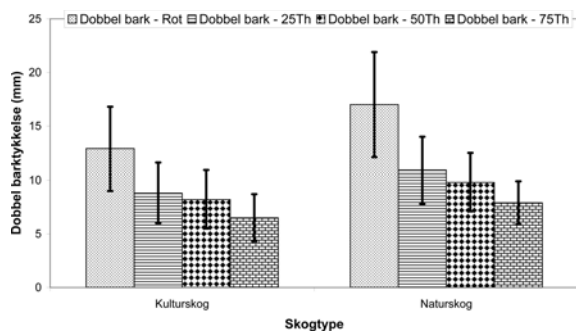
3.3. Anatomiske egenskaper

3.3.1. Dobbelt barktykkelse

Figur 20 viser dobbel barktykkelse i forskjellige høydenivåer hos ulike råstofftyper av gran, mens Figur 21 viser middeltall for kultur- og naturskog. For furu er resultater relatert til råstofftype presentert i Figur 23.



Figur 20. Middeltall og standardavvik for dobbel barktykkelse i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – gran. *Mean value and standard deviation of double bark thickness at different stem heights by wood type for spruce.*

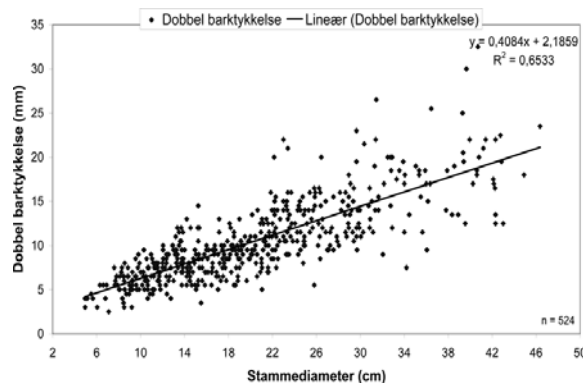


Figur 21. Middeltall og standardavvik for dobbel barktykkelse i forskjellige høydenivåer hos kultur- og naturskog – gran. *Mean value and standard deviation of double bark thickness at different stem heights in cultivated and natural spruce forests.*

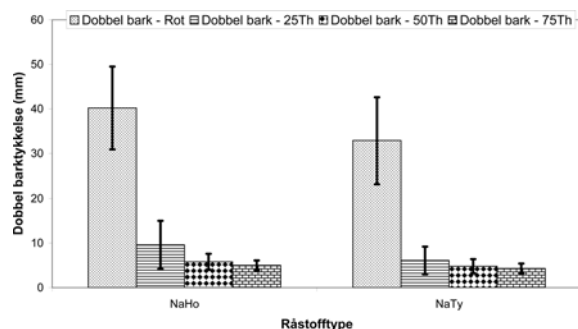
For hogstmoden kulturskog av gran var midlere dobbel barktykkelse ved rotavskjær 13.6 mm, for tynningsvirke 10.3 mm (Figur 20). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 12.3 til 15.2 mm, for tynningsvirke fra 9.8 til 10.9 mm. Hogstmoden naturskog hadde en midlere dobbel barktykkelse ved rotavskjær på 17.6 mm, tynningsvirke 13.9 mm (Figur 20). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 15.6 til 18.3 mm, for tynningsvirke fra 11.5 til 16.3 mm. For hogstmoden kultur- og naturskog var midlere dobbel barktykkelse ved 75 % av trehøyden henholdsvis 6.9 og 8.3 mm, for tynningsvirke 4.8 og 5.9 mm (Figur 20). Midlere dobbel barktykkelse for kulturskog varierte fra 12.9 mm ved rotavskjær til 6.5 mm ved 75 % av trehøyden, for naturskog fra 17.0 til 7.9 mm (Figur 21).

Sammenhengen mellom dobbel barktykkelse (y) og stammediameter (x) kan best uttrykkes ved en

lineær funksjon (Figur 22). Det var statistisk sikker sammenheng mellom variablene ($R^2 = 0.653$).



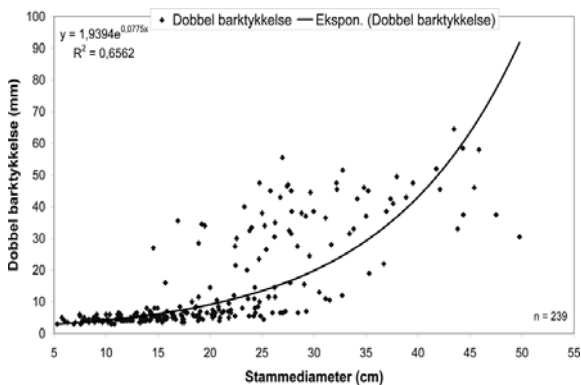
Figur 22. Sammenhengen mellom dobbel barktykkelse (y) og stammediameter (x) uttrykt ved en lineær funksjon – gran. *Relationship between double bark thickness (y) and stem diameter (x) expressed by a linear function – spruce.*



Figur 23. Middeltall og standardavvik for dobbel barktykkelse i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – furu. *Mean value and standard deviation of double bark thickness at different stem heights by wood type for pine.*

For hogstmoden furuskog var midlere dobbel barktykkelse ved rotavskjær 40.2 mm, for tynningsvirke 32.9 mm (Figur 23). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 37.5 til 42.7 mm, for tynningsvirke fra 29.5 til 36.3 mm. Ved 75 % av trehøyden var midlere dobbel barktykkelse for hogstmoden skog 5.0 mm, for tynningsvirke 4.3 mm (Figur 23). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 4.5 til 5.7 mm, for tynningsvirke fra 3.5 til 5.2 mm.

