



Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på mitt studium i skogfag ved Institutt for naturforvaltning (INA) ved Norges miljø- og biovitenskaplige universitet (NMBU). I løpet av de fem studieårene er det skogskjøtsel og driftsteknikk som har interessert meg mest, spesielt ungskogpleie som verdifremmende tiltak. I studietiden har jeg jobbet med planlegging og utførelse av ungskogpleie og det falt naturlig at dette skulle bli tema i min masteroppgave.

Den delen av diskusjonen som omfatter den kvantitative delen av studiet vil være basert på statistisk analyse, mens den subjektive vurderingen av de forskjellige sagnene kun er to personers meninger basert på noen ukers arbeid. Det kan være greit å ta dette i betraktning når en leser oppgaven. Ellers er mitt ønske at studien, uavhengig av resultat, kan inspirere til økt egeninnsats i skogbruket, spesielt avstandsregulering og skjøtsel i ungskog.

En stor takk rettes til veileder Jan Bjerketvedt som hele tiden har vist engasjement for arbeidet, og gitt råd underveis i skriveprosessen, Husqvarna Norge AS ved produktansvarlig Oddmund Ihle, for velvillig utlån av verneutstyr og sager, Skogbrukets Kursinstitutt for økonomisk støtte til takstarbeid, medstudent Erik Lønnum for bistand med gjennomføring av feltarbeid sommeren 2013 og skogbruksleder Tore Bekkedal i Mjøsen Skog SA for utvelgelse av bestand i Eidsvoll kommune, samt en rekke private grunneiere og Almenningsdrift Romerike AS som også har stilt arealer til disposisjon og til Olav Høibø for veiledning med databehandling og statistisk analyse.

En spesiell takk til forstkandidat og bestefar Tore Gaute Aas for inspirasjon i nesten 25 år!

Til slutt vil jeg takke alle mine medstudenter og ansatte, spesielt ved det lille men solide skogbrukermiljøet, men også øvrige forelesere og alle andre med tilknytning til NMBU-miljøet som for min del *har* gjort, og for andre vil fortsette å gjøre studietiden på Ås til de mest lærerike og unike årene av ens liv!

Norges miljø- og biovitenskaplige universitet

Ås, 1. mai, 2014

Christoffer Askheim

Sammendrag

Skogbruket i Norge har de siste 50 årene gjennomgått store forandringer. Både teknologiske fremskritt og samfunnsøkonomiske faktorer har påvirket næringen betydelig. I dag er det om lag 6500 ansatte i skogbruket, og med relativt lave tømmerpriser er optimalisering og effektivisering nødvendig i alle ledd, fra spiring til hovedhogst. Ungskogpleie er et kvalitetsfremmende tiltak som ofte nedprioriteres. Det er anslått at behovet for ungskogpleie i Norge ligger rundt 2 millioner dekar, mens det årlige arealet som ryddes er omtrent 270 000 dekar. For å bidra til økt effektivisering i ungskogpleie var målet med denne studien å kartlegge potensielle forskjeller for tre ulike ryddesager produsert av Husqvarna AB (Husqvarna) knyttet til bestandsvariable. I 2009 lanserte samme produsent kjederyddesagen 535 FBx og det var også ønskelig å belyse andre bruksområder for denne.

Nesten alle de 106 observasjonene er fra Eidsvoll kommune i Akershus fylke, og arbeidet ble utført sommer og høst 2013. Bestandene ble valgt ut av oppdragsgivere og er derfor tilfeldig utvalgt og ikke tilpasset studien. Observasjonene er delt i tre grupper; «Alle sager»; alle 106 observasjoner, Data-1; en stor tradisjonell ryddesag (555 FXT) mot kjederyddesag (535 FBx) (70 observasjoner), og Data-2 en svakere tradisjonell ryddesag (545 FXT) mot kjederyddesag (535 FBx) (36 observasjoner). Det ble utført tradisjonell avstandsregulering; enkeltrestilling. Det ble brukt multippel regresjonsanalyse og det ble utarbeidet tre modeller, med uttak, gjennomsnittlig diameter, og overhøyde som forklaringsvariabler.

Resultatene viser at ingen bestandsvariabler kan påvise prestasjonsforskjeller mellom de tre forskjellige ryddesagene. Det er derfor ikke grunnlag for å anbefale en spesifikk sag for bestemte bestandsvariabler. Modellene beskriver, med denne studiens datagrunnlag, prestasjonstider i ungskogpleie for alle tre sagtyper. Andre bruksområder for 535 FBx er kunstig kvisting opp til ca 3 meter, rydding av traséer i skog, mer presis kapping av dobbelttopp og/eller gankvist, toppkapping samt forhåndstrydding.

Abstract

Over the last five decades the forestry in Norway has changed significantly. Both technical and socio-economic factors have influenced the industry. About 6500 persons are employed in the forestry sector in Norway today, and due to the relatively low timber prices, the need for optimization is necessary in all of the areas of the forestry industry, from germination to the final harvest. Precommercial thinning is a quality improving work that often is forgotten. It is estimated that the annual need for precommercial thinning in Norway is about 200 000 hectares, while the mean annual precommercially thinned area is only 27 000 hectares. To help improve precommercial thinning, the aim of this study was to locate possible differences linked to different stand variables for different brush saws produced by Husqvarna AB (Husqvarna). In 2009, the company introduced a brush saw with a chain, the 535 FBx. It was also of interest to comment on other possible areas of application for this saw.

Almost all of the 106 plots were established in Eidsvoll municipality, Akershus county. The work was carried out during summer and fall 2013. The stands were picked out by the employers and are therefore randomly chosen, and not adapted for this study. The observations were split into three groups; "Alle sager" all of the 106 observations, Data-1; a large traditional brush saw (555 FXT) versus the 535 FBx (70 observations), and Data-2; a smaller brush saw (545 FXT) versus the 535 FBx (36 observations). The clearing method was traditional spacing; crop tree selection. Multiple regression analysis was used to establish the models with stand density and mean diameter as explanatory variables.

