



Rapport fra  
Research paper of

# SKOGFORSK

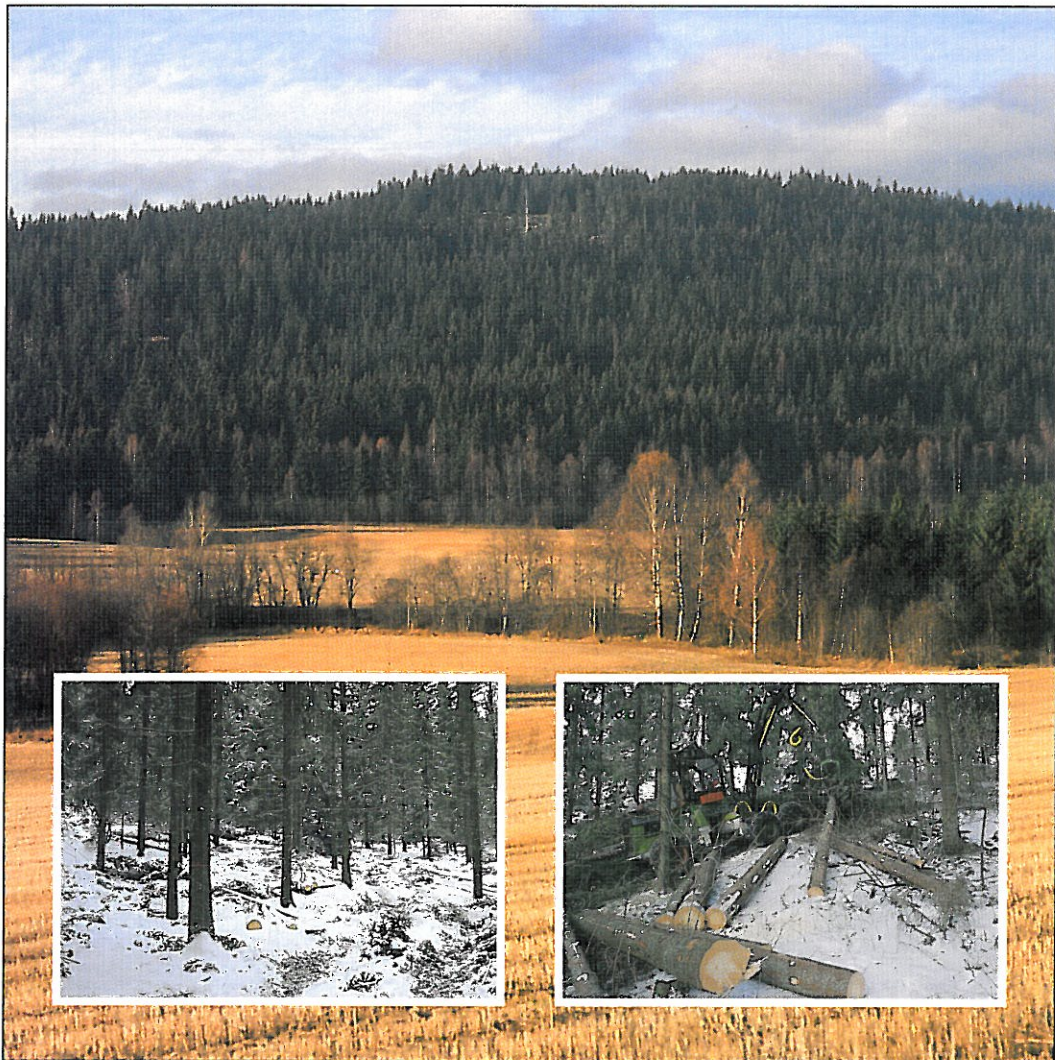
20/93

NORSK INSTITUTT FOR SKOGFORSKNING / Norwegian Forest Research Institute  
INSTITUTT FOR SKOGFAG, NLH / Department of Forestry, Agricultural University of Norway

## Flerbruksrettet driftsteknikk

*Forest operations for multiple use*

*Rapport VII fra forskningsprogrammet «Skogøkologi og flersidig skogbruk»*



Redigert av Hans E. Aamodt

1432 Ås



**Norges  
forskningsråd**

Forskningsprogrammet  
Skogøkologi og flersidig  
skogbruk er støttet av  
Forskningsrådet og  
Miljøverndepartementet.

Programsekretariat:  
Skogøkologi og flersidig  
skogbruk

**NISK**

Høgskoleveien 12, 1432 Ås

Telefon: 64 94 90 43

Telefax: 64 94 29 80

Norges forskningsråd  
P.b. 2700, St. Hanshaugen  
0131 OSLO

Telefon: 22 03 70 00

Telefax: 22 03 70 01

Forsidebilde: Tangenåsen forsøksområde i  
Sørkedalen utenfor Oslo. 60 % av kubikkmassen er  
tatt ut (med Tor 987 S) og skogbildet er bevart.  
(Fotos: Tor Gulliksen)

## **Flerbruksrettet driftsteknikk**

*Forest operations for multiple use*

Rapport VII fra forskningsprogrammet "Skogøkologi og flersidig skogbruk"

Redigert av:

Hans E. Aamodt

Seksjon driftsteknikk

Norsk institutt for skogforskning

N-1432 Ås

### **Forord**

Aamodt, H. E. (Red.) 1993. Flerbruksrettet driftsteknikk. (*Forest operations for multiple use*). Rapp. Skogforsk. 20/93: 1-40.

Denne rapporten omfatter tre selvstendige prosjekter som er gjennomført ved Norsk institutt for skogforskning (NISK), Seksjon driftsteknikk i 1991 og 1992. Prosjektene inngår i forskningsprogrammet "Skogøkologi og flersidig skogbruk".

I sammenheng med feltarbeidene vil vi takke Oslo kommune skogvesenet for disponering av forsøksarealer for "Mekaniserte lukkete hogster", skogbrukssjefen i Ulvik, Granvin & Voss, Anders Gjøstein for tilrettelegging av felt for "Sporskadeforsøk på bæresvak mark med høyt vanninnhold". Skogbrukssjefen i Trondheimsdistriktet, Kjell Nygård og skogforvalter i Trysil Skogforvaltning, Ivar Haraldseid har bistått med forsøksfelte i sammenheng med "Markberedning i skjermstilling".

Teknisk assistanse i Oslomarka ble gitt av Magnus Gartland, NISK-Ås og på Voss av Hans Nyeggen og Steve Smith fra NISK-Bergen.

Rapporten er utarbeidet i samråd med programkoordinator Knut Solbraa og prosjektansvarlig Øystein Dale, og redigert av Hans E. Aamodt.

ISBN 82-7169-629-7

ISSN 0803-2858

## Innhold

<b>I. Mekaniserte, lukkede hogster</b> .....	3
Sammendrag .....	3
1. Innledning .....	3
2. Tidligere undersøkelser .....	4
3. Materiale og metoder .....	6
3.1 Hogstformer .....	7
3.2 Maskinbeskrivelser .....	10
3.3 Tidsstudier og skaderegistreringer .....	11
4. Resultater .....	13
4.1 Bestands- og uttaksdata .....	13
4.2 Tidsforbruk ved hogst .....	15
4.3 Skader på restbestand og terreng .....	18
5. Diskusjon .....	21
6. Konklusjon .....	22
<i>Mechanized selective harvesting</i> .....	23
<b>II. Sporskadeforsøk på bæresvak mark med høyt vanninnhold</b> .....	24
Sammendrag .....	24
1. Innledning .....	24
2. Materiale og metoder .....	24
3.0 Resultater .....	27
3.1 Spordybde målinger .....	27
3.2 Jordpakking .....	28
4.0 Diskusjon og konklusjon .....	29
<i>Wheel rut depth on wet soil of low bearing capacity</i> .....	30
<b>III. Markberedning i skjermstilling</b> .....	31
Sammendrag .....	31
1. Innledning .....	31
2. Materiale og metoder .....	31
3. Resultater .....	33
4. Diskusjon .....	36
<i>Patch depth scarification in shelterwood</i> .....	39
Litteratur .....	39

## I. Mekaniserte, lukkede hogster

Av Øystein Dale, Leif Kjøstelsen & Hans E. Aamodt

### Sammendrag

I samarbeid med Oslo kommune skogvesenet ble det vinteren 1992 gjennomført lukkede hogster med Tor 987 S, engreps hogstmaskin i Osloområdet. Forsøket ble gjennomført som et blokkforsøk med flatehogst som kontroll. Resultatene viser at høytytning, gjennomhogst, gruppehogst og skjermstillingshogst lar seg gjennomføre helmekanisert med en akseptabel produksjon og kvalitet i eldre granskog. Økningen i tidsforbruket varierer i forhold til flatehogst. De viktigste produksjonsfaktorer er dimensjonen i uttaket (volum pr. tre) og uttaksprosenten (antall trær pr. daa under ellers like forhold. Resultatene i dette forsøket viser en redusert produksjon ( $m^3/virketime$ ) på 7,7 og 21,2 prosent for skjermstillingshogst (to blokker), og 24,7 og 36,0 prosent for gjennomhogst (to blokker). Registrerte skader  $>2 \text{ cm}^2$  på gjenstående trær etter hogst og utkjøring varierte fra 10 - 18 prosent for de forskjellige hogstformene. Den høye skadeprocenten skyldes i hovedsak ugunstige driftsforhold, - barmark og regn. For å redusere skadene både på terreng og restbestand er det meget viktig å velge riktig driftstidspunkt, hensiktsmessige maskiner og dyktige maskinførere. I tillegg må det foretas en skikkelig planlegging av hogstene som grunnlag for driftsinstruksen.

Nøkkelord: Lukkede hogster, engreps hogstmaskin, tidsforbruk, treskader.

Keywords: *Selective harvesting, one-grip harvester, time consumption, tree damages.*

### 1. Innledning

De driftstekniske avvirkningsprosjektene har i 1992 konsentrert seg om høymekaniserte forsøksdrifter med tidsstudier og skaderegistreringer av restbestand ved: Skjermstillingshogster, gruppehogster og skjematisk gjennomhogster i gammel skog og eldre produksjonsskog. Hogstformene er nærmere beskrevet av en rekke norske skogbrukslæreforfattere fra A. Barth (1913), til og med O. Børset (1986). Hogstformene representerer ikke noe nytt, men skjøtselsteknikken gikk i stor grad ut av bruk med økende snauflatestørrelser fra 1960 - 1990.

Forsøket er gjennomført i samarbeid med Oslo kommune skogvesenet. Spesielt i bynære områder er det stor interesse for å vurdere alternative driftsformer til flatehogst, fordi en ønsker å beholde et mer kontinuerlig skogbilde med "eldre" skog over større områder.

Det er også en økende interesse for lukkede hogster innenfor det tradisjonelle skogbruket, blant annet fra skogeiere med sterkt utnyttete skoger med liten andel eldre skog.

Lavere tømmerpriser, økte kulturkostnader, samt sterkere fokusering på kvalitetsvirke har igjen ført til større interesse for naturlig foryngelse. Skal en utnytte skogens egen reproduksjonsevne innenfor en akseptabel tidsramme, er det begrenset hvor store flater som kan hogges hvis en ønsker naturlig foryngelse av gran og furu. I tillegg er det meget viktig å finne de marktyper som lar seg forynge naturlig, både når det gjelder tilfredsstillende tetthet og ventetid.

## 2. Tidligere undersøkelser

I Skandinavia er det gjort svært få prestasjonsundersøkelser av andre hogstformer enn flatehogster og tradisjonelle lavtynninger. Heller ikke fra andre områder foreligger resultater som kan overføres til norske forhold. Det er derfor et sparsomt sammenlikningsgrunnlag, bortsett fra enkelte studier av høytynning og fjellskoghogst. En viktig årsak er 1) hogstformene har ikke blitt benyttet i praksis med moderne maskiner og 2) maskinene har ikke vært egnet for disse hogstformer før i de aller siste årene.

Av tidligere undersøkelser kan det nevnes at ved mekanisert hogst med en Volvo 995 med Valmet 955 engrepsaggregat i fjellskog (Hirkjølen/Ringebu) ved bruk av stikkveier og manuell felling av midtsonene, lå produksjonen 10 - 30 prosent lavere i forhold til flatehogst ved lik dimensjon i uttaket (Dale & Flatland 1992).

En undersøkelse av manuell fjellskog- og snauflatehogst utført av Flatland og Ødegård (1991) i Trysil kommuneskoger, viste ingen prestasjonsforskjeller mellom fjellskoghogst med 65 prosent uttak og flatehogst sammenlignet ved lik dimensjon i uttaket. Fjellskoghogsten hadde en middeldimensjon på 25,5 cm (dbh) og flatehogsten 22 cm i uttaket. Sammenligner en på dette nivået viste fjellskoghogsten et redusert tidsforbruk på 12 prosent pr. m<sup>3</sup>.