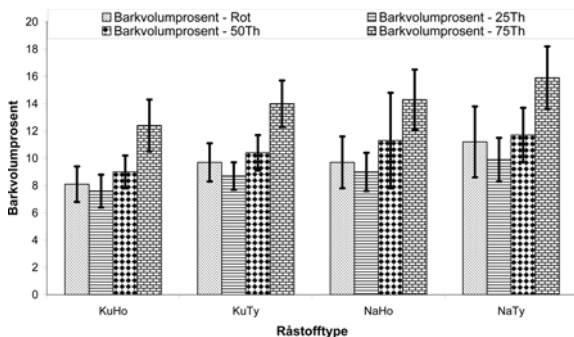
Sammenhengen mellom dobbel barktykkelse (y) og stammediameter (x) kan best beskrives ved en eksponentiell funksjon (Figur 24). Det var statistisk sikker sammenheng mellom variablene ($R^2 = 0.656$).



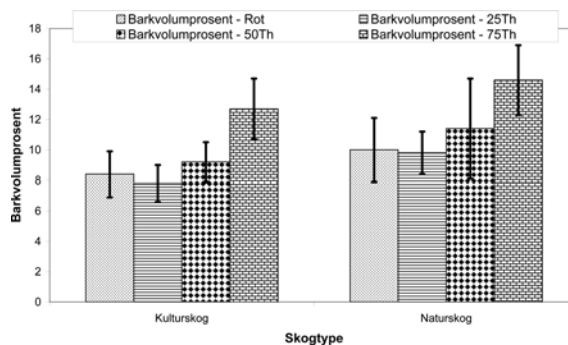
Figur 24. Sammenhengen mellom dobbel barktykkelse (y) og stammediameter (x) uttrykt ved en eksponentiell funksjon – furu.
Relationship between double bark thickness (y) and stem diameter (x) expressed by an exponential function – pine.

3.3.2. Barkvolumprosent

Figur 25 viser barkvolumprosent i forskjellige høydenivåer hos ulike råstofftyper av gran, mens Figur 26 viser tilsvarende resultater for kultur- og naturskog. For furu er resultater relatert til råstofftype presentert i Figur 27.

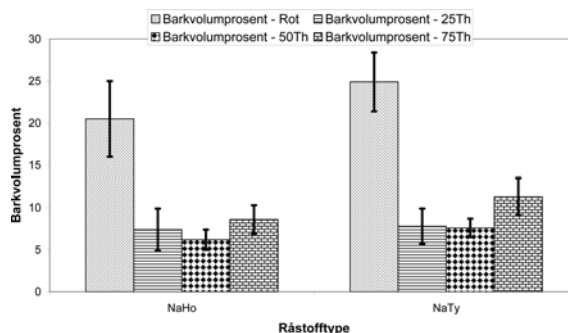


Figur 25. Middeltall og standardavvik for barkvolumprosent i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – gran.
Mean value and standard deviation of bark volume percentage at different stem heights by wood type for spruce.



Figur 26. Middeltall og standardavvik for barkvolumprosent i forskjellige høydenivåer hos kultur- og naturskog – gran.
Mean value and standard deviation of bark volume percentage at different stem heights in cultivated and natural spruce forests.

For hogstmoden kulturskog av gran var midlere barkvolumprosent ved rotavskjær 8.1, for tynningsvirke 9.7 (Figur 25). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 7.8 til 8.3, for tynningsvirke fra 9.2 til 10.2. For hogstmoden naturskog var midlere dobbel barktykkelse ved rotavskjær 9.7, for tynningsvirke 11.2 (Figur 25). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 8.5 til 10.7, for tynningsvirke fra 9.8 til 12.5. For hogstmoden kultur- og naturskog var midlere barkvolumprosent ved 75 % av trehøyden henholdsvis 12.4 og 14.3, for tynningsvirke 14.0 og 15.9 (Figur 25). Midlere barkvolumprosent for kulturskog varierte fra 8.4 ved rotavskjær til 12.7 ved 75 % av trehøyden, for naturskog fra 10.0 til 14.6 (Figur 26).



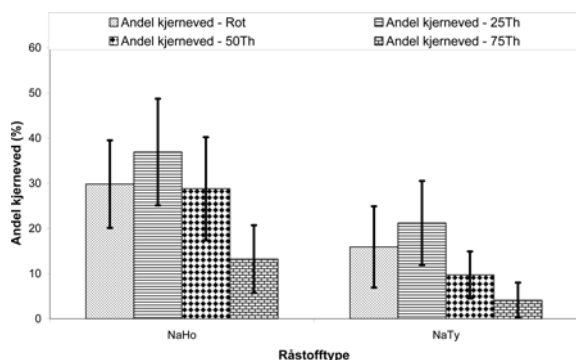
Figur 27. Middeltall og standardavvik for barkvolumprosent i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – furu.
Mean value and standard deviation of bark volume percentage at different stem heights by wood type for pine.

For hogstmoden furuskog var midlere barkvolumprosent ved rotavskjær 20.5, for tynningsvirke 24.9 (Figur 27). Variasjonen for hogstmoden skog var fra

19.5 til 21.3, for tynningsvirke fra 24.4 til 25.4. Ved 75 % av trehøyden var midlere barkvolumprosent for hogstmoden skog 8.6, for tynningsvirke 11.3 (Figur 27). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 7.8 til 9.8, for tynningsvirke fra 10.2 til 12.5.

3.3.3. Kjerneved

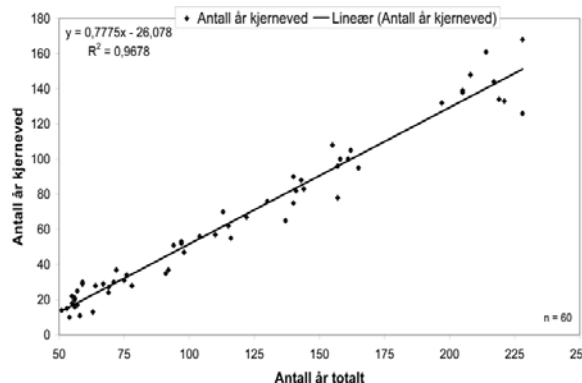
Figur 28 viser midlere andel kjerneved (%) for hver råstofftype hos furu.