The results indicate that none of the stand variables could predict any difference between the three different brush saws. It is therefore not possible to recommend one certain brush saw for certain stand characteristics. With the data from this study, the models explain the operating time in precommercial thinning for all of the three brush saws. Other areas of application for the 535 FBx is artificial pruning up to approximately 3 meters, clearing of lines and routes in forests, more precise cutting of forks and/or spike knots, top cutting as well as clearing before commercial thinning.

Innhold

1 Innledning	1
1.1 Økonomi, driftsteknikk og effektivisering i skogbruket	1
1.2 Ungskogpleie.....	1
1.3 Tetthet og treslagsblanding	4
1.4 Selektiv avstandsregulering – Enkeltstilling.....	5
1.5 Skogeiers egeninnsats i skogbruket.....	5
1.6 Ryddesager og ergonomi.....	7
1.7 Problemstilling og begrensninger.....	8
2 Materiale og metode	9
2.1 Studieområdet.....	9
2.2 Bestandsdata	10
2.3 Utstyr.....	13
2.3.1 Takstutstyr.....	10
2.3.2 Ryddesager.....	10
2.4 Registrering av bestandsdata	15
2.4.1 Datainnsamling	15
2.5 Arbeidsmetode	17
2.6 Gjennomføringen	17
2.7 Databehandling.....	17
2.8 Vurdering av modellene	18
3. Resultater	19
3.1 Analyse av data	19

3.2 Alle observasjoner.....	19
3.3 Grupperte datasett	22
3.4 Prestasjonstider, Data-1.....	23
3.5 Prestasjonstider, Data-2.....	25
4. Diskusjon	27
4.1 Datasettet.....	27
4.1.1 Bestandsvariable	28
4.1.2 Forsøksfeltene	30
4.2 Prestasjonstider.....	31
4.3 Kostnader	31
4.4 «Alle sager», Modell 2	31
4.5 Data-1, Modell 4	31
4.6 Data-2, Modell 5	31
4.7 Subjektiv oppfatning av de forskjellige sogene.....	31
4.8 Bruksområder	31
5. Konklusjon.....	32
6. Litteratur	39

1 Innledning

1.1 Økonomi, driftsteknikk og effektivisering i skogbruket

Skogbruket¹ i Norge hadde et bruttoprodukt på 4,6 milliarder kroner i 2012 (Statistisk sentralbyrå 2014d). Dette utgjorde 0,16 % av brutto nasjonalprodukt (Statistisk sentralbyrå 2014b). Til sammenligning utgjorde olje- og gassektoren 24 % av brutto nasjonalprodukt i 2012 (Statistisk sentralbyrå 2014a). Skogbruket sysselsatte om lag 40 000 personer på slutten av 1940-tallet, og hadde i 2009 om lag 6500 ansatte (Rognstad & Steinset 2011). Dette sier noe om endringen i skogbrukets struktur og synliggjør behovet for at de som i dag jobber med skogbruk er avhengige av å drive effektivt og rasjonelt. En annen faktor som gjør dagens skogbruk utfordrende er tømmerprisene, som de siste 30 årene har sunket betydelig. Omregnet i 2011-kroner fikk skogeierne i gjennomsnitt ca 650 kroner per kubikkmeter tømmer i 1980, mens de fikk en gjennomsnittspris på 364 kroner i 2011 (Rognstad & Steinset 2011). I tillegg til dette har treforedlingsindustrien vært utsatt for store nedleggelse i 2006, 2011, 2012 og 2013, hvor henholdsvis Norske Skog Union, Norske Skog Follum, Peterson Paper og Södra Cell Tofte ble avvirket. Spesielt nedleggelsen på Tofte skapte ringvirkninger for tømmeromsetningen på store deler av Østlandet, og hadde store konsekvenser for lokalmiljøet. Dette setter skogbruket som næring i et makroøkonomisk og historisk perspektiv som kanskje mer enn noen gang er avhengig av optimalisering i alle ledd.

Driftsteknikken i skogbruket har også endret seg betraktelig fra 1980, hvor over 90 % av tømmeret ble avvirket motormanuelt, mens maskiner i dag står for over 90 % av avvirkningen (Rognstad & Steinset 2011). Selv om effektiviseringen har kommet langt, er behovet for ytterligere effektivisering fortsatt til stede. Fra frøsanking til slutthogst er behovet der, og et dyrt tiltak som ungskogpleie kan også effektiviseres ytterligere.

1.2 Ungskogpleie

Ungskogpleie er en investering for skogeieren (Rindal et al. 2014; Uotila et al. 2014), men tiltaket gir ingen nettogevinst ved inngrepsstidspunkt. Hvis virket tas ut maskinelt til bioenergi

¹ Skogbruket uten trelast- og treforedlingsnæringen.

kan det kanskje gi et økonomisk utbytte (Bergstrom et al. 2007). Dette krever uansett en del forutsetninger som enkelt terreng, visse bestandsvariabler, beliggenhet etc. Motormanuelt arbeid med ryddesag er fortsatt den mest anvendte metoden i ungskogpleie og er relativt kostbart fordi arbeidskraft er dyrt (Uotila et al. 2014). Maskiner med flergrepsaggregater er bygd og testet i felt i Sverige (Ligné 2004) med varierende resultater. Motormanuelt arbeid er mest effektivt, men ytterligere forskning på og utvikling av mekanisert ungskogpleie er i midlertid nødvendig for kartlegging av effektivitet og prestasjon (Ligné et al. 2005).

De siste årene har en rekke produsenter av motorsager og ryddesager lansert ryddesager med nye utforminger. Både for tradisjonell avstandsregulering og for toppkapping. Bruken av disse samt prestasjonstider er foreløpig bare kartlagt i liten grad, og også her er det behov for ytterligere forskning. Selve effektiviseringen av ungskogpleie vil trolig bare øke lønnsomheten marginalt for den enkelte skogeier. Allikevel er det snakk om besparelse av store summer når skogbruket sees under ett.