I en artikkel om prestasjoner ved mekanisert bledningshogst i fjellskog (Østersund/Sverige) ved hjelp av stikkveier og manuell felling av midtsoner, sank produksjonen fra 100 (flatehogst) til 40 trær i timen for en FMG Master (762/280). På grunn av den høye gjennomsnittsdimensjonen ved bledningshogst, 0,55 m<sup>3</sup> i uttaket, ble de rene opparbeidingskostnader fem kroner lavere enn ved en konvensjonell flatehogst, der en regner med en gjennomsnittlig uttaksdimensjon på 0,26 m<sup>3</sup> (Alriksson 1992).

Fjeld (1992) utførte en sammenligning mellom snau- og skjermstillingshogst i Trysil med en ØSA 250 Eva. Under varierende skogforhold med stor diameter- og høydespredning økte virketiden pr. m<sup>3</sup> med 24 prosent for en glissen skjerm (18 trær/daa) og 49 prosent for en tett skjerm (36 trær/daa) i forhold til flatehogst. Økningen i tidsforbruket skyldtes i første rekke en reduksjon i gjennomsnittlig uttaksdimensjon for skjermene. I tillegg medførte glisse bestand uttak av få trær pr. daa. Dermed økte både opparbeidingstiden (hensyn til restbestandet) og flyttetiden. Gjennomsnittlig uttak i m<sup>3</sup>/tre var; tett skjerm 0,15 m<sup>3</sup>, glissen skjerm 0,185 m<sup>3</sup>, flatehogst 0,23 m<sup>3</sup>.

To svenske undersøkelser av skjermstillingshogster kontra flatehogster viste et økt tidsforbruk på 1 - 3 prosent for en skjerm med 10 - 20 trær pr. daa (Schermann 1991) og 8 prosent for en skjerm med 30 trær (Frej 1990).

Når det gjelder skader på restbestand foreligger det også her få undersøkelser for lignende mekaniserte hogster. Dessuten har registreringsmetodikken for minste skadestørrelse variert.

I gjennomsnitt for hogst og kjøring ved glissen og tett skjermstilling (vinterhogst), lå andelen skadde stammer på 9,6 prosent for en engrepsmaskin og 16 prosent for en togrepsmaskin i bratt terreng (Fjeld 1992).

Fjellskoghogst ved hjelp av stikkveier medførte en skadeprosent på 7,5 ved hogst og kjøring (Dale & Flatland 1992).

Aamodt (1993) foretok skaderegistering etter mekanisert skjermstillingshogst med ØSA 707/250 - togreps hogstmaskin og utkjøring med ØSA 250 (8-hjul, 10 tonn). Undersøkelsen viste at de fleste skader oppstod ved felling og var vanligvis over rotavskjær. Andelen skadde trær varierte fra 5 - 11 prosent, men viste ingen klar sammenheng med antall gjenstående trær. Det var heller ingen sammenheng mellom skadde trær og trærnes størrelse. Ca 25 prosent av trærne hadde flere skader.

En svensk studie av høytynning med stikkveier (Nordberg & Olsson 1988) konkluderte med at det ikke var noen forskjell i andelen skadde trær mellom høy- og lavtynning og at skadenivået var akseptabelt, det vil si under 5 prosent.

Ved tradisjonelle mekaniserte tynninger konkluderte Wästerlund og Bredberg (1983) med at de fleste skader oppstod på stammens nedre del eller på røttene i form av barkflekking. I mindre enn 20 prosent av tilfellene forekom vedskader. Skadenivået var 1,2 - 4 ganger høyere om sommeren enn i vinterhalvåret. Grove trær var oftere og mer skadde enn små. En skade på 20 prosent av omkretsen kan gi et årlig tilveksttap på 14 prosent i minst 10 år. I tillegg kommer en kvalitetsreduksjon av virket.

Barkens styrke varierer med årstidene og er svakest i sevjetida. For gran er barkstyrken dobbelt så stor om høsten og øker ytterligere når barken er frosset (Wästerlund 1986).

Skader på trærne er inngangsporter for råtesopper. Undersøkelser ved NISK (Solheim 1986) viser at de fleste stammesår på gran medførte infeksjon av toppråtesoppen (*Stereum sanguinolentum*), ikke bare der vedfibrene var ødelagte, men også ved overfladiske barkflenger. Råteangrepets omfang og hastighet økte med skadens størrelse og dybde. Infeksjonsfaren er i tillegg størst i perioder med fuktig vær, i første rekke om høsten når fruktlegemene dannes og sporene spres. Når det gjelder soppens vekst vertikalt, viste målinger gjennomsnittlig 27 cm pr. år og maksimalt 84 cm pr. år (Solheim 1989).

Etter hogst av gran er stubbeplatene utsatt for infeksjon av rotråtesoppen (*Heterobasidion annosum*). Denne soppen har evnen til å bre seg i rotsystemene, og kan således infisere friske trær.

Tidligere undersøkelser ved NISK viser at råtefrekvensen øker med stigende bonitet og at spredningshastigheten øker med trærnes årringebredde. Når rotråten først har etablert seg i bestand, kan den være meget vanskelig å bli kvitt uten å foreta treslagskifte. Blandingsbestand har en lavere råtefrekvens (Enerstvedt & Venn 1979).

For å kunne estimere rotråtenes tilveksthastighet viser nye undersøkelser at det første året etter kunstig infeksjon hadde råten spredd seg med gjennomsnittlig 28,9 cm vertikalt oppover i stammen fra innpodingsstedet hvor soppen ble gjenfunnet (Huse & Venn 1993).

Risikoen for råteinfeksjon er størst i perioden fra april til september, mens den sikreste perioden er fra oktober til mars. Råte kan medføre en betydelig kvalitetsreduksjon i granbestand som behandles med gjentatte tynninger eller selektive hogster.

### 3. Materiale og metoder

Forsøket ble gjennomført vinteren 1992 i Bogstadmarka (Sørkedalen) utenfor Oslo på barmark og delvis med nedbør i form av regn. Et område på ca 250 daa granskog med middels til høy bonitet (G17 - G23) og varierende terrenghelling (0 - 40 prosent) ble først taksert og vurdert med hensyn på mulighetene for naturlig foryngelse og overføring fra nær ensaldrete til fleraldrete bestand med sjiktning. Dette danned grunnlag for en skjøtselsplan for området. Mulighetene for å oppnå tilfredsstillende resultat med naturlig foryngelse ble vurdert som relativt gode. Vegetasjonstypen var lågurt og småbregne med overgang til blåbær. I deler av forsøksfeltet med relativt lavt treantall var det allerede kommet store mengder forhåndsgjenvekst av gran.

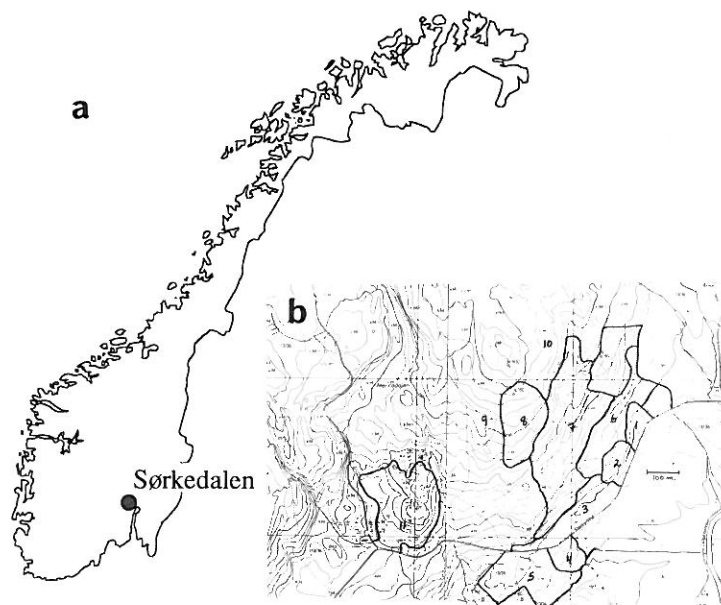


Fig. 1. Forsøksfeltene avmerket på a) oversiktskart og b) økonomisk kartverk.  
*The study area marked on a) overview map and b) detail map.*



Terrenget hadde vesentlig god bærefasthet med unntak av enkelte partier med djup og dårlig drenert jord. Et eksisterende driftsveinett ble hovedsaklig benyttet.

I forsøket inngikk følgende viktige flerbrukshensyn:

- Bevare kontinuiteten i skogbildet
- Etablere fleraldrede bestand
- Forlenget hogstmodenhetsalder, - bevare noe gammelskog
- Bevare treslagsblanding, spare lauvtrær
- Sette igjen kantsoner mot stier og veier
- Minst mulig terrengskader.

Innenfor området ble det lagt ut to forsøksblokker i eldre skog (hkl V). I hver av disse blokkene ble det gjennomført skjermstillingshogst med gjenstående trær i herskende og medherskende sjikt og varierende tetthet på skjermen, skjematisk gjennomhogst, samt ordinær flatehogst som kontrollbehandling. Inndeling i blokker ble gjort med vekt på at antall trær pr. daa, høydeklasse og terreng skulle være så likt som mulig. Et problem ved slike forsøk er nettopp å finne homogene områder. I en tredje blokk; yngre produksjonsskog, ble det forsøkt gruppehogst og høytytning. Denne blokken tilfredsstilte i mindre grad de metodiske kravene.

Blokk 1 og 2 hadde en gjennomsnittlig utgangstetthet på henholdsvis 52 og 76 trær/daa og stående volum på 36 og 28 m<sup>3</sup>/daa. Disse to blokkene var tidligere lavtynnet. I blokk 3 var gjennomsnittlig stående volum ca. 30 m<sup>3</sup> pr. daa, men med en spredning på tettheten fra 56 til 125 trær på grunn av ulik alder og bestandspleie. Alle trær, som ble tidsstudert under hogst, ble forhåndsklavet og diametermerket. Skaderegistreringer på gjenstående trær ble gjennomført etter både hogst og utkjøring.

Hogstene ble utført av en maskinfører med lang erfaring, men med liten kjennskap til disse hogstformene. Det ble lagt spesielt vekt på å minimalisere skadene i restbestand, og dermed kom erfaring fra lavtynning godt med. For å gi maskinføreren en nødvendig innføring i hogstformene og å foreta et "riktig" trevalg, ble deler av blokk 1 forhåndsblikket.

### 3.1 Hogstformer

#### Gjennomhogst

Hogstformen omtales også som plukkhogst der uttaket er bestemt både av dimensjoner, økonomi og trærnes vitalitet. Styrken i uttaket vil variere etter bestandsforholdene. Problemet med gjennomhogster kan være at de i liten grad gir muligheter for naturlig foryngelse; for lite uttak, samtidig som skogen kan bli for glissen til å gi tilfredsstillende produksjon. Resultatet kan derfor bli "grønn løgn" eller "parksog".

Fig. 2.  
Gjennomhogst.  
*Single-tree selection.*  
(Foto: L. Kjøstelsen)



### Gruppehogst

Dette er hogst av små flater, eller åpninger i bestandene. I deler av faglitteraturen (bl.a. Skinnemoen 1969) omtales dette også som småflatehogst. Børset (1986) poengterer imidlertid at dette er en lukket hogstform, og at den ikke skal knyttes til det tradisjonelle flatebegrepet. Når gjenvekstem har kommet (10 - 15 år) kan en fortsette hogsten i kantene (ringhogst). Gruppene kan legges til områder hvor det allerede er kommet inn en del forhåndsgjenvekst. Fellingen foregår slik at forhåndsgjenveksten ikke skades, vanligvis ut fra gruppa. I dette forsøket ble størrelsene på gruppene ca. 0,4 - 0,7 daa.

Fig. 3.  
Gruppehogst med  
forhåndsgjenvekst i  
bestandsåpninger.  
*Group selection with  
advanced regeneration.*  
(Foto: L. Kjøstelsen)



### Høytynning

Ved høytynning tas de største dimensjonene ut, i motsetning til ved vanlig tynning, lavtynning. Som et mål på om det er utført høy eller lavtynning kan en benytte  $d/D$  forholdet. Dette er definert som middel dbh (diameter i brysthøyde) uttak ( $d$ ) dividert på middel dbh gjenstående ( $D$ ) trær. Ved lavtynning skal forholdet være  $<0,7$ , ved høytynning  $>1$  (Langsæter 1941).

### Skjermstillingshogst

Med skjermstilling mener en vanligvis en høgskjerm der de herskende eller medherskende trærne i bestand av gran og furu utgjør skjermen. Men det kan også være aktuelt å benytte unge løvbestand, først og fremst bjørk for å etablere en såkalt lavskjerm.