Figur 28. Middeltall og standardavvik for andel kjerneved i forskjellige høydenivåer fordelt på råstofftyper – furu. *Mean value and standard deviation of heartwood percentage at different stem heights by wood type for pine.*

Kjernevedandelen var størst ved 25 % av trehøyden. For hogstmoden skog var midlere kjernevedandel i dette høydenivået 36.9 %, for tynningsvirke 21.2 % (Figur 28). Variasjonen for hogstmoden skog var fra 32.3 til 40.7 %, for tynningsvirke fra 16.0 til 26.3 % . Ved 75 % av trehøyden var midlere kjernevedandel for hogstmoden skog 13.2 %, for tynningsvirke 4.1 % (Figur 28). For hogstmoden skog var variasjonen fra 10.7 til 14.6 %, for tynningsvirke fra 3.1 til 5.4 %.

Sammenhengen mellom antall år kjerneved (y) og alder (x) ved rotavskjær kan best beskrives ved en lineær funksjon (Figur 29). Sammenhengen var statistisk sikker ($R^2 = 0.968$).



Figur 29. Sammenhengen mellom antall år kjerneved (y) og alder (x) uttrykt ved en lineær funksjon – furu. *Relationship between the number of heartwood rings (y) and tree age (x) expressed by a linear function – pine.*

4. DISKUSJON

Materialet

Granmaterialet representerer både natur- og kulturskog, mens hele furumaterialet ble samlet inn i naturskog. Størrelsen på materialet er relativt begrenset i forhold til regionene det representerer. Dette gjelder spesielt for tynningsvirke av begge treslag. Når det gjelder alder, var variasjonsbredden omtrent lik for gran og furu. Variasjonen i bonitet og årringbredde var derimot betydelig større i gran enn i furumaterialet.

Densitet

Densitet er en fysisk egenskap, og man opererer med forskjellige densitetsbegreper; tørrdensitet, basisdensitet og rådensitet. I denne undersøkelsen ble det målt basis- og rådensitet. Densitet er en av de viktigste egenskapene hos trevirket, og den varierer med en rekke forhold som bonitet, breddegrad, høyde over havet og alder. Det er variasjoner både innen og mellom bestand (Ericson & Jonson 1961, Hakkila 1966). I en trestamme varierer densiteten fra rot mot topp og fra marg mot bark (Klem 1934, Nylinder 1953, Tamminen 1962, Olesen 1977, Kucera 1980, Bjørklund et al. 1997, Høibø 1998, Vadla 2006). De enkelte treslag viser også en mer eller mindre karakteristisk variasjonsbredde for densitet (Nagoda 1981).

Både for gran og furu ble det målt basisdensitet i forskjellige høydenivåer langs stammen. For hogstmoden gran økte basisdensiteten svakt mellom rotavskjær og toppen av treet. Andre undersøkelser (Klem 1934, Jalva 1945, Nylinder 1953, Tamminen

1964, Hakkila 1966, Okkonen et al. 1972, Vadla 2006) viser at basisdensiteten avtar fra rotavskjær og et stykke oppover stammen (til ca. 15–20 % av trehøyden), for så å øke mot toppen av treet. Furu hadde et relativt jevnt fall i basisdensitet mellom rotavskjær og toppen av treet, hvilket er i samsvar med en rekke andre undersøkelser (Spurr & Hshiong 1954, Larson 1957, Nylinder 1961, Ericson 1966, Gensci 1967, 1969, Baker & Shottafer 1968, Markström & Yerkes 1972, Vadla 2006).

Regresjonsanalyser viser at det var statistisk sikker sammenheng mellom basisdensitet og årringbredde for begge treslagene. I granmaterialet forklarte årringbredden ca. 37 % av variasjonen i basisdensitet, i furumaterialet 24 %. Dette er i samsvar med en rekke andre undersøkelser (Martin 1901, Janka 1909, Klem 1934, Nylinder & Hägglund 1954, Wellwood 1960, Klem 1965a, 1965b, Olesen 1976, Okstad & Kårstad 1985, Okstad 1987, 1988, Vadla 2006), som også viser relativt god sammenheng mellom densitet og årringbredde. Martin (1901) var blant de første som hevdet at førsteklasses virke er avhengig av jevne og ikke altfor brede årringer. Janka (1909) fant at det stort sett var sammenheng mellom årringbredde og densitet for virke fra samme distrikter eller bestand. Klem (1929a, 1929b, 1930, 1931, 1933) har gitt en oversikt over de viktigste kvalitetsundersøkelser som er foretatt på gran, og fant at det bare er sammenheng mellom årringbredde og densitet når virket kommer fra samme distrikt og like boniteter.

Både for furu og gran kan resultatene sammenlignes med en tilsvarende undersøkelse fra Nord-Norge (Vadla 2006), hvor hogstmoden furu hadde en midlere basisdensitet på 422.0 og 354.5 ved henholdsvis rotavskjær og 80 % av trehøyden, mens tilsvarende verdier for gran var 341.6 og 358.8 kg/m³. Det må imidlertid legges til at en del av granmaterialet i undersøkelsen fra Nord-Norge var relativt ungt. Resultatet er også i samsvar med en rekke andre undersøkelser (Nylinder & Hägglund 1954, Echols 1958, Zobel et al. 1960, Mitchell 1964, Hakkila 1967, 1968, 1969, 1979, Nylinder 1967, Madsen et al. 1978, 1985), som viser at densiteten avtar med økende breddegrad og stigende høyde over havet.

Rådensiteten ble målt i de samme høydenivåene som basisdensiteten. I tillegg til basisdensiteten påvirkes rådensiteten i sterk grad av vanninnholdet i virket. Det totale vanninnholdet i en trestamme varierer med årstid og trets voksested. Vanninn-

holdet varierer med årstiden og fra år til år på grunn av forskjeller i nedbør og fordamping. Både hos lauv- og bartrær er vanninnholdet høyest i vintermånedene (Nylinder 1953, Nikitin 1955, Clark & Gibbs 1957, Henningsson & Tamminen 1961, Tamminen 1962, 1964). Videre varierer vanninnholdet både i radial- og i lengderetningen (Peterson & Winqvist 1960, Moltesen 1962, 1988, Braathe & Okstad 1964, Nagoda 1968, 1981, Vadla 2006). Både hos gran og furu økte rådensiteten mellom rotavskjær og toppen av treet. Dette skyldes at kjernevedandelen avtar i samme område. Kjerneved har betydelig lavere vanninnhold enn yteved (Sandmo 1948, Vadla 2006). For furu, hvor kjernevedandelen ble målt, viser en regresjonsanalyse at det var god sammenheng mellom rådensitet og andel kjerneved ($R^2 = 0.736$).