Det er bred enighet blant skogbrukere i Norge at ungskogpleie, som i denne oppgaven er å forstå som selektiv avstandsregulering etter metoden "*enkelställning*" som beskrevet av Pettersson et al. (2012), er et av de viktigste tiltakene en skogeier kan utføre. Både biologisk og økonomisk fordi skadefrekvensen hos fremtidstrærne går ned og fordi volumtilveksten på enkelttre nivå opprettholdes eller øker (Woxholt 2010). I tillegg bør en ta i betraktning de økonomiske fordelene ved bruk av skogfond med skattefordel og kommunale tilskuddsordninger. I 2011 ble det i Norge utført ungskogpleie på 271 052 dekar for 94 millioner kroner (Statistisk sentralbyrå 2011a). Antall dekar hvor det har blitt utført ungskogpleie i Norge har holdt seg relativt stabilt de siste 10 årene med et årlig gjennomsnittlig ryddet areal på nesten 270 000 dekar fra 2001 til 2011 (Statistisk sentralbyrå 2014e), men det er et uttrykt ønske blant andelslagene å få opp ungskogpleieaktiviteten ytterligere. Landbruksavdelingene hos Fylkesmennene har kommet frem til at etterslepet og behovet for ungskogpleie er om lag 2 millioner dekar (Landbruks- og matdepartementet 2005).

Definisjonen på ungskogpleie kan formuleres på mange måter, men budskapet er klart; det gjøres et tiltak i ungskogen for at den senere i omløpet skal nærme seg skogeiers mål og ønsker. I følge Børset (1986) regnes ungskogperioden fra bestandet er etablert, frem til skogen er fra 25 til 35 år gammel avhengig av boniteter og treslag. Skog og Landskap skriver i sin årsmelding fra 2010 at:

"Med ungskogpleie forstår vi en bevisst utvelgelse og helt eller delvis fristilling av framtidsstammer av de trærne som oppviser best kvalitet og av ønsket treslag. Bestandshøyden er mellom 1,3 og 10 meter. Hovedhensikten er å utvikle produksjonspotensialet i bestandet for at den fremtidige verdiproduksjonen blir størst mulig og risikoen for skader minst mulig" (Woxholt 2010). Rindal og Vollen (2009) skriver at formålet med ungskogpleie er å styre tilvekststressursene til et færre antall stammer av ønskede treslag, med et bedre utgangspunkt for å bli kvalitetstømmer. I tillegg opprettholder man valgmulighetene for fremtiden og ivaretar tidligere investeringer.

I de Nordiske landene er det forsket en god del på ungskogpleie og konsekvenser av det (Huuskonen & Hynynen 2006). Konsekvensene av å rydde et plantefelt til rett tid er også avgjørende for økonomien til skogeier, da arbeidstiden per år øker med 8,2 %, 5,2 % og 3,3 % for henholdsvis gran (*Picea abies*), furu (*Pinus sylvestris*) og bjørk (*Betula* spp.) (Uotila et al. 2014). Eller mer generelt, fra 8-42 % ved å utsette tiltaket i to år (LeBel & Dubeau 2007). Det er også utarbeidet modeller for å kunne predikere tidsbruk i ungskogpleie for bedre estimering av priser på tiltaket.

Børset (1986) argumenterer for at ungskogpleie bør utføres av skogeier da vedkomne har egne interesser og lokalkunnskap som vil gjøre skogen mer stedstilpasset. Den jevne gårdsskogeier² kan også gjøre dette for å tilegne seg et bevisst forhold til sin skogeiendom og forvaltningen av denne. Det krever imidlertid en viss faglig innsikt og kunnskap som det går an å tilegne seg ved hjelp av bøker, instruksjonshefter og kurs. Investeringene er heller ikke uoverkommelige, da ryddesager i dag, avhengig av kvalitet og produsent koster fra 4000-12 000 kroner. En forutsetning for å utføre arbeidet selv er at det oppleves som effektivt, samtidig som det er ergonomisk. Det å bruke ryddesag på en effektiv og ergonomisk måte krever at den som utfører arbeidet er i tilfredsstillende fysisk form. Det krever også god teknikk og følgelig en del trening, men tilstrekkelige ferdigheter kan opparbeides i løpet av kort tid.

² Eier fra 25 til 4999 dekar produktiv skog i samme kommune og representerer 99 % av Norges skogeiendommer (Statistisk sentralbyrå 2011b)

1.3 Tetthet og treslagsblanding

En rekke faktorer spiller inn ved valg av tetthet etter utført ungskogpleie. Først og fremst er det biologiske hensyn som vurderes, men også økonomiske vurderinger påvirker valg av tetthet (Pettersson 1993). Det viktigste spørsmålet en bør stille seg er allikevel om det skal utføres flere tiltak i bestandet etter ungskogpleie. Forutsatt kun én avstandsregulering i ungskog vil det vanligste og mest aktuelle tiltaket mellom ungskogpleie og hovedhogst være tynning(er), hvor driftsnettoen i stor grad avhenger av mange foregående skjøtselsalternativer (Tahvonen et al. 2013). Tradisjonelt er høye tettheter å foretrekke i bartrebestand for å redusere kvistdiametere og heve kvaliteten i rotstokken (Fahlvik 2005b). Ved planting av gran er ofte det anbefalte treantall det samme som etter utført ungskogpleie (Rindal et al. 2013; Rindal et al. 2014). Det betyr at dersom det ikke har kommet opp noen konkurrerende vegetasjon, eller naturlig foryngelse av ønskede treslag, trengs det ikke avstandsregulering. Et lavt uttak ved ungskogpleie senker arbeidskostnaden (Kaila et al. 2006; LeBel & Dubeau 2007), men dette valget forutsetter at den som administrerer skogen har en formening om fremtidig skjøtsel av bestandet. Det er kort sagt slik at dersom skogeier har planlagt en eller flere tynninger, kan et relativt høyt (200-300 trær da⁻¹) treantall settes igjen etter ungskogpleie. Dersom tynning ikke planlegges, er et lavere treantall (100-200 trær da⁻¹) å foretrekke. Da er det avveiningen mellom volumproduksjon og kvalitetsvirke som avgjør treantallet.