En skjermstilling har kort fortalt følgende funksjoner:

- Å verne (skjerme) mark og gjenvekst.
- Å produsere frø og spre det utover (høgskjerm).
- Å produsere trevirke mens generasjonsskifte pågår.

Vernefunksjonen skal bidra til å beholde bestandsklima og i første rekke for å unngå, frost og sterk varme, forsumping og tørke, grasoppslag og insektskader (Skindemoen 1969).

Ved skjermstillingshogst i gammel granskog bør hogstvolumet ikke overstige 30 - 40 prosent på grunn av vindfellingsrisikoen. Antall skjermtrær ligger vanligvis i intervallet 20 - 40 trær pr. daa. For en klimaksart som gran bør det benyttes tette skjermstillinger og tettheten økes ved, gode jordforhold, sørhellinger og i gunstige klimatiske områder (Børset 1986).



Fig. 4. Skjermstillingshogst  
*Shelterwood cutting*  
(Foto: T. Gulliksen)

## 3.2 Maskinbeskrivelser

Tabell 1. Maskintekniske spesifikasjoner.  
*Machine specifications.*

	<b>Engreps hogstmaskin</b> <i>One-grip harvester</i>	<b>Lastetraktor</b> <i>Forwarder</i>
Type <i>Type</i>	Tor 987 S	FMG Mini Brunett
Lengde min. m/kran <i>Length min. w/boom</i>	7 200 mm	8 600 mm
Bredde <i>Width</i>	2 000 - 2 600 mm	2 500 mm
Bakkekling <i>Ground clearance</i>	0 - 850 mm	560 mm
Totalvekt <i>Weight</i>	8 500 kg	egenvekt: 8 500 kg lastekap: 7 500 kg
Marktrykk, statisk* <i>Ground pressure</i>	74 kPa - foran 70 kPa - bak	
Effekt <i>Power</i>	89 kW	62 kW
Antall hjul <i>No. wheels</i>	6	8
Dekk <i>Tyres</i>	Trelleborg Skogstwin 404 (diagonal) 400/55 - 22,5 foran 500/55 - 22,5 bak	500/55 - 22,5
Kjetting <i>Chain</i>	alle hjul (pigg)	6 hjul
Kran <i>Boom</i>	Cranab 620	FMG 110
Rekkevidde <i>Reach</i>	6 750 mm	8 700 mm
Aggregat <i>Harvesting head</i>	FMT 45	
Kappediameter <i>Max. bucking diam.</i>	450 mm	

\* Beregnet marktrykk (Dale &amp; Fløystad 1990).

Hogstmaskinen opererte fritt i bestandet med konsentrasjon av virket til utkjøringsveiene. Det ble ikke fjernet trær for å komme frem med maskinen, unntatt i helt spesielle tilfeller. Uttaket skjedde derfor i første rekke etter biologiske, ikke tekniske kriterier.

Utkjøringsveiene i bestandene ble stort sett barlagte av hogstmaskinen, med unntak av samleveiene. Regn i driftsperioden gjorde utkjøringsforholdene lite gunstige.

Fig. 5.  
Lukkete hogster med engreps  
hogstmaskin, Tor 987 S.  
*Selective harvesting*  
*w/one-grip harvester, Tor*  
*987 S.*  
(Foto: T. Gulliksen)



### 3.3 Tidsstudier og skaderegistreringer

Tidsstudiene omfattet følgende registreringer:

- Virketid ( $E_0$ ) pr. tre i cmin (1/100-dels minutt)
- Treslag og diameter
- Terrenghelling
- Maskinavstand til hvert enkelt tre ved felling.

Virketid er definert som: "tid som direkte eller indirekte er med til å forandre arbeidsobjektet i beliggenhet, tilstand eller form" (NSR 1978 s. 34).

Virketiden er igjen inndelt i:

1. Hovedtid, - opparbeiding
2. Hjelpetider, - flytting og rydding/klargjøring

- Opparbeiding omfatter den tid som benyttes til griping/felling/kvisting og kapping.
- Flytting omfatter den tid som maskinen er i bevegelse.
- Rydding/klargjøring omfatter rydding av underskog/bar og klargjøring før forflytting.

I resultatdelen er det viktig å merke seg at prestasjonstallene for hogstmaskinen bare omfatter virketid.

I forsøket inngikk ikke detaljerte tidsstudier av utkjøringsmaskinen. Forsøksopplegget var primært tilpasset hogstprestasjoner og skaderegistrering, noe som viste seg å gi for små forsøksenheter for utkjøringen. Blant annet var det vanskelig å kontrollere naboeffekten mellom feltene. Nøyaktige prestasjonsstudier av utkjøringen krever større virkeskvantum fordi studiene foretas med enkeltlass som studie-enhet.

Skaderegistreringen ble foretatt med systematiske linjetakster. Takstlinjene var 10 meter brede og lå med 25 meters mellomrom på tvers av kjøreveiene, der alle gjenstående trær ble diametermålt. Registreringene ble foretatt på de samme stedene både etter hogst og etter utkjøring.

Ved stamme- og rotskaderegistrering varierer minimumsstørrelsene på registrerte skader. Vanlig praksis har hittil vært å ta med enkeltskader  $>15 \text{ cm}^2$  (fyrstikkeske) (Nordberg 1984). I denne undersøkelsen er det tatt med alle synlige skader der veden er blottlagt. Årsaken til dette er i første rekke kunnskapen om råte i granskog. Ofte forekommer det at et tre har fått flere "småskader", slik at summen av skadearealet overstiger  $15 \text{ cm}^2$ .

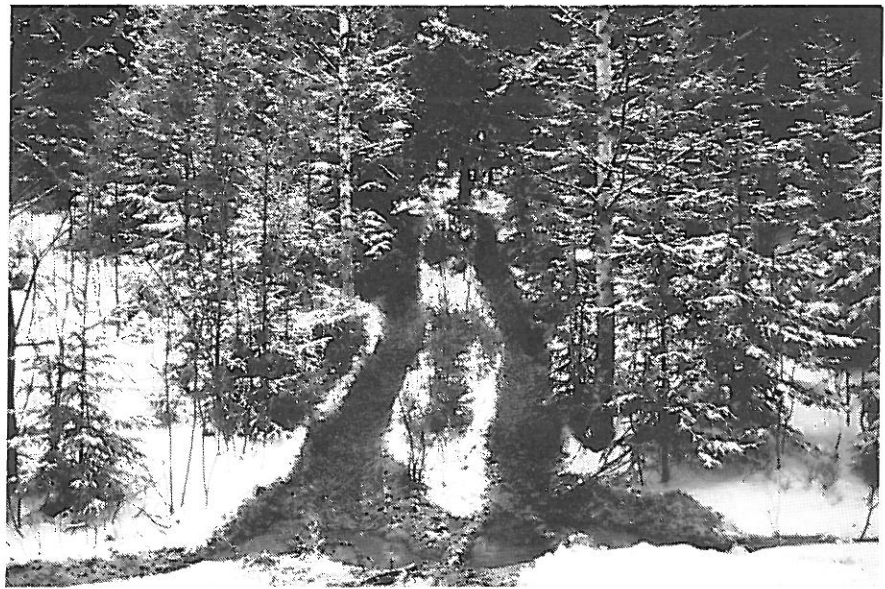


Fig. 6. Utkjøringen av virke på bløt mark med dårlig bæreevne.  
*Forwarding on wet ground with low bearing capacity.*  
(Foto: L. Kjøstelsen)

## 4.0 Resultater

### 4.1 Bestands- og uttaksdata

Tabellene 2 - 4 gir en oversikt over treantall, volum og uttaksprosent for de ulike hogstformene i de tre forsøksblokkene.

Tabell 2. Treantall, volum og uttaksprosent i blokk 1.  
*Tree density, volume and harvesting removal in block 1.*

Blokk 1 (høydeklasse 1.65) <i>Block 1 (height class 1.65)</i>								
Hogstform <i>Method</i>	Før hogst <i>Before harvest</i>			Uttak <i>Harvest</i>				
	trær/ daa	m <sup>3</sup> / daa	m <sup>3</sup> / tre	trær/ daa	%	m <sup>3</sup> / daa	%	m <sup>3</sup> / tre
Skjerm <i>Shelterwood</i>	53	39	0,74	32	60	27	69	0,84
Gj. hogst <i>Single-tree</i>	53	31	0,58	27	51	14	45	0,52
Gj. hogst <i>Single-tree</i>	51	37	0,73	23	45	15	40	0,65
Kontroll <i>Control</i>	51	37	0,73	51	100	37	100	0,73

Tabell 3. Treantall, volum og uttaksprosent i blokk 2.  
*Tree density, volume and harvesting removal in block 2.*

Blokk 2 (høydeklasse 1.45) <i>Block 2 (heightclass 1.45)</i>								
Hogstform <i>Method</i>	Før hogst <i>Before harvest</i>			Uttak <i>Harvest</i>				
	trær/ daa	m <sup>3</sup> / daa	m <sup>3</sup> / tre	trær/ daa	%	m <sup>3</sup> / daa	%	m <sup>3</sup> / tre
Skjerm <i>Shelterwood</i>	75	28	0,37	44	59	18	64	0,41
Skjerm <i>Shelterwood</i>	76	28	0,37	42	55	16	57	0,38
Gj.hogst <i>Single-tree</i>	76	28	0,37	33	43	11	39	0,33
Kontroll <i>Control</i>	76	28	0,37	76	100	28	100	0,37

Tabell 4. Treantall, volum og uttaksprosent i blokk 3.  
*Tree density, volume and harvesting removal in block 3.*

Blokk 3 (høydeklasse 1.35 - 1.6) Block 3 (heightclass 1.35 - 1.6)								
Hogstform Method	Før hogst Before harvest			Uttak Harvest				
	trær/ daa	m <sup>3</sup> / daa	m <sup>3</sup> / tre	trær/ daa	%	m <sup>3</sup> / daa	%	m <sup>3</sup> / tre
Gruppehogst Group select.	56	28	0,5	12	21	6	21	0,5
Gruppehogst Group select.	62	30	0,48	25	40	13	43	0,52
Høytynning High thinning	94	31	0,33	42	45	13	42	0,31
Høytynn. High thinning	125	30	0,24	71	57	14	47	0,2
Kontroll Control	79	41	0,52	79	100	41	100	0,52

Som en ser av tabellene 2 - 4 varierte uttaksstyrken for skjermstillingshogsten fra 55 til 60 prosent og for gjennomhogsten fra 43 til 51 prosent av treantallet (blokk 1 & 2). For gruppehogsten i blokk 3 var variasjonen større med 21 og 40 prosent uttak, mens høytynningen var henholdsvis 45 og 57 prosent uttak av treantallet.

I Fig. 7, 8 og 9 vises dimensjonfordelingene for uttakene i de tre blokkene.

Fig. 7.  
 Dimensjonsfordeling for  
 uttaket i blokk 1.  
*Diameterdistribution  
 (trees/da) of harvest in  
 block 1.*

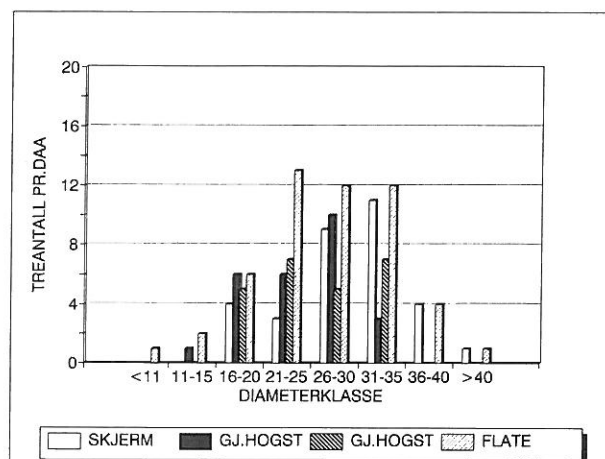




Fig. 8.  
Dimensjonsfordeling for  
uttaket i blokk 2.  
*Diameterdistribution  
(treeslta) of harvest in block  
2.*