Bark

Barkmengden påvirkes bl.a. av alder, voksested og bonitet (Östlin 1963a, 1963b). Östlin (1963b) fant at barkandelen økte med avtagende bonitet, mens Tamminen (1970) ikke kunne påvise noen sikker sammenheng. Barkandelen varierer fra rot til topp. Den avtar fra rotavskjær og et stykke oppover stammen, for så å øke mot toppen (Stemsrud & Gudim 1962, Hakkila & Panhelainen 1970, Tamminen 1970, Vadla 2006).

Furu har kraftig skorpebark nederst på stammen, og man ser at barktykkelsen gikk kraftig ned mellom rotavskjær og ca. midt på stammen, mens variasjonen var relativt liten videre oppover. Hos gran varierte barkvolumprosenten lite mellom rotavskjær og 25 % av trehøyden, mens den økte betydelig videre oppover stammen. I en undersøkelse fra Nord-Norge (Vadla 2006) ble det funnet at barkvolumprosenten var tilnærmet konstant til ca. 40 % av trehøyden. Økningen i øvre halvdel av treet skyldes at barktykkelsen avtar relativt lite sammenlignet med stammediameteren i samme område. Tykk bark ved rotavskjær ga høy barkvolumprosent nederst på stammen hos furu. Barkvolumprosenten avtok til ca. midt på stammen, mens den økte mot toppen av treet. Resultatet kan sammenlignes med en undersøkelse fra Nord-Norge (Vadla 2006), hvor man fant at barkvolumprosenten avtok til ca. 40 % av trehøyden. Resultatene for dobbel barktykkelse og barkvolumprosent kan også sammenlignes med en undersøkelse fra Nord-Norge (Vadla 2006), hvor midlere dobbel barktykkelse og barkandel hos hogstmoden furu var henholdsvis 32.8 mm og 17.4 % ved rotavskjær, hos gran 16.5 mm og 9.5 %.

Både gran og furu viste avtagende barkvolumprosent med økende bonitet, hvilket er i samsvar med andre undersøkelser (Östlin 1963b, Vadla 2006). Regresjonsanalyser viste at det var signifikant sammenheng mellom barkvolumprosent ved rotavskjær og bonitet både for gran ($R^2 = 0.306$) og furu ($R^2 = 0.072$). Som i andre undersøkelser (Vadla 2006) var det god sammenheng mellom dobbel barktykkelse og stammediameter. Hos gran ($R^2 = 0.653$) ble sammenhengen best beskrevet ved hjelp av en lineær funksjon, hos furu ($R^2 = 0.656$) ved en eksponentiell funksjon.

Kjerneved

Kjerneved ble bare registrert hos furu. Flere tidligere undersøkelser (Mengkrog 1985, Björklund et al. 1997, Gjerdrum 1999, 2002, Gjerdrum & Vadla 2004, Vadla 2006) viser at omdannelsen fra yte- til kjerneved hovedsakelig styres av alder. Dette ble også bekreftet i denne undersøkelsen. Det var sterk sammenheng mellom antall år kjerneved og alder ved rotavskjær ($R^2 = 0,968$).

Avsmaling

I tillegg til arvelige faktorer blir avsmalingen hos et tre påvirket av bestandsforhold. Bestandstettheten er en viktig formfaktor (Eide 1922). En lang rekke undersøkelser, bl.a. Braathe (1953), viser at trær som vokser opp i glissen stilling, får en dårligere form enn trær i tette bestand. Omtrent i den høyden hvor treet har den største og mest aktive del av kronen, vil diameterveksten være størst (Gislerud 1974). Med økende avstand mellom trærne, eller avtagende bestandstetthet, vil det enkelte tres greinmasse øke. I glissen stilling vil trærne dessuten beholde levende greiner lengre på nedre stammedeler, hvilket også påvirker avsmalingen.

Både for gran og furu var avsmalingen størst mellom rotavskjær og 25 % av trehøyden, hvilket er naturlig da effekten av rotutsvellinger blir stor i denne delen av stammen. Avsmalingen var minst i området 25–50 % av trehøyden. I dette området vil effekten av rotutsvellinger være borte, og man befinner seg i nedre del av kronen hvor avsmalingen er mindre enn høyere oppe i treet.

Regresjonsanalyser viser at avsmalingen (brysthøyde – 50 % av trehøyden) økte med økende kronelengde (%) både hos gran ($R^2 = 0.223$) og furu ($R^2 = 0.192$), hvilket er i samsvar med en rekke andre undersøkelser, bl.a. Vadla (2006).

Flattrykking

Flattrykking er et annet uttrykk for ovalitet, og forekommer hos alle treslag.

Flattrykking og eksentrisk vekst er to forhold som følger hverandre. Hos en flattrykt stamme vil marginen som regel ikke ligge i sentrum (Nagoda 1965). Ved flattrykking og eksentrisk vekst vil den enkelte årring ha varierende bredde, og innen samme årring kan fordelingen av vår- og sommerved variere i forskjellige retninger fra marginen. I mange tilfeller er disse vekstformene forbundet med tennarved hos bartrær. Nagoda (1965) sier det er rimelig å anta at årsakene til disse vekstformene er de samme som for dannelse av reaksjonsved. Hos bartrær fremmes veksten på den siden av treet hvor det oppstår trykkbelastning. Derfor finner man vanligvis den største diameteren i herskende vindretning (Haller 1935). De hyppige forekomstene av flattrykte stammer i liskogen kan også føres tilbake til trykkpåkjenninger av snø og vind. Det er heller ikke uvanlig å finne flattrykking og eksentrisk vekst på flatmark. Hvis rotsystemet ikke får jevn tilgang på næring, kan dette resultere i at en stamme vokser seg usymmetrisk (König 1958).