Innblanding av lauv i bartrebestand har mange positive effekter, men fører også til et lavere utbytte ved slutthogst dersom prisspennt mellom treslagene er stort. Innblanding av bjørk i blanding med gran kan føre til mer tilvekst enn tilsvarende rent granbestand dersom bjørka høstes før den når 17 meters høyde (Frivold & Frank 2002). Det vil også være aktuelt å sette igjen lauvtrær i barbestand av andre grunner så lenge lauvtrærne er under halve bestandshøyden. I tillegg er det krav om 10 % lauv på eiendomsnivå hos andelslag sertifisert av PEFC skogstandard (PEFC International 2014), så da vil de fleste skogeiere tilknyttet et skogandelslag i Norges Skogeierforbund tilfredsstillende kravene, selv om det på bestandsnivå søkes kun å ha ett hovedtreslag. Miljøhensyn knyttet til ungskogpleie dreier seg i all hovedsak om hensyn ved kantsoner, hvor det ofte er krav om å sette igjen en kant mot bekker, elver og myrer.

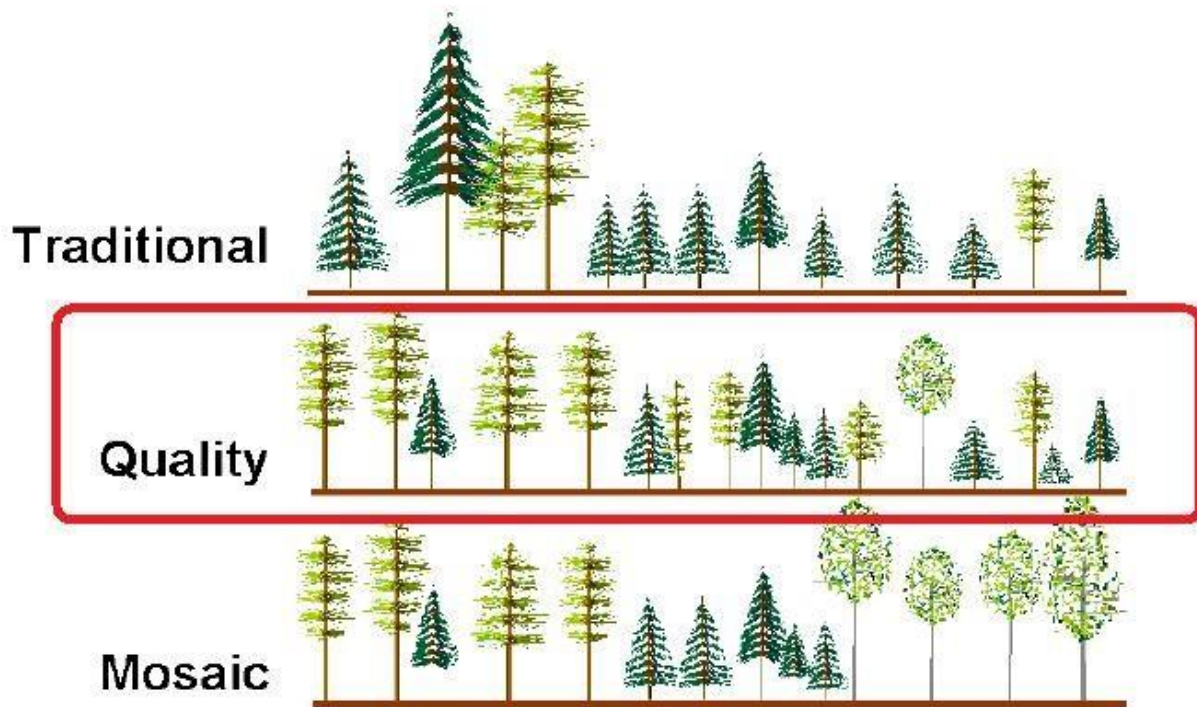
1.4 Selektiv avstandsregulering – Enkeltstilling

Forskjellige typer avstandsregulering klassifiseres på bakgrunn av utvelgelse av stammer, målet med inngrepet og tidspunktet for utførelsen (Fahlvik 2005a). Det kan enten være selektiv utvelgelse (Figur 2) eller det kan ryddes geometrisk (Børset 1986). Ved selektiv regulering settes det igjen trær på egnede voksesteder med egenskaper som gjør at disse favoriseres fremfor andre, mens det ved geometrisk regulering handler om å rydde etter et forhåndsbestemt mønster (Fahlvik 2005a). Geometrisk rydding foregår i all hovedsak med maskin, og vil derfor ikke bli mer omtalt. I denne oppgaven er det tatt utgangspunkt i at det skal ryddes selektivt, med det som mål å produsere kvalitetsvirke (Figur 1). Den selektive metoden enkeltstilling er i bartrebestand den vanligste formen for avstandsregulering (Rindal & Vollen 2009). Det er en metode som er enkel å forholde seg til fordi en søker å skape et så homogent³ bestand som mulig, og det er enkelt å kontrollere arbeidet. Uavhengig av treslagssammensetningen er målet å få fristilt så mange bartrær som mulig, og sette igjen lauvtrær som utfyllingstrær dersom det eventuelt er hull i bestandet.