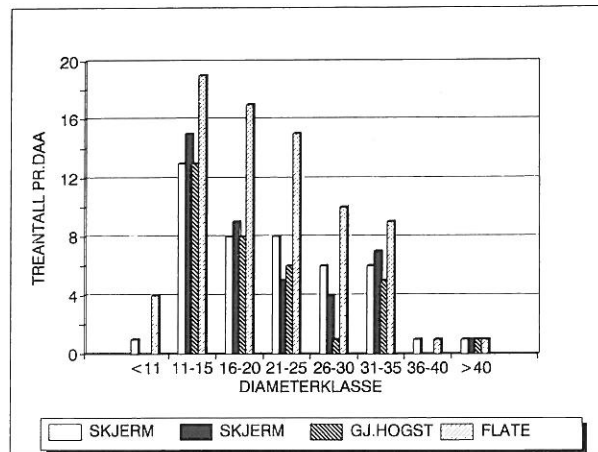
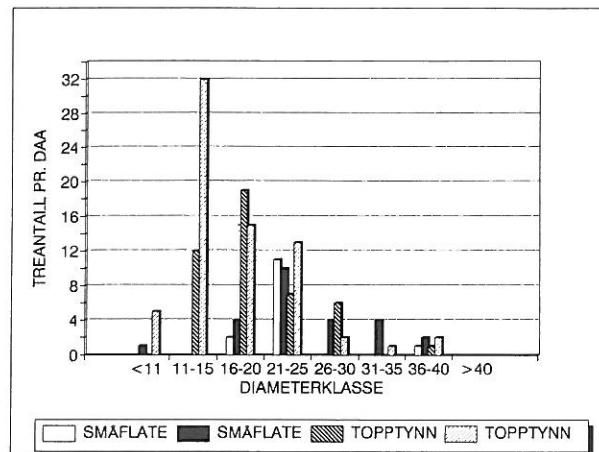


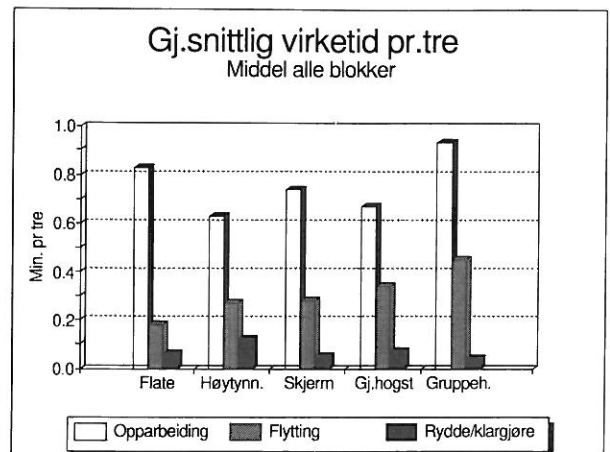
Fig. 9.  
Dimensjonsfordeling for  
uttaket i blokk 3.  
*Diameterdistribution  
(treeslta) of harvest in block  
3.*



#### 4.2 Tidsforbruk og produksjon ved hogst

Tidsforbruket pr. m<sup>3</sup> ved flytting i bestandet og felling økte ved synkende uttaksprosent. For de andre deloperasjonene, opparbeiding (griping, felling og kvisting) og rydde/klargjøring var det ikke signifikante forskjeller mellom varierende uttaksprosent eller i forhold til flatehogst ved lik dimensjon i uttaket. I Fig. 10 er dette framstilt grafisk.

Fig. 10.  
Gjennomsnittlig virketid ( $E_0$ ) pr. tre fordelt på opparbeiding, flytting og rydde/klargjøring for alle hogstformer (blokk 1, 2 & 3).  
*Average effective time ( $E_0$ ) pr. tree divided on felling/delimiting/cross cutting, moving and cleaning/ preparing for all harvesting forms (block 1, 2, & 3).*



Tabell 5 viser prosentvis gjennomsnittlig reduksjon av hogstmaskinens produksjon (kubikkmeter pr. virketime) ved skjermstillings- og gjennomhogst i blokk 1 & 2 sammenlignet ved flatehogst.

Tabell 5. Prosentvis gjennomsnittlig reduksjon av produksjonen ( $m^3/E_0$ ) i forhold til flatehogst i blokk 1 & 2.  
*Percent reduction of performance in relation to clear-cut for blocks 1 and 2.*

Hogstform <i>Method</i>	Blokk 1 <i>Block 1</i>	Blokk 2 <i>Block 2</i>
Skjermstillingshogst <i>Shelterwood cutting</i>	7,7 %	21,2 %
Gjennomhogst <i>Single tree cutting</i>	24,7 %	36,0 %

For gruppehogsten i blokk 3 var den gjennomsnittlige prestasjonen på samme nivå som kontrollen i blokk 2 (22 og 23  $m^3$  pr.  $E_0$  time), og dette skyldtes den store middeldimensjonen på uttaket.

For den planlagte høytytningen oppnådde man ikke høyere dimensjon på uttaket enn for de gjenstående trærne. Årsaken var delvis at mange av "småtrærne" hadde for dårlig krone til at de kunne satses på som videre produksjonsgrunnlag i restbestandet. Dermed ble det et relativt lite antall store dimensjoner som kunne tas ut.

Tabell 6 gir en oversikt over gjennomsnittlig produksjon i kubikkmeter pr. virketime for de ulike hogstformene basert på middeldimensjonen i uttaket. Kontrollen i blokk 3 avviker noe fra resten av materialet, og i forsøkssammenheng er den mindre tilfredsstillende.

Ved sammenligning av gjennomsnittlig uttaksvolum pr. tre mellom Tabell 6 og Tabellene 2, 3 og 4 vil en finne et avvik mellom takst- og tidsstudieresultater. Årsaken til dette er at kun deler av blokkene ble tidsstuderte.

Tabell 6. Gjennomsnittlig produksjon for hogstmaskinen i m<sup>3</sup> pr. virketime, E<sub>0</sub> (blokk 1, 2 & 3) fra tidsstudiene.

*Average performance for single-grip harvester (m<sup>3</sup> pr. effective hour) for blocks 1, 2 and 3 from timestudies.*

Blokk 1 <i>Block 1</i>		
Hogstform <i>Method</i>	vol. pr. tre (m <sup>3</sup> )	prod. m <sup>3</sup> /E <sub>0</sub>
Skjerm <i>Shelterwood</i>	0,65	25,3
Gjennomhogst <i>Single tree</i>	0,42	21,4
Gjennomhogst <i>Single tree</i>	0,51	19,9
Kontroll <i>Control</i>	0,75	27,4
Blokk 2 <i>Block 2</i>		
Hogstform <i>Method</i>	vol. pr. tre (m <sup>3</sup> )	Prod. m <sup>3</sup> /E <sub>0</sub>
Skjerm <i>Shelterwood</i>	0,32	20,4
Skjerm <i>Shelterwood</i>	0,26	15,1
Gjennomhogst <i>Single tree</i>	0,23	14,4
Kontroll <i>Control</i>	0,42	22,5
Blokk 3 <i>Block 3</i>		
Hogstform <i>Method</i>	vol. pr. tre (m <sup>3</sup> )	Prod. m <sup>3</sup> /E <sub>0</sub>
Gruppehogst <i>Group selection</i>	0,49	21,6
Gruppehogst <i>Group selection</i>	0,59	22,1
Høytynning <i>High thinning</i>	0,37	17,6
Høytynning <i>High thinning</i>	0,22	14,3
Kontroll <i>Control</i>	0,48	29,7

Siden produksjonen for hogstmaskiner er sterkt avhengig av tredimensjonene i uttaket, er det svært begrenset hvilke generelle opplysninger en kan få for den enkelte maskins produksjon ved bruk av middeltall fra forsøksdrifter. For å kunne gi mer eksakte opplysninger er det beregnet følgende regresjonsfunksjon for prestasjoner ved hogst ut fra variablene trestørrelse, uttaksprosent og treantallet før hogst:

$$M^3/t = -2,43 + 59,109 \cdot V - 29,992 \cdot V^2 + 0,0469 \cdot U + 0,0506 \cdot V \cdot U + 0,0189 \cdot T$$

$$R^2 = 0,83$$

$M^3/t$  Prestasjon i  $m^3$  pr. virketime ( $E_{01}$ )

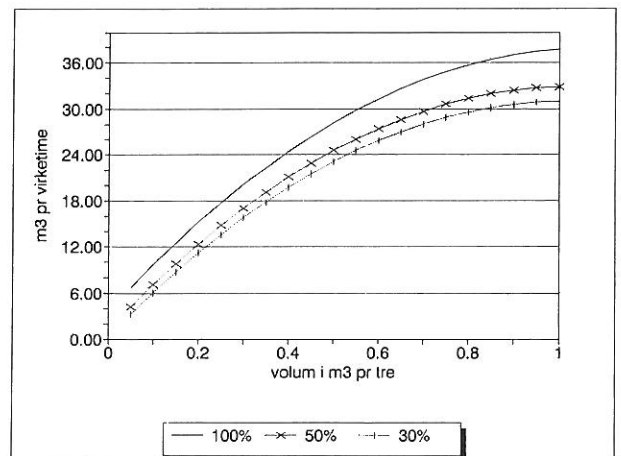
V Trevolum med bark (gran) i  $m^3$

U Uttaksprosent (av treantallet)

T Antall trær pr. daa før hogst.

Funksjonen er beregnet på grunnlag av 11 ulike uttaksprosenter fordelt på 13 forsøksenheter med tilsammen 2777 trær og gyldig for trær på inntil  $1,2 m^3$ . Funksjonen er grafisk framstilt i Fig. 11.

Fig. 11.  
Produksjon i  $m^3$  pr. virketime ved varierende trevolum ( $m^3$ ) og uttaksprosent. (Utgangstetthet 70 trær/daa).  
*Performance ( $m^3$  pr. effective hour) for varying tree volume ( $m^3$ ) and harvest removal (%).*



For blokk 3 er det mindre relevant å sammenligne med kontrollen (flatehogst), da dette delvis er yngre produksjonsskog. Men samme modell, som for blokk 1 og 2, gir en god beskrivelse av hogstmaskinens produksjon også her.

#### 4.3 Skader på restbestand og terreng

Hogstformene i denne undersøkelsen kan sammenlignes med tynningshogst hvor det er meget viktig å unngå skader på restbestand. Akseptabel skadegrense ved første gangs tynningsdrifter har i Sverige vært satt til 5 prosent av gjenstående trær

ved hogst og kjøring i henhold til Skogsvårdloven (Nordberg 1984). Denne normen er også benyttet her.

Ved hogst skjer skadene oftest ved påfelling av gjenstående trær. Opparbeidingskader (slagskader) oppstår ved løfting, kvisting og sortering av tømmeret. Under kjøring på barmark forårsaker hjulene skade på røtter i jordoverflaten, spesielt ved bruk av kjetting eller belter. Ved kjøring i ulendt eller bratt terreng uten kjetting oppstår gjerne sluring, som også gir skade på røtter. Smale veier medfører ofte at rothalsen skades av hjulene. Ved utkjøring med lastetraktor vil staker og/eller lasset slå bort i trærne, spesielt ved ujevnt underlag og når maskinen krenger.

Registreringene etter hogst og utkjøring viste stor variasjon i skadeomfanget på gjenstående trær. I deler av forsøksområdet hadde flere av trærne høytliggende rotsystem og var derfor særlig utsatt for skader. Rotskadene var mer avhengig av rotsystemets eksponering enn hogstmetoden og uttaksstyrken. Som nevnt ble forsøkene gjennomført på barmark og skadeomfanget, spesielt ved utkjøringen, må sees i lys av dette. Stammeskadene, forårsaket av hogstmaskinen, er mer tilfeldige. Ved felling av de største dimensjonene, som lå opp mot maskinens maksimale håndteringsevne, var det meget vanskelig å gjennomføre systematisk retningsfelling. Toppbrekkskader oppstår ved påfelling, først og fremst på de minste trærne. For å bevare produksjonen på underbestand, er det meget viktig å unngå skader på disse. I dette materialet fant en ikke toppskader på trær med diameter >10 cm. I Fig. 12 - 15 presenteres resultatene av skaderegistreringene.