Flattrykkingen var størst ved rotavskjær. Derfra avtok flattrykkingen relativt jevnt oppover stammen. At flattrykkingen var størst nederst på stammen, er rimelig ut fra kjennskap til forhold som påvirker vekstformen. Resultatet er også i overensstemmelse med en tilsvarende undersøkelse fra Nord-Norge (Vadla 2006).

Avsluttende kommentarer

Denne undersøkelsen viser variasjoner i sentrale virkesegenskaper hos gran og furu i deler av de sentrale skogstrøkene på Sør- og Østlandet. Materialet kommer fra områder hvor det ikke er utført egenskapsundersøkelser tidligere. Og selv om materialet er begrenset, representerer resultatene likevel et viktig bidrag til å utvide kunnskapsbasen om våre viktigste bartreslag. Ved NTI (krymping, svelling, forskjellige styrkeegenskaper) og PFI (andel sommerved, fibrillvinkel, fiberlengde, fiberbredde) har man undersøkt en rekke andre egenskaper basert på det samme grunnlagsmaterialet. Egenskapsundersøkelsene i SSFF – prosjektet representerer således et vidt spekter av virkesegenskaper. Alle resultater (data) knyttet til hvert enkelt tre, er lagret i en felles database, hvilket gir en enestående mulighet til å koble ulike egenskaper.

SUMMARY

The study of wood properties accounts for a relatively large share of the SSFF project. The aim of the study was to generate representative data for the basic properties of softwood from natural and cultivated forests. The current report presents anatomical (bark, heartwood), physical (basic density, raw density) and geometric properties (taper, ovality). The results of the survey of other properties will be published by the Norwegian Institute of Wood Technology (technical/mechanical properties, physical properties) and the Paper and Fibre Research Institute (fibre properties, anatomical properties).

The current survey is based on the study of 132 spruce and 60 pine trees from various geographical areas in southern and eastern Norway. For spruce, trees were sampled from Vestfold and Telemark counties in the south to Stange/Romedal in the north. Pine trees were sampled between Evje/Hornnes in the south to Østerdalen in the north. For both species, samples were taken between 100 and 500 metres above sea level. Spruce samples were collected from both natural and cultivated forests, whereas all pine samples were taken in natural forests.

In spruce and pine, basic density decreased with increasing annual ring width. The correlation between the variables was statistically significant. In spruce, annual ring width explained 36.9 % of the variation of basic density, in pine the corresponding figure was 24 %. In mature cultivated and natural spruce forests, the mean basic density at stump height was 373.8 and 389.4 kg/m³, respectively, and at 75 percent of tree height, the corresponding figures were 396.5 and 409.7 kg/m³. For thinnings, the average basic density at stump height was 361.7 and 412.4 kg/m³ for cultivated and natural forest, respectively, with corresponding figures at 75 percent of tree height of 346.8 and 401.0 kg/m³. The mean basic density in cultivated spruce forests varied between 371.4 at stump height and 386.6 kg/m³ at 75 percent of tree height; for natural forests, the corresponding figures were 393.2 and 408.2 kg/m³. The mean basic density of mature pine varied between 493.9 at stump height and 391.7 kg/m³ at 75 percent of tree height; for thinnings, the corresponding figures were 508.4 to 415.3 kg/m³.

In addition to the basic density, the raw density is significantly influenced by the wood's moisture content. Heartwood contains considerably less moisture than sapwood. In both spruce and pine, raw

density increased from the butt end towards the top. This is due to the decreasing percentage of heartwood within that part of the stem. In pine, there was a significant correlation between raw density and the heartwood percentage. Heartwood percentage explained 73.6 % ($R^2 = 0.736$) of the variation of raw density. Mature cultivated and natural spruce forests had mean raw densities at stump height of 728.7 and 736.8 kg/m³, respectively, and raw densities of 945.9 and 907.6 kg/m³, respectively, at 75 percent of tree height. For thinnings, the average raw density at stump height was 899.8 and 826.1 kg/m³ for cultivated and natural forests, respectively, with corresponding figures at 75 percent of tree height of 939.6 and 972.3 kg/m³. The mean raw density in cultivated forests varied between 762.9 kg/m³ at stump height and 944.7 kg/m³ at 75 percent of tree height, and in natural forests between 751.7 and 918.7 kg/m³, accordingly. The mean raw density of mature pine varied between 842.4 at stump height and 935.8 kg/m³ at 75 percent of tree height, and in pine thinnings between 882.4 and 1012.0 kg/m³, accordingly.

Crown length (%) affected taper. In both spruce and pine, taper increased with increasing crown length. Crown length accounted for 22.3 % and 19.2 % of the variation of taper (from breast height to 50 percent of tree height) in spruce and pine, respectively. Over-bark taper was least in the stem region between 25 and 50 percent of tree height. In mature cultivated and natural spruce forests, the mean taper in this part of the stem was 7.8 and 9.4 mm/m, respectively. For thinnings of both wood types, mean taper was 9.5 mm/m, whereas the mean values for mature cultivated and natural spruce forests were 8.1 and 9.4 mm/m, respectively. In mature pine forests, mean taper varied between 8.3 and 9.8 mm/m, in thinnings between 6.2 and 10.1 mm/m in the stem region between 25 and 50 percent of tree height. In mature forests and in thinnings of pine, the mean taper was 8.8 and 8.1 mm/m, respectively.

In all wood types, ovality decreased from the butt end towards the top. In mature cultivated and natural spruce forests, the mean ovality at stump height was 1.10 and 1.11, respectively, and in thinnings, 1.09 and 1.08, accordingly. For all kinds of spruce wood, most trees had an ovality coefficient at breast height of between 1.00 and 1.05 (Class B). In mature cultivated and natural forests, the share of trees was 60.4 and 48.3 %, respectively, and in thinnings it was 66.7 and 50.0 %, accordingly. Both mature pine forests and pine thinnings

had a mean ovality at stump height of 1.12. In pine as well, most trees had an ovality coefficient at breast height of between 1.00 and 1.05. In mature pine forests, the share of trees was 41.7 %, in thinnings 50.0 %.