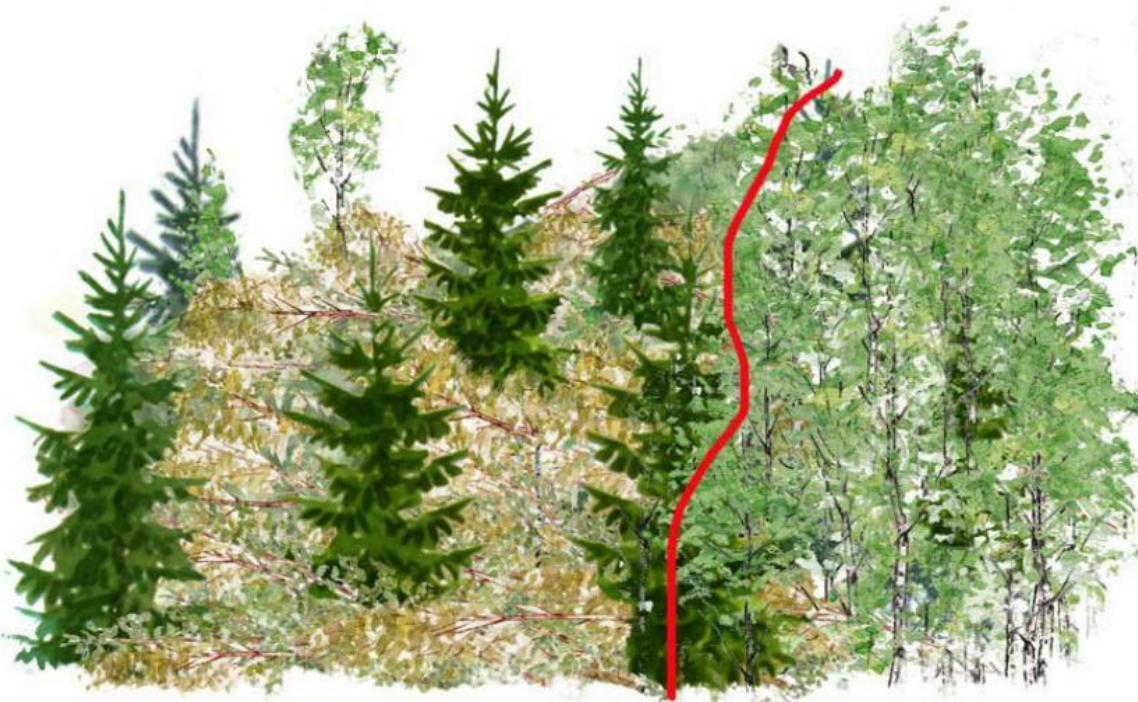
1.5 Skogeiers egeninnsats i skogbruket

Egeninnsatsen i skogbruket har sunket betraktelig i takt med de tidligere omtalte endringene i skogbruket. Det er store muligheter for vellykket egeninnsats for skogeiere, selv med lite bakgrunnskunnskap kan en god del skogsarbeid utføres, spesielt planting, ungskogpleie og andre enkle skjøtselstiltak. Økonomien i å utføre arbeid selv er også relativt god, hvis fakturering til eget foretak dekkes med skogfond, og prisen på eget arbeid er konkurransedyktig (Fylkesmannen i Hedmark 2013)

³ Her: Jevnest mulig diameter- og høydefordeling.



Figur 1. Forslag til skogbilde etter utført ungskogpleie. Illustrasjon: Nils Fahlvik



Figur 2. Enkelstilling av bartrær. Illustrasjon: Bo Person (Pettersson et al. 2012)

1.6 Ryddesager og ergonomi

Helt siden ryddesagen ble introdusert sent på 40-tallet i USA (Ligné 2004) og Skandinavia på 50-tallet har den sett tilnærmet lik ut (Gunnarson 2010). Det som er endret siden lanseringen er tekniske forbedringer som motoreffekt, vekt- og vibrasjonsreduksjon samt bæresystemets ergonomi (Gunnarson 2010). Prinsippet er enkelt; en totaktsmotor driver en rett aksling koblet til et vinkeldrev som driver sagbladet. Sagen bæres på høyre siden av kroppen, og teknikken går ut på å føre/slå bladet mot trestammen. Det fører til at belastningen på kroppen er skjevfordelt, samtidig som bevegelsene ofte vil være brå. På slutten av 1990-tallet ble det fastslått at blant 2300 patenter var tradisjonell ryddesag det mest effektive i ungskogpleie (Ligné 2004).

I løpet av de siste ti årene har det blitt utviklet flere forskjellige kjederyddesager. Av ledende produsenter er både Andreas Stihl AG & Company og Husqvarna leverandører av kjederyddesager, men Husqvarna sin modell 535 FBx (Figur 8) fraviker sterkt fra det tradisjonelle designet. Motoren er montert i en ramme som bæres på lik linje med en tursekk (Gunnarson 2010). Kraftoverføringen er en wire som går fra motoren i et fleksibelt rør rundt høyre hofte, frem til et vinkeldrev som driver kjedet rundt. Skjæreutrustningen har et strikkoppheng som muliggjør kapping lavt (10-20 cm) og høyt (opptil 3 meter), og horisontalt og vertikalt med høy presisjon (Husqvarna AB 2013a). Langtidsbelastningen på rygg kan trolig oppleves svakere fordi motorens vekt fordeler seg jevnt. Tilnærmingen til hvert enkelt tre blir annerledes fordi en kapper med et kjede og ikke blad, noe som fører til en teknikk som fraviker fra tradisjonelle ryddesager. Arbeidet vil være mindre preget av slag mot stamme på grunn av jevnere bevegelser. Selve stubbeavskjæret vil være skråstilt fordi sagen i utgangspunktet er ment for midjerydding. Dette fører til at fibre i veden kappes skrått og ikke på tvers, noe som potensielt kan påvirke effektiviteten i kappingen da 535 FBx leverer 1,6 kW mot 2,2 kW og 2,8 kW for henholdsvis 545 FXT og 555 FXT.

Kjederyddesag kan være et alternativ for den jevne gårdsskogeier. Spesielt hvis en tar i betraktning at dette er en arbeidsoppgave som ofte utføres med lange tidsintervaller. Ofte et år eller mer for mange, avhengig av skogeiers interesser, hogstklassefordeling, eiendomsstørrelse etc. Noe fysisk grunnlag og teknikk opprettholdes derfor ikke noen særlig grad, noe som er essensielt ved bruk av tradisjonell ryddesag. Mange skogeiere og bønder bruker langt oftere

vanlig motorsag i sin arbeidshverdag, og derfor kan det tenkes at å bruke en kjederyddesag vil være enklere enn å benytte seg av tradisjonell ryddesag.

Husqvarnas kjederyddesag ble for øvrig ikke produsert med det formål å være en konkurrent til de tradisjonelle ryddesagene, men ble utviklet for toppkapping og midjerydding i ungskogpleie, pers. med. (Ihle 2013). Det er allikevel mulig å kappe langt nok ned på stammen for å tilfredsstille normale krav til stubbehøyder med kjederyddesagen, og derfor er den i denne studien sammenlignet med tradisjonelle ryddesager.