Fig. 12.  
Skadeprosent på restbestand ved hogst og utkjøring i blokk 1 & 2.  
*Injured percent of residual stand (skadeprosent) caused by harvesting (hogst) and forwarding (kjøring) for blocks 1 & 2.*

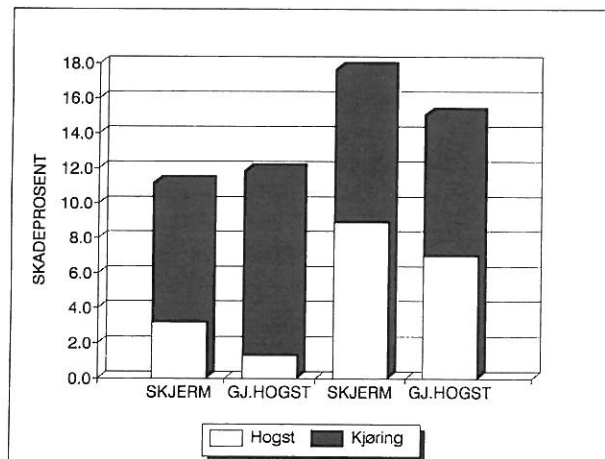


Fig. 13.  
Skadeprosent på restbestand  
fordelt på rot- og  
stammeskader i blokk 1 & 2.  
*Injured percent of residual  
stand (skadeprosent) for stem  
(stamme) and root (rot)  
injuries for blocks 1 & 2.*

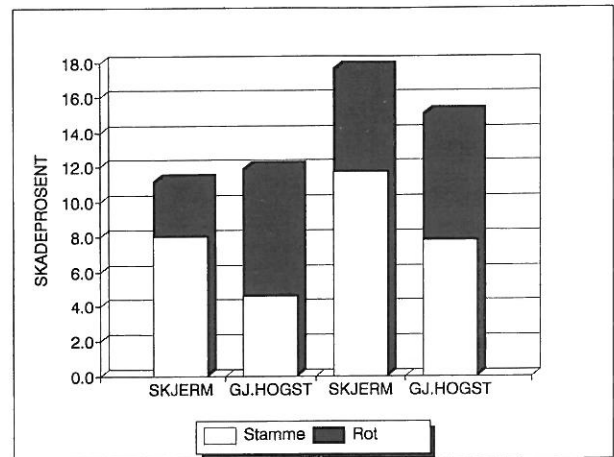
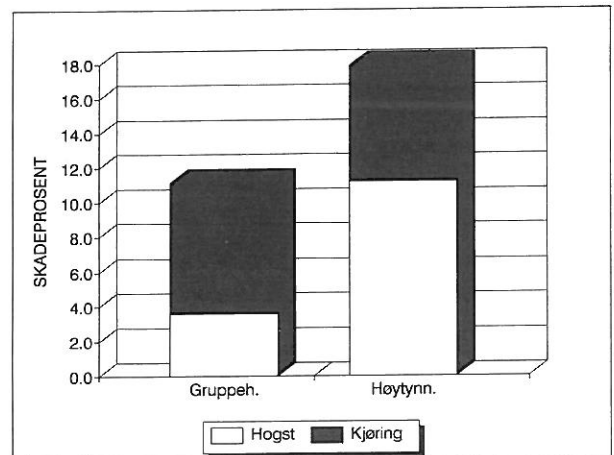


Fig. 14.  
Skadeprosent på restbestand  
ved hogst og utkjøring i  
blokk 3.  
*Injured percent of residual  
stand (skadeprosent) for  
harvesting (hogst) and  
forwarding (kjøring) for  
block 3.*



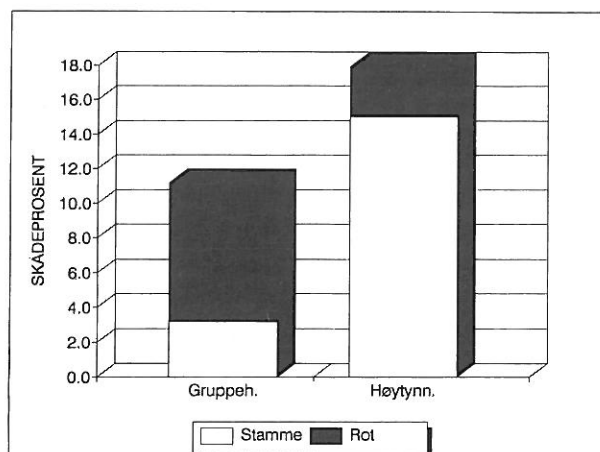
Erfaringer viser at det er utkjøringsmaskinen som forårsaker sporskader, først og fremst i basveiene der det kjøres gjentatte ganger. I svinger oppstår større skader og inntil dobbelt så store som ved rettstrekninger, blant annet på grunn av boggiens vridning sideveis (Myhrman 1990). En engreps hogstmaskin legger kvisten foran maskinen og det kjøres systematisk på "barmatta". På denne måten oppstår sjelden synlige hjulspor. Et unntak kan være ved lite treuttak og godt oppkvistet skog kombinert med bæresvak mark.

I denne undersøkelsen ble det ikke foretatt systematiske hjulsporregistreringer, da deler av veinettet allerede var merket av tidligere drifter. Naturlig nok oppstod de største spordannelsene i basveier med djupest jord, spesielt i forsenkninger i terrenget. I et område ble en lengde på ca. 50 meter utsatt for totalt markbrudd. Noe av basveisystemet i gjennomhogstene fulgte gamle hestevæier på skrå av lia. Her

medførte regnet noe erosjonsskader og en del av trærne langs veien fikk blottlagt deler av rotsystemet som igjen ble avrevet av utkjøringsmaskinen. Inne i bestandene ble det ikke funnet hjulsporskader dypere enn 10 cm.

Fig. 15.

Skadeprosent på restbestand fordelt på rot- og stammeskader i blokk 3.  
*Injured percent of residual stand (skadeprosent) for stem (stamme) and root (rot) injuries for block 3.*



## 5. Diskusjon

Dimensjonene i uttaket er svært sentrale når en sammenligner prestasjoner for hogstmaskiner, fordi prestasjonen har en sterk sammenheng med treets størrelse (volum) ved normal kvistsetting og stammeform. Uttaksdimensjonene ble redusert i skjermstillings- og gjennomhogstene i forhold til flatehogstene (Tabell 2 og 3). Dette var en viktig årsak til prestasjonsforskjellene ved de ulike hogstformene i dette forsøket.

Dimensjonene i uttaket er den faktoren som har størst betydning for hogstmaskinens prestasjon, ved ellers like forhold. Uttaksstyrken er også viktig, men betyr noe mindre.

Det er allikevel enkelte andre faktorer som kan påvirke produksjonen i negativ retning. Når ikke alle trærne skal hogges og det ikke er vanlig med forhåndsblinking, er maskinføreren nødt til å foreta (riktig) trevalg. I en fleraldret skog med mange små trær eller med mye undervegetasjon vil sikten bli redusert for føreren. I tillegg skal en unngå skader på restbestand.

Prestasjonsmodellen for den mekaniserte hogsten gir et gjennomsnittlig avvik på 4,8 prosent i forhold til den målte produksjonen fra tidsstudiene. Dette må vurderes som bra, da den enkle modellen har en stor bruksverdi og samtidig en kvalitet som kan aksepteres i skoglig planleggings- og beregningsarbeid.

Terrengets bratthet ga ikke signifikant utslag på hogstprestasjonen i stigningsintervallet 0 til 45 prosent. Dette stemmer godt overens med en tidligere undersøkelse av Tor 987 S i bratt terreng (Smith et al. 1992).

Muligheten for gruppehogst og høytynning vil være avhengig av om en har en tilstrekkelig variasjon i bestandenes høyde og alder til å opprettholde produksjonen

og en akseptabel vindfellingsrisiko. Spesielt er skjermstillinger utsatte for vindfelling og risikoen øker med uttaksstyrken. For å redusere risikoen bør en skjermstilling vindherdes med en forberedelseshogst.

I dette forsøket ble det plukket ut områder som egner seg for naturlig foryngelse. Hvis en ønsker å forynge skogen naturlig, må en før hogst forsikre seg om at marktyper, skog- og klimaforhold er slik at dette lar seg gjøre innenfor akseptabel tidsramme. Ellers er det ingenting i veien for å satse på en kombinasjon av naturlig foryngelse og suppleringsplanting.

Ved vurdering av restbestand må dette tilfredsstillende kravene til frøproduksjon, framtidskvaliteter og volum, eller til vernefunksjon for en ny generasjon. Uten tanke på foryngelse og produksjon, kan det være kort vei tilbake til den "grønne løgn"; til glisne bestand med mye grønt bar, men liten virkesproduksjon.

De driftstekniske utfordringene vil være svært avhengige av de klimatiske faktorene, i tillegg til "årstidsproblemene" en har i sevjetiden (barkavskaving). I bestand med høytliggende rotsystem eller med dårlig bæreevne kan ikke selektive hogster anbefales på barmark med dagens driftsapparat.

Ved disse hogstformene bør det ikke være skade på mer enn fem prosent av gjenstående trær. Den gjennomsnittlige skadeprosenten i dette forsøket er høyere enn hva som bør tolereres, men dette skyldtes hovedsakelig de vanskelige driftsforholdene med regn og teleløsning.

For å redusere skadene er følgende momenter viktige:

1. Benytte hensiktsmessige maskiner
2. Benytte kompetente maskinførere
3. Velge riktig driftstidspunkt ut fra terrengets kjørbarehet
4. Barlegge kjøreveier
5. Beskytte trær langs kjøreveier ved å barlegge rothals.

For å avvirke et gitt kvantum vil en ved disse hogstformene måtte spre avvirkningen over større arealer enn ved flatehogst. Dette medfører også at terrengkjøringen foregår over et større område. I mange tilfeller vil det ikke oppstå synlige skader ved én gangs kjøring med hogstmaskin og lastetraktor. Ved kjøring på barmark eller lite snø og uten tele oppstår jordpakking, oppriving av humusdekket og rotskader. Foreløpig er kunnskapen om effekten av jordpakking på trærnes tilvekst og annen vegetasjon sparsom. De resultater som foreligger fra svenske tynningsundersøkelser konkluderer med en tilvekstreduksjon på inntil 7 prosent i en femårsperiode etter hogst i granbestand. I tillegg kommer risikoen for økt spredning av råte (Olsen & Wästerlund 1989).

## 6. Konklusjon

Dette forsøket viser at en har muligheter til å gjennomføre alternative hogstformer helmekanisert med en akseptabel produksjon. For å kunne planlegge og gi riktige instruksjoner til maskinførere, er det nødvendig med gode forhåndsopplysninger om bestandene, spesielt foryngelses- og terrengmessige forhold



(bærefasthet), stående kubikkmasse og dimensjonsfordelinger. Optimalt driftstidspunkt for disse hogstformene er i vinterhalvåret med frossen og snødekt mark for minimalisere skadene på gjenstående skog og terrenget.

### **Mechanized selective harvesting**

The study of mechanized harvesting in alternative silvicultural systems, Oslo 1992, examined a one-grip harvester, Tor 987 S. The machine was used in high thinning, single-tree selection, group selection and shelterwood cutting. The results show acceptable performance and work quality. Increases in time consumption pr.  $m^3$  compared to clear-cutting vary primarily as a result of variation in average harvested tree size and percent of harvested trees per hectare. In this study harvesting performance ( $m^3$ /effective hour) was reduced 7.7 and 21.2 percent for shelterwood, and 24.7 and 36 percent for single-tree selection, when compared to clear-cutting assuming equal harvested tree dimension ( $m^3$ /tree). Damages to the residual stand (damage size  $>2 \text{ cm}^2$ ) after harvesting and forwarding varied from 10 - 18 percent. The main reason for the high damage levels is the lack of ground frost and snow during the operation. The importance of operational planning, as well as machine and operator choice is emphasized.

## II. Sporskadeforsøk på bæresvak mark med høyt vanninnhold

Av Øystein Dale og Morten Nitteberg

### Sammendrag

Sporskadeforsøk med traktor (Valmet 755) på bæresvak mark med høyt vanninnhold resulterte i fastkjøring både for traktor med tømmerhenger og traktor med vinsj etter henholdsvis fem og ni kjøring med samme lasstørrelse. Samme traktor med vinsj og påmontert tvillinghjul på bakakselen gjennomførte 18 kjøring uten problemer. Etter tre kjøring med tømmerhengeren var hjulspordybden den samme som for 18 kjøring med tvillinghjul. Små hjul på hengeren medførte at den raskt mistet flyteevnen, og ved markbrudd oppstod en ploggeffekt av hjulene som forsterket sporutviklingen. Med tvillinghjul oppnådde en større bæreflate og dermed mindre marktrykk slik at sporskadene ble minimale. Kjøring med tvillinghjul i skogen fører til store belastninger på traktoren og anbefales foreløpig bare på jevnt terreng. Tvillinghjulene gjør at maskinbredden øker og driftsopp-  
legget må tilpasses dette. Forsøket ble gjennomført på en marktype med tjukt råhumusdekke og relativt grunn mineraljord, (gjennomsnittlige jorddybde på 35 cm) med underliggende fjell. På grunn av erosjonsproblemer var det derfor begrensede muligheter for utbedringer av kjøresporene.

Nøkkelord: Sporskader, våt jord, landbrukstraktor, tvillinghjul.

*Keywords: Rut depth, wet soil, agricultural tractor, dual wheels.*

### 1. Innledning

Terrengtransport av tømmer i nedbørrike perioder i kombinasjon med bæresvak mark er et problem når det gjelder markskader; hjulspor og erosjon. Med industriens skjerpede krav til ferskt virke er problemstillingen ekstra aktuell. I denne sammenheng er det gjennomført sporskadeforsøk på Vestlandet under en svært nedbørrik periode høsten 1992.