In spruce, the relationship between double bark thickness and stem diameter was best described by a linear function, in pine by an exponential function. In the spruce data, stem diameter explained 65.3 % of the variation of double bark thickness, the corresponding figure for the pine data was 65.6 %. In mature cultivated and natural spruce forests, the mean stump double bark thickness was 13.6 and 17.6 mm, respectively, and the corresponding figures at 75 percent of tree height were 6.9 and 8.3 mm. In thinnings, stump double bark thickness varied between 10.3 and 13.9 mm, and from 4.8 to 5.9 mm at 75 percent of tree height. The mean double bark thickness in cultivated spruce forests was 12.9 mm at stump height and 6.5 mm at 75 percent of tree height; the corresponding figures in natural forests were 17.0 and 7.9 mm, accordingly. Mean double bark thickness in mature pines varied between 40.2 mm at stump height and 5.0 mm at 75 percent of tree height, the corresponding figures in thinnings were 32.9 and 4.3 mm.

The bark volume percentage in spruce remained nearly the same between stump height and 25 percent of tree height, but increased considerably further up the stem. In pine, the bark volume percentage decreased considerably from the butt end to about 50 percent of tree height, but increased

from there towards the top. Mature cultivated and natural spruce forests had a mean bark volume percentage at stump height of 8.1 and 9.7, respectively. At 75 percent of tree height, these two forest types had a mean bark volume percentage of 12.4 and 14.3, respectively. In spruce thinnings, the mean bark volume percentage at stump height varied between 9.7 and 11.2, and at 75 percent of tree height between 14.0 and 15.9. The mean bark volume percentage in cultivated forests varied from 8.4 at stump height to 12.7 at 75 percent of tree height, and in natural forests between 10.0 and 14.6, accordingly. The mean bark volume percentage in mature pines varied between 20.5 at stump height and 8.6 at 75 percent of tree height. In pine thinnings, the corresponding figures were 24.9 and 11.3.

Heartwood was only measured in pine. There was a strong correlation between the number of heartwood rings and the total number of annual rings. Age explained 96.8 % of the variation of heartwood ring number. The heartwood percentage was highest at 25 percent of tree height. In mature stands and thinnings, the mean heartwood percentage at 25 percent of tree height was 36.9 and 21.2 %, respectively, and 13.2 and 4.1 %, respectively, at 75 percent of tree height.

The results of the current study and the results generated by the Norwegian Institute of Wood Technology and the Paper and Fibre Research Institute are stored in a joint database. This provides a unique possibility to link various properties for individual trees.