1.7 Problemstilling og begrensninger

Hovedmålet er å se om det finnes forskjeller i prestasjonstid mellom tradisjonell ryddesag og kjederyddesag knyttet til ulike bestandsvariable. Det var også et ønske å registrere tidsbruk i ungskogpleie ved bruk av forskjellige ryddesager. Forklaringsvariabler registrert i felt var diameter, tetthet før og etter inngrep, høyde, og terreng.

Kvalitative forskjeller mellom typer sager vil kommenteres i diskusjonen, men dette er ikke basert på et vitenskapelig grunnlag da det kun er to personers subjektive meninger. Disse kommentarene vil uansett gi et inntrykk av hvordan de forskjellige sagene oppleves og hva bruksområdene er. Økonomiske aspekter er kort kommentert.

Hovedhypotese:

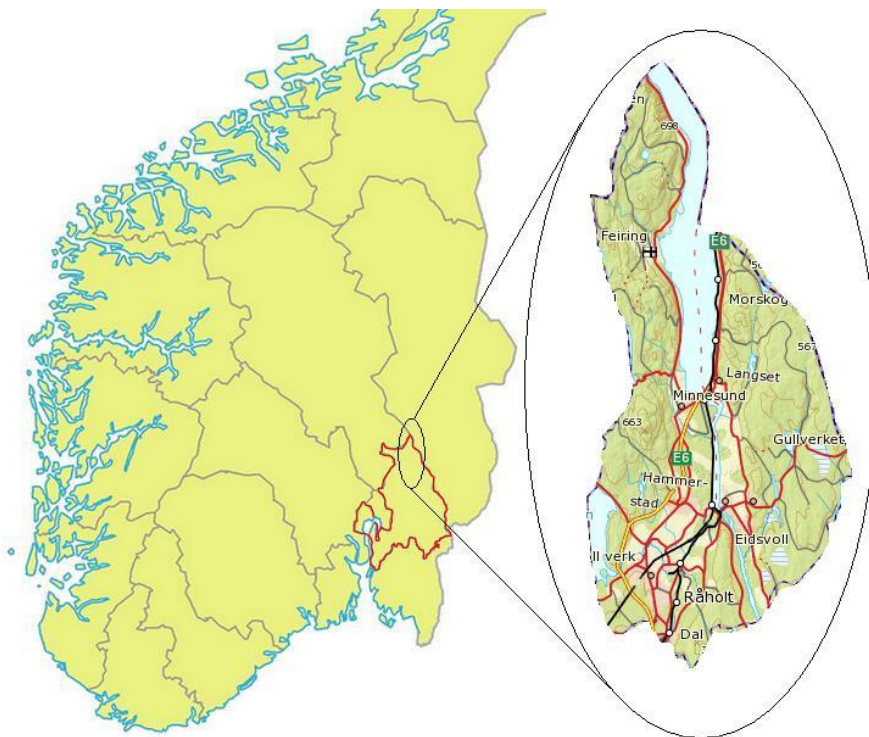
H0: Det er ingen signifikant forskjell på prestasjonstid per dekar mellom tradisjonell ryddesag og kjederyddesag knyttet til forskjellige bestandsvariabler.

H1: Det er signifikant forskjell på prestasjonstider per dekar mellom tradisjonell ryddesag og kjederyddesag knyttet til forskjellige bestandsvariabler.

2 Materiale og metode

2.1 Studieområdet

Feltarbeidet for denne oppgaven er i hovedsak utført i Eidsvoll kommune ($60^{\circ}19'N$, $11^{\circ}15'E$, 120-700 m.o.h.), Akershus fylke, Norge (Figur 3). Ellers er det gjennomført noen forsøk i Toten, Gjøvik og Ullensaker kommuner, ettersom oppdragsgivere har tatt kontakt. Geografisk beliggenhet antas ikke å ha noen spesiell påvirkning på resultatene i denne oppgaven. Treslagsfordelingen i bestandene i studien varierte relativt lite og bestod for det meste av gran med innslag av lauvtrær, hovedsakelig bjørk og stedvis gråor (*Alnus incana*) og selje (*Salix caprea*).



Figur 3. Sør-Norge⁴ med Akershus fylke (rød grense) og Eidsvoll kommune (forstørret)