### 2. Materiale og metoder

Forsøket ble gjennomført på Voss (Hordaland) i oktober måned 1992. Forsøksfeltet var bevest med glissen furuskog der jordsmonnet bestod av relativt grunnlendt mineraljord med et tjukt råhumusdekke. Gjennomsnittlig jorddybde var på  $35 \pm 15$  cm. Jorddybde og pakningsgrad ble målt før kjøring. Disse målingene ble brukt som grunnlag for utlegging av prøvestrekningene for å få tilnærmet like forsøksforhold. Forsøksstrekningene (10 m lengde) ble lagt ut med gjentak og i hver målestrekning ble det foretatt spordybdemålinger i begge hjulspor for hver 0,5 meter. Forsøksstrekningene lå parallelt og med en helling på 5 prosent. I hver målestrekning ble det lagt ut fire punkter for måling av densitet og fuktighet, to i hvert



Fig. 16. Forsøksområdet avmerket på kart.  
*The study area marked on map.*

hjulspor. Densitet og fuktighet ble målt for hver 10 cm dybde. Det ble målt før kjøring, etter første kjøring og etter hver tredje kjøring.

For registrering av spordybde ble det i hver målestrekning slått ned fire jernstenger til fast fjell. På stengene sitter det justerbare holdere for en 4 meter lang rettholdt. Disse ble justert i vater og brukt som referanse ved måling av terrengoverflaten og spordybde.

Densitet og fuktighet ble registrert med en CPN gammadensitetsmåler. Instrumentet måler densitet og fuktighet ved hjelp av gammastråler. To sonder føres ned i bakken. Det kan måles fra 5 til 60 cm ned i bakken med intervaller på 5 cm. Etter hver måling ble hullene tettet igjen med plugger før kjøring. Dette ble gjort for at målingene skulle kunne utføres på samme sted.

Det ble kjørt med en Valmet 755 med skogsutrustning. Dette er en stor 4-hjulsdrevet landbrukstraktor. Forsøket omfattet kjøring med 1) tømmerhenger og 2) vinsj. Ved kjøring med vinsj ble det forsøkt både standard hjulutrustning og tvilling på bakhjulene.



Fig. 17.  
CPN gammadensitetsmåler.  
*CPN gamma density meter.*  
(Foto: M. Nitteberg)

Fig. 18.  
Valmet 755 med vinsj og  
standard hjulrustning.  
*Valmet 755 equipped with  
winch and single wheels.*  
(Foto: M. Nitteberg)



Tabell 7. Hjuldimensjoner for traktor og tømmerhenger.  
*Wheeldimensions for tractor and timber trailer.*

Hjuldimensjoner <i>Wheeldimensions</i>		
Traktor <i>Tractor</i>	14,9 - 24 (forhjul)	18,4 - 34 (bakhjul)
Tømmerhenger <i>Timber trailer</i>	400/60 - 15,5	

Utrustning:

1. Moheda tømmerhenger (uten drift) med kran.
2. Igland 6000 (2-tromlet vinsj) og standard hjulrustning på traktoren.
3. Igland 6000 (2-tromlet vinsj) og tvilling på bakhjulene.

Tabell 8. Vekter for utstyr og lass under forsøket.  
*Weight of machine and load during study.*

Utstyr <i>Equipment</i>	u/lass <i>w/o load</i> (kg)	m/lass <i>w/load</i> (kg)	lass <i>load</i> (kg)
Traktor m/henger <i>Tractor w/trailer</i>	8 115	11 145	3 030
Traktor m/vinsj <i>Tractor w/winch</i>	6 500	9 170	2 670
Traktor m/vinsj og tvilling <i>Tractor w/winch and dual wheels</i>	7 000	9 670	2 670

Fig. 19.  
Valmet 755 med vinsj og  
tvillinghjul på bakakselen.  
*Valmet 755 equipped with  
winch and dual wheels on  
the rear axle.*  
(Foto: M. Nitteberg)



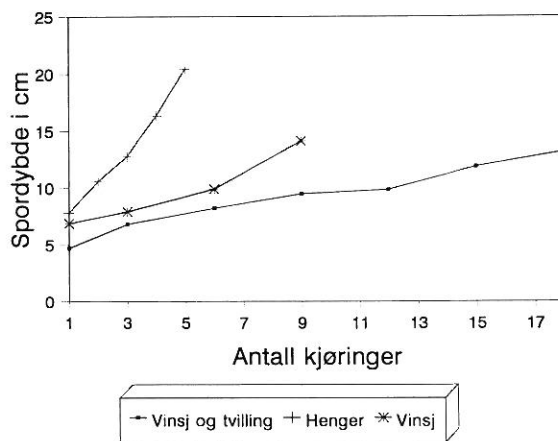
### 3. Resultater

#### 3.1 Spordybdemålinger

Med tømmerhenger måtte kjøringene stoppes allerede etter fem ganger på grunn av fastkjøring. Med vinsj og standard hjulutrustning på traktoren ble kjøringene avsluttet etter ni ganger. Kjøringen med tvillinghjul og vinsj ble avsluttet etter 18 kjøringene uten problemer.

Problemene med fastkjøring indikerte at det var store forskjeller på sporskadene, avhengig av utstyr og hjulutrustning for traktoren. Lassvekten var tilnærmet lik for de tre forsøkene med 3 m<sup>3</sup> tømmer pr. lass.

Fig. 20.  
Spordybde i cm som  
funksjon av antall kjøringe  
med forskjellig utstyr.  
*Wheel rut depth  
(spordybde) in cm for  
varying no. of passes  
(kjøringe).*



Som en ser av Fig. 20 er forskjellene mellom utstyr svært store med hensyn på spordybden. Spordybden ved tre kjøringe med henger er like stor som ved 18 kjøringe med tvillinghjul og vinsj. Tømmerhengeren har relativt små hjul med liten rullediameter, og hjulene fikk problemer med å flytte allerede ved små spordybder. Dette forsterket spordybdeutviklingen fordi hjulene etterhvert gikk som ploger da markdekket brøt sammen.

Fig. 21.  
Valmet 755 med standard  
hjul og tømmerhenger.  
*Valmet 755 (standard  
wheels) equipped with a  
timber trailer.*  
(Foto: M. Nitteberg)



### 3.2 Jordpakking

Jorda var fullstendig vannmettet etter langvarig nedbør. Dette ble også påvist av målingene i forbindelse med jordpakkingen i bunnen av hjulsporene. Ved gjentatte kjøringar og økende spordybde forskyves målepunktene nedover på grunn av komprimeringen. Liten jorddybde medførte få målinger på 30 cm etter flere kjøringar.

Fig. 22.  
Densitetsøkning/reduksjon i  
jorden ved 10 cm dybde  
( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) for varierende antall  
kjøringar med forskjellig  
utstyr.  
*Increase/decrease in bulk  
density (økning) in  $\text{g}/\text{cm}^3$  for  
varying number of passes  
(kjøringar) at 10 cm depth.*

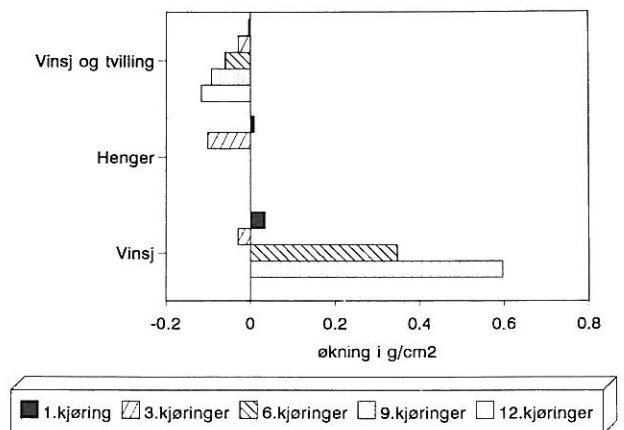


Fig. 23.

Densitetsøkning/reduksjon i jorden ved 20 cm dybde ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) for varierende antall kjøring med forskjellig utstyr.

Increase/decrease in bulk density (økning) in  $\text{g}/\text{cm}^3$  for varying number of passes (kjøring) at 20 cm depth.

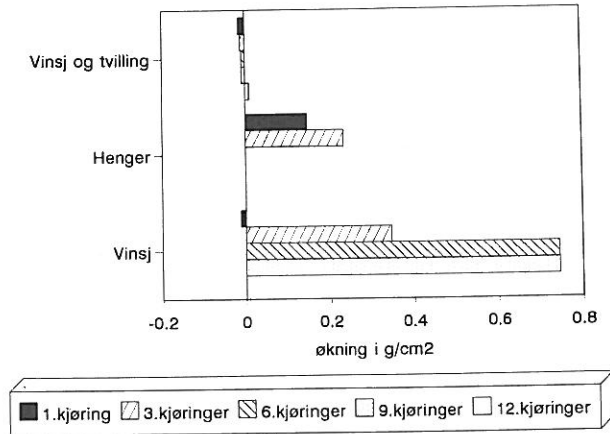
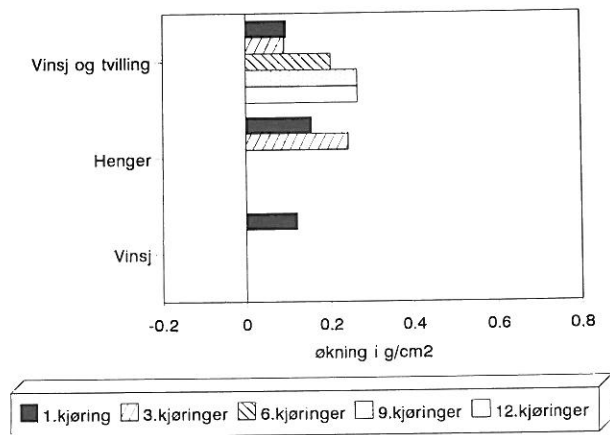


Fig. 24.

Densitetsøkning i jorden ved 30 cm dybde ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) for varierende antall kjøring med forskjellig utstyr.

Increase in bulk density (økning) in  $\text{g}/\text{cm}^3$  for varying number of passes (kjøring) at 30 cm depth.



#### 4. Diskusjon og konklusjon

Gyldigheten av resultatene for måling av jordpakking under så ekstremt våte forhold kan diskuteres, da en del av målingene, spesielt 10 og 20 cm, er måling av "jordsuppe". I noen tilfeller viser måleresultatene en faktisk nedgang i densiteten etter kjøring.

Bare kombinasjonen tvillinghjul og vinsj på traktoren hadde et akseptabelt resultat med hensyn til markskader og fremkommelighet. Tvillinghjul av standard type for landbrukstraktor må imidlertid benyttes med varsomhet, fordi traktoren utsettes for store påkjenninger. Dette kan derfor bare anbefales på jevnt terreng. Den store totalbredden er også et problem. På marktypene med liten bæreevne og samtidig liten jorddybde ser det dessuten ut til å være begrensede muligheter til varig utbedringer av kjøreskadene på grunn av erosjonsproblemer. Kontinuerlig skogsdrift i disse områdene med svært dårlig bæreevne krever derfor en bedre

teknologi enn vi har i dag. Ved bruk av dagens utstyr er det viktig at en planlegger driftene slik at utkjøringen foregår i tørre perioder eller på frossen mark.

#### **Wheel rut depth on wet soil of low bearing capacity**

The study of wheel rut development on soils of high water content and low bearing capacity resulted in the agricultural tractor (Valmet 755) becoming stuck after five and nine passes, while equipped with log trailer and winch, respectively (same load size). The same tractor equipped with winch and dual wheels on the rear axle made 18 passes without problems. Wheel rut depth after three passes with the log trailer was the same as after 18 passes with dual wheels and winch. Small trailer wheel diameter caused a rapid breakdown in soil surface structure and reduction in bearing capacity which resulted in a "ploughing" effect and accelerated rut development. The use of dual wheels increased the bearing surface such that rut development was minimal. However, the use of dual wheels in forest terrain is recommended only in even terrain because of the increase in stresses acting upon the machine. The use of dual wheels also demands increased attention to operational planning because of the increased machine width. Otherwise, erosion problems limit the possibilities for repair of wheel ruts on this site type. (Deep organic layer with shallow mineral base upon rock.)



### III. Markberedning i skjermstilling

Av Dag Fjeld

#### Sammendrag

I et forsøk med maskinell flekkmarkberedning er arbeidskvaliteten undersøkt ved ulik skjermtetthet (Trondheim og Trysil). Arbeidskvaliteten er sammenlignet på snauflater og i skjermstillinger med 17 til 36 trær pr. daa. To kriterier for arbeidskvalitet er anvendt: 1) Arealdekningen av markberedning og 2) stamme- og rotskader på gjenstående skjerm. Det ble benyttet både en- og to-rads traktoraggregat og gravemaskinmontert markberedningsutstyr. Forsøket viser at arealdekningen av kranmontert markberedningsutstyr er mindre påvirket av skjermtetthet enn traktormontert. Skader på gjenstående skjermtrær består primært av rotskader. Skadeprosenten er høy og øker med økt skjermtetthet. Resultatene indikerer at den viktigste faktor for skadeprosenten kan være andelen av blottlagt mineraljord.