LITTERATUR

- Baker, G. & Shottafer, J. E. 1968. Specific gravity relationships in plantation-grown red pine. Res. Pap. USDA For. Serv. NC-23: 15–19.
- Björklund, L., Bengtson, K. & Lönner, G. 1997. An integrated approach to improved utilisation of Scots pine. Swedish University of Agricultural Sciences (SIMS), Department of Forest-Industry-Market Studies. In: Nepveu, G. 1997(ed.). IUFRO, Second Workshop «Connection between Silviculture and Wood Quality through Modelling Approaches and Simulation Softwares», South Africa 1996. Publication France 1997. Topic 7: 271–284.
- Braathe, P. 1953. Undersøkelser over utviklingen av glisen gjenvekst av gran (Investigations concerning the Development of Norway Spruce Regeneration which is Irregularly Spaced and Varying Density). Meddr norske SkogforsVes. 12: 209–301.
- Braathe, P. & Okstad, T. 1964. Omsetning av trevirke basert på veiing og tørrstoffbestemmelse. Meddr norske SkogforsVes. 72: 1–64.
- Clark, J. & Gibbs, R. D. 1957. Studies in Tree Physiology IV. Can. J. Bot. 35.
- Echols, R. M. 1958. Variation in tracheid length and wood density in geographic races of Scots pine. Bull. Sch. For. Yale Univ. 64.
- Eide, E. 1922. Om tømmerets form i Trøndelags vassdrag. Meddr norske SkogforsVes. 1: 29 – 71.
- Ericson, B. 1966. Gallringens inverkan på vedens torr-råvolumvikt, höstvedhalt och kärnvedhalt hos tall och gran (Effect of thinning on basic density and content of late wood and heartwood in Scots pine and Norway spruce). Rapp. Inst. Skogsprod., Skogshögsk. 10: 1–116.
- Ericson, B. & Jonson, T. 1961. Preliminär rapport över björkvedsundersökningen 1958 – 1960. Medd. CellulosInd. Centrallab. Ser. B Nr 44.
- Gensci, L. 1967. Changes in wood structure in different parts of *Pinus sylvestris* stems. For. Abstr. 29: 535.
- Gensci, L. 1969. Variation in average values of anatomical characteristics of Scots pine wood with height in stem. For. Abstr. 31: 591.
- Gliserud, O. 1974. En orienterende undersøkelse over sammenhengen mellom skurlastkvalitet og avsmalning hos skurtømmer (A preliminary investigation on relation lumber quality and taper of sawtimber). Medd. Nor. inst. skogforsk. 31(6): 242–270.
- Gjerdrum, P. 1999. Prediction of heartwood in *Pinus sylvestris*. In: Nepveu, G.1999 (ed.). IUFRO, Third Workshop «Connection between Silviculture and Wood Quality through Modelling Approaches and Simulation Software», France 1999. Publication France 1999. Topic 3: 145.
- Gjerdrum, P. 2002. Heartwood in relation to age and growth rate in Scandinavian pine (*Pinus Sylvestris* L.): 11 pp. In Gjerdrum, P. 2002: Sawlog quality of nordic softwood – measurable properties and quantitative models for heartwood, spiral grain and log geometry (Sagtømmerkvalitet hos nordisk bartre – målbare egenskaper og kvantitative modeller for kjerneved, vrid vekt og stokkgeometri). Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag. Doctor Scientiarum Theses 2002: 19.
- Gjerdrum, P. & Vadla, K. 2004. Kjerneveddannelse hos furu, cembra og barlind. Norsk Skogbruk 12/04: 24–25.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Metsät. Tutkimuslait. Julk. 61(5).
- Hakkila, P. 1967. Dry weight of pine pulpwood in different parts of Finland. Paperi Puu 49: 715–717.
- Hakkila, P. 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. Comm. Inst. For. Fenn. 66.
- Hakkila, P. 1969. The Finnish pulpwood zones. Paperi Puu 51: 145–152.
- Hakkila, P. 1979. Wood Density Survey and Dry Weight Tables for Pine, Spruce and Birch Stems in Finland. Comm. Inst. For. Fenn. 96.3.
- Hakkila, P. & Panhelainen, A. 1970. On the wood properties of *Pinus contorta* in Finland (Suomessa kasvatetun *pinus contortan* puuainain ominaisuuksista). Metsät. Tutkimuslait. Julk. 73(1): 1–43.
- Haller, B. 1935. Untersuchungen über das exzentrische Dickenwachstum der Nadelholzstämme. Mitteil. d. Forstw. Abtl. g.d. Univers. Tartu. Heft. 24: 131–153.
- Henningsson, B. & Tamminen, Z. 1961. Studier över torkning, lagringsskador m.m. hos hand- och maskinbarkad tallmassaved. Skogshögskolan, Inst. för virkeslära, Stockholm. Rapport nr 34.
- Hobbelstad, K. 2002. Framtidig virkestilgang. Aktuelt fra skogforskningen 7/02: 20 pp.
- Højibø, O. A. 1998. Skogbehandling og virkeskvalitet. Institutt for skogfag, NLH. Foredragsnotat.
- Isengoma, R. C. & Nagoda, L. 1987. Strength Properties of small clear wood specimens of Sitka spruce (*Picea sitchensis* Carr.) Medd. Nor. Inst. Skogforsk. 40.6: 1–14.
- Jalva, M. 1945. Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen. Comm. Inst. For. Fenn. 33.
- Janka, G. 1909. Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der Österreichischen Bauhölzer. III. Fichte aus den Karpaten, aus dem Böhmerwalde, Ternovanerwalde und den Zentralalpen. Technische Qualität des Fichtenholzes im Allgemeinen. Mitteil. a. d. forstl. Versuchswes. Österreichs. Hft. 35: 1–127.
- Klem, G. G. 1929a. En oversikt over granvirkets kvalitet. Bilag til Tidsskr. Skogbr. 37(9): 1–96.
- Klem, G. G. 1929b. Om undersøkelser over grantømmerets kvalitet (vedinnhold) og et forslag til kvalitetsbedømmelsen av tømmer. Sliperiforsøk. Medd. PapInd. ForskKom. nr. 5: 22–50.
- Klem, G. G. 1930. Kvalitetsundersøkelser i granskog og på grantømmer. Medd. norske SkogforsVes. 3: 397–452.
- Klem, G. G. 1931. En oversikt over trefiberens finere anatomi. Papirjour. 19: 71–145.
- Klem, G. G. 1933. Hvilke lett synlige egenskaper er det hos grantømmer som betinger dets verdi for papirindustrien? Bør de nugjeldende måleregler i støpeskjeen for også å gi plass for kvalitetsmerking? Skogbrukeren 8: 7–11, 17–20.
- Klem, G. G. 1934. Undersøkelser av granvirkets kvalitet (Untersuchung über die Qualität des Fichtenholzes). Medd. norske SkogforsVes. 5: 197–348.
- Klem, G. S. 1965a. Tørrvolumvektsvariasjoner hos vanlig gran (*Picea abies* (L.) Karst.) i Norge. Norsk Skogind. 9: 348–351.
- Klem, G. S. 1965b. En sammenlikning av tørrvolumvekt og ekstraktinnhold hos furuartene *Pinus nigra*, var.