⁴ <http://ndla.no/nb/node/88174>

2.2 Bestandsdata

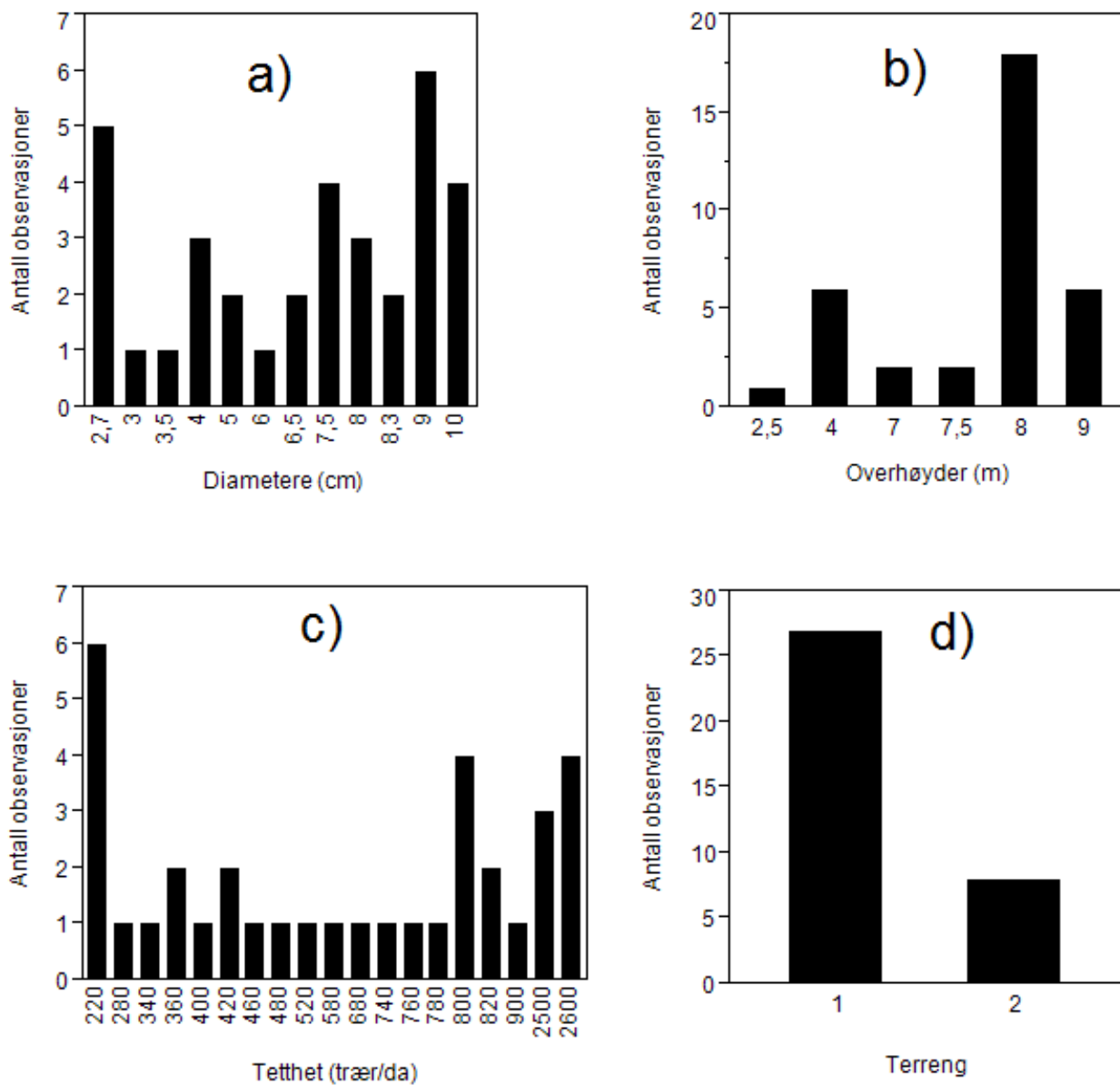
Bestandsdata registrert i felt er diametere, treantall (før og etter), overhøyde og terreng. Disse ble registrert som beskrevet i kapittel 2.4.1 på side 15. Forsøksfeltene var fra 0,1-7,5 dekar store, avhengig av homogeniteten i bestandene. Stor grad av homogenitet tillot mindre forsøksfelt, mens liten grad av homogenitet førte til at forsøksfeltene måtte anlegges på en slik måte at de innsamlede dataene ble representative for forsøksfeltene. Registrerte overhøyder var fra 1,5-10 meter, gjennomsnittlig diametere var fra 2,6-10 cm, tettheten før utført arbeid varierte fra 100-2600 trær da⁻¹ og etter arbeid fra 80-200 trær da⁻¹, og terrenget varierte fra lett, til vanskelig, klassifisert fra 1-3 uten å skille på bratthet og marktype (Figur 4d og 5d). Verdiene for bestandsvariablene i studien bestod av det en kan forvente å møte ved utførelse av ungskogpleie (Tabell 1 og 2).

Dataene ble gruppert: Alle observasjoner mot hverandre, 555 FXT mot 535 FBx og 545 FXT mot 535 FBx, heretter kalt henholdsvis, "Alle sager", "Data-1" og "Data-2".

For Data-1 var overvekten av gjentak gjort med store eller små diametere, stor overhøyde, lavt og høyt uttak (som følge av tetthet) og lett terreng (Figur 4a-d). For Data-2 var overvekten av gjentak gjort med små diametere, stor overhøyde, lave og noen høye uttak (som følge av tetthet) og lett terreng (Figur 5a-d). Merk at ingen av figurene, a-d i Figur 4 eller 5 er koblet med hverandre, så de sier ikke noe om observasjonene er fra et bestand med eksempelvis store diametere og stor overhøyde.

Tabell 1. Nøkkeltall for bestandsvariable for Data-1.