Nøkkelord: Markberedning, skjermstilling, kvalitet, treskader.

*Keywords: Scarification, shelterwood, quality, tree damages.*

#### 1. Innledning

Hensikten med markberedning i dette forsøket er å bedre spireforhold og vekstbetingelser for foryngelse av gran under skjerm. Flere undersøkelser har belyst virkningen av flekkmarkberedning på foryngelse under skjermstillinger. Tidligere forsøk (Hagner 1962) benyttet mekaniserte metoder som nå er utgått. Senere forsøk (Skoklefall 1989) benyttet manuelle metoder i utformingen av standardiserte markberedningsflekker. Dagens systemer for mekanisert markberedning er utviklet for bestandsskogbruket med snauflater. Utstyret finnes i både en- og to-rads utgaver for montering på både traktorer og gravemaskiner. Formålet for denne undersøkelsen er å vurdere hvordan disse maskinkombinasjoner er egnet for bruk i varierende tettheter av skjermstillinger. Det blir brukt to kriterier for denne vurderingen: 1) andel av arealet dekket av markberedning og 2) skadefrekvens på gjenstående skjermtrær.

#### 2. Materiale og metoder

Forsøksfeltene ble anlagt i Trysil og Trondheim vinteren 1991/92. Hvert felt ble delt i tre blokker med like skog- og terrengforhold (blandingsskog av gran og furu). Innenfor hver blokk ble det hogd rektangulære behandlingsenheter med varierende skjermtetthet og med flatehogst som kontroll. Hver behandlingsenhet ble flekkmarkberedt høsten 1991 av to maskinkombinasjoner.

I Trysil ble forsøket anlagt for markberedning med traktor. Terrenget ble klassifisert som "31(41).3.2.3(4).3.u.u" ifølge Skogsarbeidens terrengtypeklassi-

fisering (1991). Behandlingsenhetenes størrelse var 75 x 100 m. 25 x 100 m ble markberedt med landbrukstraktor (Valmet 705) og en-rads mølleharv (Moheda, se Fig. 25). 50 x 100 m ble markberedt med stor lastetraktor (Kockum 875) og to-rads skålharv (Donaren 280, se Fig. 26) som var innstilt for flekkevis bearbeiding. Det ble kjørt parallelt med rutenes lengderetning. Ti prøveflater (2 x 10 m) pr. behandlingsenhet ble lagt ut i markberedningsradene for å registrere blottleggingen av mineraljord, både som antall flekker og flekkstørrelse. Videre ble det foretatt registrering av antall trær med stamme- og rotskader forårsaket av markberedningen i prøveflaten. Registrerte skader skulle være større enn 4 cm<sup>2</sup> og ligge innenfor 1,5 m fra stammen.

I Trondheim ble forsøket anlagt for markberedning med gravemaskin. Terrenget ble klassifisert som "33(43).2.2(3).3(4).3.u.u" i følge Skogsarbeidens terrengetypeklassifisering (1991). Behandlingsenhetene var her 50 x 50 m. 15 x 50 m ble markberedt med en middels stor gravemaskin (O&K RHplus) med 8 m rekkevidde og enkel skuff (profil). 15 x 50 m ble markberedt med samme basmaskinen med dobbelt-skuffe (Løkken, se Fig. 27). Seks prøveflater (3,99 m radius) pr. behandlingsenhet ble lagt ut for å registrere blottleggingen av mineraljord. Antall flekker, flekkareal og skader ble registrerte etter samme kriterier som i Trøsilforsøket.

Fig. 25.  
Valmet 705 med Moheda markberedningsaggregat  
*Valmet 705 equipped with Moheda scarifier.*  
(Foto: D. Fjeld)



Fig. 26.  
Kockum 875 med Donaren markberedningsaggregat.  
*Kockum 875 equipped with Donaren scarifier.*  
(Foto: D. Fjeld)



Fig. 27.

O&K RHplus med Løkken  
markberedningsaggregat,  
dobbel-skuffe.

*O&K RHplus equipped with Løkken  
boom-mounted scarifier.*

(Foto: D. Fjeld)



Tabell 9. Maskinbeskrivelse.

*Machine specifications.*

Basmaskin <i>Basemachine</i>	Vekt <i>Weight</i> (kg)	Lengde <i>Length</i> (cm)	Bredde <i>Width</i> (cm)	Motoreffekt <i>Power</i> (kW)
Valmet 705	3 825	443	217	61
Kockum 875	15 800	914	260	127
O&K RHplus	15 200	435*	248	62

\* uten kran

\* *without boom*

Det ble også gjennomført målinger av spirelagsforholdene i de øverste 2 cm av jorda i markberedningsfleckene. Innen hver behandlingsenhet ble det lagt ut tre prøveflater. (To blokker i hvert forsøk.) For direkte sammenligning inneholdt hver prøveflate 3 flekker av hver markberedningsmetode. Fra overflaten i hver flekk ble det samlet jord for senere analyse (vanninnhold). Gjennomtrengningmotstanden ble målt to steder i hver flekk med et konpenetrometer med konus areal 6,45 cm<sup>2</sup>. Alle målingene ble tatt i slutten av en lengre periode med oppholdsvær, juni 1992.

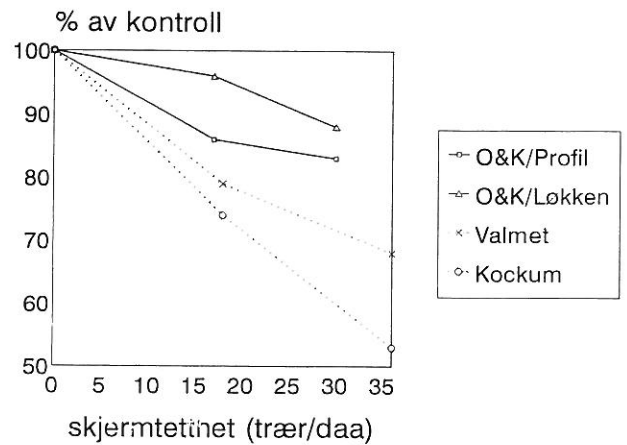
### 3. Resultater

For markberedning med traktor er avstanden mellom kjøredrag en god indikator på metodens dekning av arealet. I Trysilforsøket økte avstanden mellom kjøredragene signifikant ( $P=0,004$ ) med skjermtettheten for begge traktorer. Denne økningen er omregnet til en prosentvis reduksjon i arealdekningsgraden i forhold til flatehogst (Fig. 28). Gjennomsnittlig andel av blottlagt mineraljord var 5,8 prosent for snauflete, 4,3 prosent for glissen og 3,7 prosent for tett skjerm.

For markberedning med gravemaskin er antall flekker pr. daa. en god indikator på metodens dekning av arealet. Dette kriteriet forutsetter jevn fordeling av flekkene. I Trondheimsforsøket ble det ikke funnet signifikant reduksjon av antall

flekke pr. daa. med økende skjermtetthet ifølge prøveflatetakst. Derimot viste antall forsøkte gravetak pr. studieareal en svak avtagning. Denne reduksjonen er presentert som prosentvis reduksjon i arealdekningsgraden i forhold til flatehogst (Fig. 28). Andelen blottlagt mineraljord fra prøveflatetaksten var 8,4 prosent for både snauflate, glissen og tett skjerm.

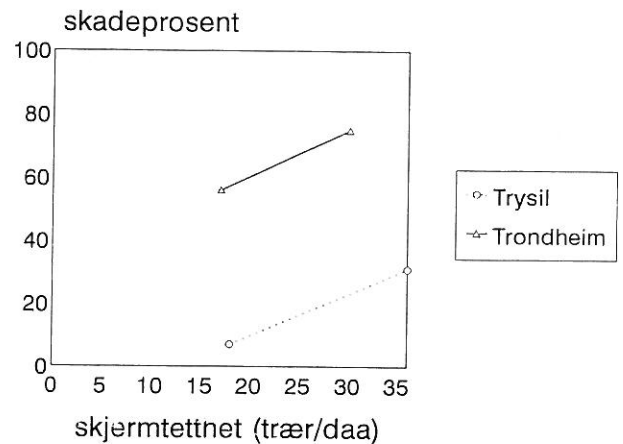
Fig. 28.  
Relativ arealdekningsgrad for markberedning i forskjellige skjermtettheter.  
*Relative coverage of area (arealdekningsgrad - % of control) for scarification in varying shelterwood density (skjermtetthet - trees/da).*



De absolutte verdier for antall kjøredrag eller gravetak pr. daa er i utgangspunktet dobbelt så mange for en-radsmetodene i forhold til to-radsmetodene.

Gjennomsnittlig skadeprosent for både Trysil- og Trondheims-forsøkene økte signifikant ( $P=0,02$  og  $P=0,03$  respektivt) med økende skjermtetthet (Fig. 29). Av de skadde trærne ble det i Trysil registrert 10 prosent stammeskader, mens det i Trondheim ble funnet kun 2 prosent.

Fig. 29.  
Skadeprosent ved varierende skjermtetthet.  
*Injured percent of residual stand (skadeprosent) for varying shelterwood density (skjermtetthet - trees/da).*



I Trysil var gjennomsnittlig flekkdybde (målt fra underkant av humuslaget) litt større for Donaren enn for Moheda. Penetrometermotstanden var største i flekkene som ble laget av Moheda aggregatet.

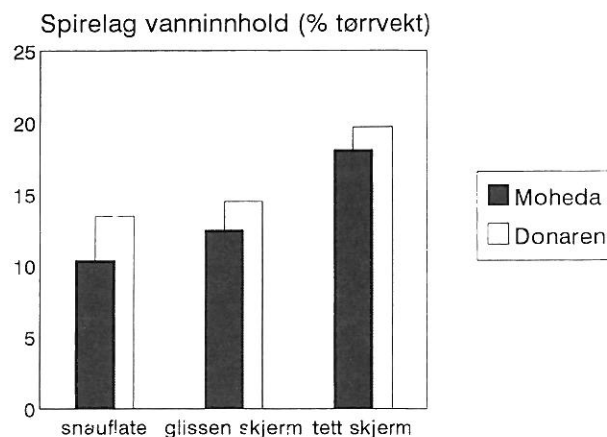
Tabell 10. Flekkdybde og penetrometermotstand. Trysil.  
*Patch depth and penetrometer resistance. Trysil.*

	Flekk dybde <i>Patch depth</i> (cm)	Penetrometermotstand <i>Penetrometer resistance</i> (kPa)
Moheda	3,3	227
Donaren	6,2	192

Innenfor de undersøkte jorddybder ble det målt høyere penetrometermotstand med avtagende flekkdybde.

Gjennomsnittlig vanninnhold (prosent tørrvekt) i spirelaget var ulik for de to aggregatene, men forskjellen var ikke statistisk signifikant. Skjermtetthet var den faktor som hadde størst innflytelse.

Fig. 30.  
Vanninnhold (% tørrvekt) i  
spirelaget. Trysil.  
*Water content (% dry weight)*  
*in seed bed. Trysil.*



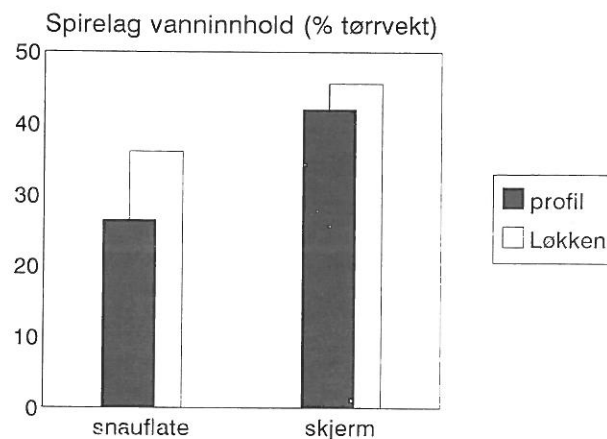
I Trondheim var gjennomsnittlig flekkdybde litt større for gravemaskin med dobbeltskuffe enn for enkelt-skuffe. Penetrometermotstanden var høyere for enkelt-skuffe.

Tabell 11. Flekkdybde og penetrometermotstand. Trondheim.  
Patch depth and penetrometer resistance. Trondheim.

	Flekkdybde Patch depth (cm)	Penetrometermotstand Penetrometer resistance (kPa)
Enkelt-skuffe	6,4	342
Dobbelt-skuffe	9,7	248

Vanninnholdet (% tørrvekt) i spirelaget varierte signifikant mellom flatehogst og skjerm, og mellom skuffetyper (Fig. 31).

Fig. 31.  
Vanninnhold (% tørrvekt) i  
spirelaget. Trondheim.  
Water content (% dry  
weight) in seed bed.  
Trondheim.