- Austrica og *Pinus sylvestris* vokst i Danmark. Dansk Skovforen. Tidsskr. 50: 434–441.
- Kucera, B. 1980. Fysiske og anatomiske egenskaper hos lavlandsbjørk. Rapp. NLFV 343/80.
- König, E. 1958. Fehler des Holzes. Holz – ZentBl. Verlags – GMBH, Stuttgart: 256 pp.
- Larson, P. R. 1957. Effect of environment on the percentage of summerwood and specific gravity of slash pine. Bull. Sch. For. Yale Univ. 63.
- Madsen, T. L., Moltesen, P. & Olesen, P. O. 1978. Tynningsstyrkens indflydelse på rødgranens rumtæthed, grentykkelse og grenmængde. Forst. ForsVæs. Danm. 36: 181–203.
- Madsen, T. L., Moltesen, P. & Olesen, P. O. 1985. Gødsningens indflydelse på rødgranens rumtæthed og tørstofproduktion. Forst. ForsVæs. Danm. 40: 141–171.
- Markström, D. C. & Yerkes, V. P. 1972. Specific gravity variation with height in Black Hill ponderosa pine. Res. Not. Rocky Mount. For. Rang. Exp. Stn. RM-213.
- Martin, H. 1901. Kritische Vergleichung der wichtigsten forsttechnischen und forstpolitischen Massnahmen Deutscher und ausserdeutscher Forstverwaltung. Zschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 33: 511–588.
- Mengkrog, Ø. 1985. Furu (*Pinus sylvestris* L.). Geografisk variasjon i vedegenskaper hos masseved fra Østlandet. Inst. for treteknologi, NLH. Notat.
- Mitchell, H. L. 1964. Patterns of variation in specific gravity of southern pine and other coniferous trees. Tappi 47: 276–283.
- Moltesen, P. 1962. Kemisk afbarking af skovtræer. Dansk Skovforen. Tidsskr. 47: 208–268.
- Moltesen, P. 1988. Skovtræernes ved og dets anvendelse. Skovteknisk Institut, Danmark. 132 pp.
- Nagoda, L. 1965. Flattrykking og eksentrisk vekst hos bjørk. Norsk Skogbr. 11(11/12): 388, 392.
- Nagoda, L. 1968. Volumvekt og vanninnhold hos gråor (*Alnus incana*) (Density and water content of grey alder (*Alnus incana*)). Meld. Norg. Landb.Høgsk. 47(13): 1–9.
- Nagoda, L. 1981. Fysiske egenskaper hos osp (*Populus tremula* L.). Meld. Norg. Landb. Høgsk. 60(7): 1–194.
- Nikitin, N. I. 1955. Chemie des Holzes. Academic – Verlag, Berlin.
- Nylinder, P. 1953. Volymviktvariationer hos planterad gran (Variations in density of planted Norway spruce). Medd. St. SkogforskInst. 43.
- Nylinder, P. 1961. Om tråd- och vedegenskapers inverkan på råvolymvikt och flytbarhet. I. Tall (Influence of tree features of wood properties on basic density and buoyance. I. Scots pine (*Pinus sylvestris*)). Upps. Inst. Virkeslära, Skogshögsk. 35: 1–35.
- Nylinder, P. 1967. Non-destructive field sampling systems for determining the wood density of standing timber over large areas, variation within and between species, and the influence of environmental and other measurable factors on wood density. Rapp. Inst. Virkeslära, Skogshögsk. 56: 1–19.
- Nylinder, P. & Hägglund, E. 1954. Standorts- och trädegenskapers inverkan på utbyte och kvalitet vid framställning av sulfitmassa av gran (The influence of stand and tree properties on yield and quality of sulphite pulp of Swedish spruce). Medd. St. SkogforskInst. 44(11): 1–184.
- Okkonen, E. A., Wahlgren, H. E. & Magelin, R. R. 1972. Relationships of specific gravity to tree height in commercially important species. Forest Prod. J. 22: 37–42.
- Okstad, T. 1987. Mekaniske egenskaper hos små feilfrie prøver av sitkagranvirke (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) (The mechanical properties of small clear specimens of Sitka spruce wood (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.)). Medd. Nor. inst. skogforsk. 40(5): 1–33.
- Okstad, T. 1988. Virkesegenskaper hos massevirke av gran (*Picea abies* L. Karst.) fra Midt-Norge. Rapport Norsk Inst Skogforsk 9: 1–28.
- Okstad, T. & Kårstad, H. 1985. Mekaniske egenskaper hos små, feilfrie prøver av granvirke (*Picea abies* L. Karst.) fra Nord-Norge (The mechanical properties of spruce wood (*Picea abies* L. Karst.) in Northern Norway). Medd. Nor. inst. skogforsk. 38(18): 1–47.
- Olesen, P. O. 1976. The interrelation between Density and Ring Width of Norway Spruce. Forst. ForsVæs. Danm. 24: 339–360.
- Olesen, P. O. 1977. The variation of the Basic Density Level and Tracheid Width within the Juvenile and Mature wood of Norway Spruce. For. Tree Impr. Arbor. Hørsholm. 12: 1–21.
- Peterson, O. & Winqvist, T. 1960. Vekt- och Fuktighetsvariationer hos bjørk under olika årstider. Rapp. Inst. Virkeslära, Skogshögsk. 28: 1–20 + vedl.
- Sandmo, J. K. 1948. Skogteknologi. H. Aschehoug & Co. (W. Nygaard), Oslo: 559 pp.
- Spurr, S. H. & Hsiung, W. 1954. Growth rate and specific gravity in conifers. J. For. 52: 191–200.
- Stemsrud, F. & Gudim, Å. 1962. Fordeling av bark og ved, vann og tørrstoff, volumvekter m.m. hos vortebjørk (*Betula verrucosa*). Tidsskr. Skogbr. 70: 36–50.
- Tamminen, Z. 1962. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. I. Tall. Skogshögskolan, Inst. för virkeslära, Stockholm. Rapport nr 41.
- Tamminen, Z. 1964. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. II. Gran. Skogshögskolan, Inst. för virkeslära, Stockholm. Rapport nr 47.
- Tamminen, Z. 1970. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. III. Bjørk. Rapp. Inst. Virkeslära, Skogshögsk. 63: 1–34.
- Tveite, B. 1976. Bonitetskurver for furu. Norsk institutt for skogforskning. Manus (Upubl.).
- Tveite, B. 1977. Bonitetskurver for gran (Site-index curves for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.)). Meddr Norsk inst. Skogforsk. 33(1): 1–84.
- Vadla, K. 2006. Virkesegenskaper hos bartrevirke i Nord-Norge – fysiske, geometriske og anatomiske egenskaper. Manus til Rapport under trykking.
- Wellwood, R. W. 1960. Specific Gravity and Tracheid Length Variations in Second Growth Western Hemlock. J. For. 58(5): 361–368.
- Zobel, B. J., Thorbjørnsen, E. & Henson, F. 1960. Geographic, site and individual tree variation in wood properties of loblolly pine. Silvae Genet. 9: 149–159.
- Östlin, E. 1963a. Barkuppgifter för tall, gran, bjørk m.fl. Del 1. Barkuppgifter för län, regioner (Bark Data for Pine, Spruce, Birch, etc. Part 1. Bark Data for Provinces and Regions). Rapp. Inst. Skogstax., Skogshögsk. 5: 1–84 + vedl.
- Östlin, E. 1963b. Barkuppgifter för tall, gran, bjørk m.fl. Del 2. Barkuppgifter för bonitets- och åldersklasser och för olika sortiment (Bark Data for Pine, Spruce, Birch, etc. Part 2. Bark Data for Site – and Age – classes and for Sawlogs and Pulpwood). Rapp. Inst. Skogstax., Skogshögsk. 6: 1–103 + vedl.

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås

tf.: +47 64 94 80 00
faks: +47 64 94 80 01

nett: www.skoglandskap.no

REGIONKONTOR
NORD-NORGE

adr.: Skogbrukets hus
NO-9325 Bardufoss

REGIONKONTOR
MIDT-NORGE

adr.: Statens hus
NO-7734 Steinkjer

REGIONKONTOR
VEST-NORGE

adr.: Fanaflaten 4
NO-5244 Fana

NORSK
GENRESSURSENTER

adr.: Raveien 9, Ås
Pb 115, NO-1431 Ås