#### 4. Diskusjon

Skjermtetthetens innflytelse på arealdekningsgraden er tilknyttet de forskjellige arbeidsbredder ved ulike metoder. Maskinoperatørens største utfordring ved markberedning i skjermstilling, er den konstante leting etter hinderfrie kjøredrag mellom de gjenstående trærne. Et to-rads traktoraggregat har 4 m arbeidsbredde. En mellomstor gravemaskin kan ha en arbeidsbredde på 14,5 m. For samme arealdekning krever da gravemaskinen et nettverk av hinderfrie traséer som kun er 1/3 av det traktoren krever. Med mindre krav til kjøredragtetthet blir gravemaskinen derfor mindre påvirket av skjermtettheten. Hvis det forutsettes at en null-ruteprosent (% av 4 m<sup>2</sup> ruter med foryngelse) på 20 er akseptabelt med hensyn til framtidig volumproduksjon, så kan denne grenseverdien benyttes for vurdering av arbeidsmetodene.

Hvis det forutsettes at 250 flekker pr. daa gir en null-ruteprosent på null og 200 flekker pr. daa vil tilsvare en null-ruteprosent på 20, vil dette si at arealdekningen som behøves for en akseptabel volumproduksjon er lik 80 prosent. Arbeidsmetoder som oppnår denne arealdekningsgraden ved den ønskede skjermtetthet må kunne bedømmes som akseptable.

På grunn av mindre arbeidsbredde blir traktorens arealdekningsgrad også lettere påvirket av andre terrengfaktorer. Økningen i avstand mellom kjøredrag for større to-rads utstyr er estimert (Andersson et. al. 1990) til ca. 5 prosent pr. overflatestrukturklasse ("ytstrukturklasse" i Skogsarbeidens terrengtypeklassifisering). En slik klasse innebærer en økning av antall terrenghinder pr. daa med en faktor av 10. Denne økningen av antall hinder gir like stor reduksjon av arealdekningsgraden (omregnet fra avstand mellom kjøredrag), som en økning av skjermtetthet på fire trær pr. daa. Eventuelle samspilleffekter av terreng og skjermtetthet er ikke undersøkt.

Skader etter markberedning er hovedsakelig rotskader. Den høyere skadeprosent i Trondheim kan best forklares ved en større andel av blottlagt mineraljord enn i Trysil. Det er logisk at en større blottlegging øker sannsynligheten for å treffe skjermtrærnes rotsystem. For granas vedkommende kan disse skadene forårsake en betydelig verdireduksjon på de gjenstående trærne i form av råte, hvis de blir stående over lengre tid. I frostutsatte områder, hvor skjermen må stå lenge, kan det være mer hensiktsmessig å foreta en supplerende markberedning i trygg avstand fra skjermtrærne. Men dette vil resultere i en reduksjon av arealdekningen og dermed en økning i null-ruteprosenten. Hvis det forutsettes en behandlingsfri sone av 1,5 m rundt skjermtrærne og en maksimal null-ruteprosent på 20, gir dette en maksimal skjermtetthet på 22 trær pr. daa. Den samme null-ruteprosent med en sone på 2,0 m, vil tillate en maksimal skjermtetthet med 13 trær pr. daa.

Anbefalt markberedning for naturlig foryngelse er oftest en enkel avflåing av humuslaget uten bearbeiding av mineraljorden. Redusert hogstavfallsmengde fra skjermstillingshogsten førte til at resultatene for det lette Mohedaaggregatet var tilfredsstillende. Ellers viser forsøksresultatene at den største flekkdybden fikk en med de store dobbeltaggregatene. Donaren skålharv kan produsere svært varierende resultater, alt etter aggregatinnstillingen. Ved bruk av gravemaskin med dobbelt-skuffe ble flekkene av varierende dybde, og det viste seg å være vanskelig å kontrollere flekkdybdene på grunn av store krefter fordelt på forholdsvis små skjærflater. Senere forsøk med mindre gravemaskin (8 tonn) med enkelteskuffe resulterte i tilfredsstillende resultater, der den gjennomsnittlige flekkdybde lå i intervallet 2 - 5 cm.

Målingene av vanninnhold ble foretatt under relativt stabile forhold og resultatene ble som forventet da fuktigheten i spirelaget økte med flekkdybden. Penetrometermålingene viste i begge forsøkene at den høyeste penetrasjonsmotstanden fikk en i mineraljordens overflate for de undersøkte jorddybder. Penetrometeret er det vanligste instrument for simulert måling av jordmotstand for rotvekst. Men penetrometeret er også et instrument som ofte blir kritisert på grunn av manglende teoretisk grunnlag for dens måleegenskaper. Empirisk korrelasjon gjennom en logaritmisk transformasjon er den vanligste metoden for å finne jordtettheten ( $g/cm^3$ ). De viktigste forskjeller mellom penetrometeret og en voksende rot er:

1. Størrelse. Penetrometeret er lite fleksibelt og for stort. Dette har sammenheng med hvordan røtter vanligvis kan utnytte motstandsfrie makroporer under veksten.
2. Høy penetrasjonshastighet. Dette forårsaker opphopning av vanntrykk.
3. Friksjon. Dette gjør målingene sensitive for jordtype, konusvinkel, konusslitasje osv.

Med forbehold om disse begrensninger er penetrometeret et tidseffektivt instrument for å måle relative forskjeller i jordstyrke (Beekman 1987). De relative forskjeller som forsøksresultatene viser, krever langsiktige oppfølginger for å påvise eventuell betydning for spiring eller etablering av naturlig foryngelse.

Registrert tidsforbruk under forsøket viste at skjermens tetthet influerte direkte på antall kjøredrag/gravetak pr. daa. For de større maskinene ble det et noe høyere tidsforbruk pr. kjøredrag/gravetak i tett skjerm. Det relative virkestidsforbruket ( $E_o$ ) pr. daa for en skjerm på 30 trær/daa sammenlignet med flatehogst, varierte fra 76 til 86 prosent for traktorer og 101 til 109 prosent for gravemaskiner.

Virkestidsforbruk er bare en del av det totale tidsforbruket ved markberedning. Det må legges til både tapstider og flyttetider mellom felter for at reelle driftsøkonomiske kalkyler kan presenteres. Det er den antatte forskjellen i feltstørrelser mellom skjermstillinger og flatehogster som kan ha en stor betydning, spesielt for større maskiner med høyere prestasjoner. Hvis feltstørrelsene økes, reduserer både snutiden pr. daa under selve markberedningsarbeidet og flyttetidene pr. daa mellom feltene. Med en fordobling av feltstørrelsene kan denne effekten føre til en ytterligere reduksjon i tidsforbruket med 6 - 17 prosent.

Resultatene av disse studiene har to viktige begrensninger. For å estimere effekter av skjermtetthet alene har det vært nødvendig med like terrengforhold innenfor de enkelte gjentakene. Størrelsen på de enkelte behandlingsenheter er derfor små og den totale variasjon av de undersøkte terrengforhold er begrenset. I tillegg hadde maskinoperatørene ingen tidligere erfaring med markberedning i skjermstilling. I praksis er det en liten andel av Norges årlig avvirkningsareal som blir forynget med høgskjerm av gran, og enda mindre andel av høgskjerm som markberedes. Resultatene viser her at arealdekningsgraden for en bestemt markberedningsmetode ikke har generell gyldighet, men forholdet mellom metodene viser imidlertid at kranmonterte markberedningsaggregater har stor fleksibilitet. Er man avhengig av å beholde skjermen over lengre tid, vil en supplerende markberedning ved en lavere tetthet av skjermtrær være mer ønskelig enn en systematisk markberedning. Sammenligning av forsøksresultater med resultater fra praktiske drifter i forskjellige terrengforhold kan brukes til å gi konkrete retningslinjer for metodevalg.



### Patch depth scarification in shelterwood

This study of mechanized site preparation examines work quality in different shelterwood densities (Trysil and Trondheim). Work quality of scarification is compared between clear-cuts and shelterwood stands varying from 17 to 36 trees pr. da. The two criteria used for work quality are the treatment's coverage of the area and stem and root damages to the residual stand. Both one- and two-row scarifiers were mounted on tractors and hydraulic excavators. The results show that the coverage of area for boom-mounted equipment is less influenced by shelterwood density than for tractor-mounted equipment. Damages to the residual stand are primarily root-damages. The percent of trees damaged is high and increases with shelterwood density. The results also indicate that the factor most important for stand damage levels is probably the percent of mineral soil exposed by scarification.

### Litteratur

- Aamodt, H. E. 1993. Skader etter mekanisert skjermstillingshogst. Norsk Skogbruk nr. 4B/5.
- Andersson, G., T. Brunberg & S. Westerling 1990. Underlag för produktionsnormer för maskinell markberedning. Skogsarbeten, Redogörelse nr. 2, 1990. 34 pp.
- Alriksson, B.Å. "Blädning i kvärvt klimat en grön lögn?" Skogen 9/92. 18-20.
- Barth, A. 1913. Skogbrukslära II. Skogkulturen eller den kunstige skogforyngelse. Grøndahl & søns forlag. 330 pp.
- Beekman, F. 1987. Soil strength and forest operations. Doctoral thesis from Department of forest technique, Agricultural University, Wageningen. 168 pp.
- Bredberg, C-J & I. Wästerlund 1983. Wurzel- und Bodenschäden durch Fahrzeuge. Forstw. Cbl. 102: 86-98.
- Børset, O. 1986. Skogskjøtsel 2. Skogskjøtselens teknikk. Landbruksforlaget. 450 pp.
- Dale, Ø. & R. Flatland 1992. Bledningshogst i fjellskog. En prestasjonsstudie av motormanuell og mekanisert drift. Aktuelt fra Skogforsk 17/92. 29 pp.
- Dale, Ø. & H. Fløystad 1990. TOHR 987 S - Terrengenskaper og produksjon i tynning og sluttavvirkning. Aktuelt fra NISK 3/90. 79 pp.
- Enerstvedt, L.I. & K. Venn 1979. Råte i eldre granskog. En undersøkelse på hogstflater i Øvre Eiker. Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning nr. 35.4. 1-20.
- Fjeld, D. 1992. Snauhogst og skjermstillingshogst - en sammenligningsstudie av tidsforbruk ved mekanisert hogst. Aktuelt fra Skogforsk 11/92. 20 pp.
- Frej, J. 1990. Drettingemetoden. Skogsarbeten. Resultat nr. 6. 4 pp.
- Hagner, S. 1962. Naturlig föryngring under skärm. Akademisk avhandling, Stockholm. 263 pp.
- Huse, K. J. & K. Venn 1993. Vertical spread of *Heterobasidion annosum* Bref. isolates inoculated in stems of *Picea abies* (L.) Karst. Meddelelser fra Skogforsk 46.5. 12 pp.
- Langsæter, A. 1941. Om tynning i enaldret gran- og furuskog. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen, bind VIII: 131 - 214.
- Myhrmann, D. 1990. "Maskin". Skogsarbeten testar. Skogsarbeten. Redogörelse nr. 1: 85-92.
- Nordberg, M. 1984. Metodkurs-enggreppskördare. Skogsarbeten. Notat. 5 pp.

- Nordberg, M. & E. Olsson 1988. Höggallring - vad medfør det? Resultatredovisning från studier sommaren 1986. Skogsarbeten. Redogörelse nr. 2. 40 pp.
- NSR 1978. Nordisk avtale om skoglig arbeidstudienomenklatur. Nordiska skogsarbetsstudiernas råd. 130 pp.
- Olsen, H.J. & I. Wästerlund 1989. Fordon-mark forskning med anknytning till skoglig tillämpning vid SLU. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsteknik. Uppsatsar och Resultat nr. 149. 57 pp.
- Schermann, S. 1991. Skärm - ett lönsamt foryngningsätt? Skogsarbeten. Resultat nr. 18. 4 pp.
- Skinemoen, K. 1969. Skogskjøtsel. Landbruksforlaget. 712 pp.
- Skogsarbeten, 1991. Terrenotypsschema för skogsarbete. 28 pp.
- Skoklefeld, S. 1989. Planting og naturlig foryngelse av gran under skjerm og på snauflete. Rapport 6/89. Norsk institutt for skogforskning. 39 pp.
- Smith, S., H. Nyeggen & H. Aarra 1992. FMT TOR hogstmaskin. Forsøksdrift i sluttavvirkning på Vestlandet. Rapport fra Skogforsk 16/92. 33 pp.
- Solheim, H. 1986. Misfarging og mikroflora i ved etter såring av gran. 1. Utbredelser etter 2 år. Rapport 7/86. Norsk institutt for skogforskning. 15 pp.
- Solheim, H. 1989. Misfarging og råte etter såring av gran i tynningsbestand. Bedre virkeskvalitet. Aktuelt fra NISK nr. 1 1989. 21-26.
- Wästerlund, I. 1986. The strength of bark on pine and spruce trees. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsteknik. Rapport nr. 167. Avhandling.