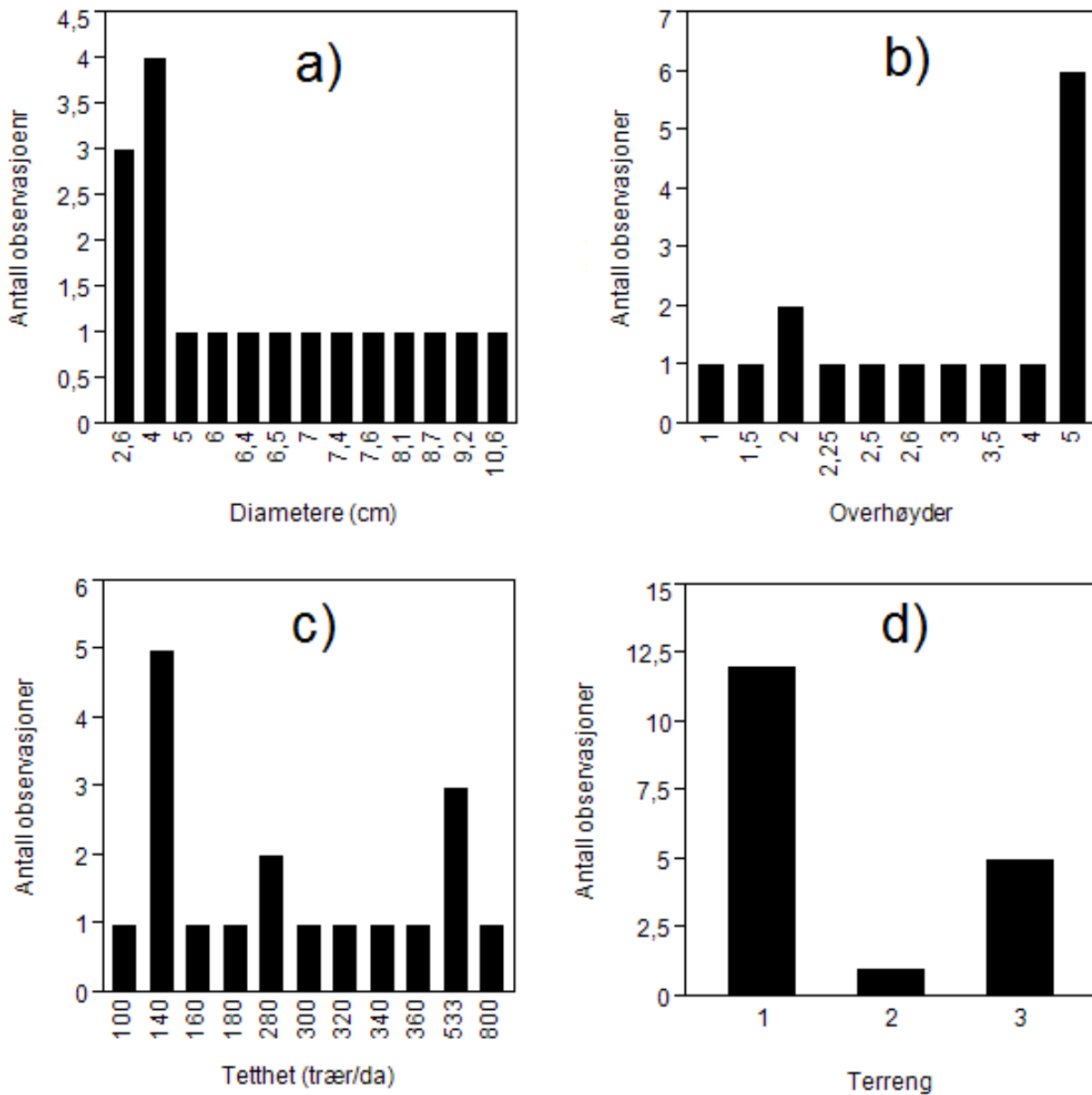
	Treantall per dekar før	Treantall per dekar etter	Uttaksprosent	Diametere (cm)	Overhøyde (meter)	Terreng	Arbeidsfelt (dekar)
<i>Min</i>	220	140	14	2,7	2,5	1	0,1
<i>Maks</i>	2600	190	93	10,0	9,0	2	7,5
<i>Snitt</i>	930	171	65	6,5	7,2	-	1,2



Figur 4. Grunnlag for Modell 4 (Tabell 3); antall observasjoner for Data-1 ved forskjellige bestandsvariabler

Tabell 2. Nøkkeltall for bestandsvariable for Data-2.

	Treantall per dekar før	Treantall per dekar etter	Uttaksprosent	Diametere (cm)	Overhøyde (meter)	Terreng	Arbeidsfelt (dekar)
<i>Min</i>	100	80	0	2,6	1	1	0,55
<i>Maks</i>	800	190	75	10,6	5	3	3,75
<i>Snitt</i>	301	141	43	6,0	3,4	-	1,6



Figur 5. Grunnlag for Modell 5 (Tabell 3); antall observasjoner for Data-2 ved forskjellige bestandsvariabler

2.3 Utstyr

2.3.1 Takstutstyr

- Målebånd 50 meter
- Klave
- Målestav 3,99 meter
- Merkebånd gult og rødt
- Stoppeklokke
- Notisblokk
- Spraymaling
- Kompass

2.3.2 Ryddesager

Sagene brukt i denne studien er tre forskjellige ryddesager fra Husqvarna. Det er to tradisjonelle ryddesager for tradisjonell avstandsregulering, og en kjederyddesag som er produsert spesielt for toppkapping og midjerydding, pers. med. (Ihle 2013). Størrelsene på bildene står ikke i forhold til hverandre.



Figur 6. Husqvarna Ryddesag type 545 FXT. Foto: Husqvarna AB

Tekniske data for 545 FXT (Figur 6).

Sylindervolum	: 45,7 cm ³
Effekt	: 2,2 kW
Vekt eksklusive skjærutstyr	: 8,3 kg
Diameter blad	: 225 mm

(Husqvarna AB 2013c)



Figur 7. Husqvarna Ryddesag type 555 FXT. Foto: Husqvarna AB

Tekniske data for 555 FXT (Figur 7).

Sylindervolum	: 53,3 cm ³
Effekt	: 2,8 kW
Vekt eksklusive skjærutstyr	: 9,1 kg
Diameter blad	: 225 mm

(Husqvarna AB 2013d)



Figur 8. Husqvarna kjederyddesag type 535 FBx Foto: Husqvarna AB

Tekniske data for 535 FBx (Figur 8).

Sylindervolum	: 34,6 cm ³
Effekt	: 1,6 kW
Vekt eksklusive skjærutstyr	: 12,2 kg
Sverdlengde	: 13 "

(Husqvarna AB 2013b)

2.4 Registrering av bestandsdata

Måleverktøyet ble før taksering kontrollert for uregelmessigheter, som kunne ført til systematiske feil. Ved taksering av ulike bestand er det i denne oppgaven registrert gjennomsnittsdiametere, tettheter før og etter inngrep og overhøyder for hvert forsøksfelt. Bonitet, kubikkmasse og alder er i denne oppgaven i liten grad relevant for resultatene. Treslagssammensetningen er vurdert til ikke å ha stor betydning for resultatene da de fleste bestandene vil ha en overvekt av gran og bjørk, men også fordi det i ungskog ikke er så store dimensjoner at treets densitet kan påvirke tidsbruken på kappingen nevneverdig. Stor andel bjørk i store diameterklasser vil trolig nedsette prestasjonen, men belaste begge operatørene likt. Noe annet som kan spille inn er sikten ved høy andel lauv. Dette nedsetter prestasjonen ved punktrydding med 25 % (Gunnarson 2010), det er grunn til å tro at dette vil påvirke resultatene noe også ved enkeltstilling. Det vil for øvrig belaste begge operatørene likt, og derfor ikke tilføre skjevheter i datasettet.

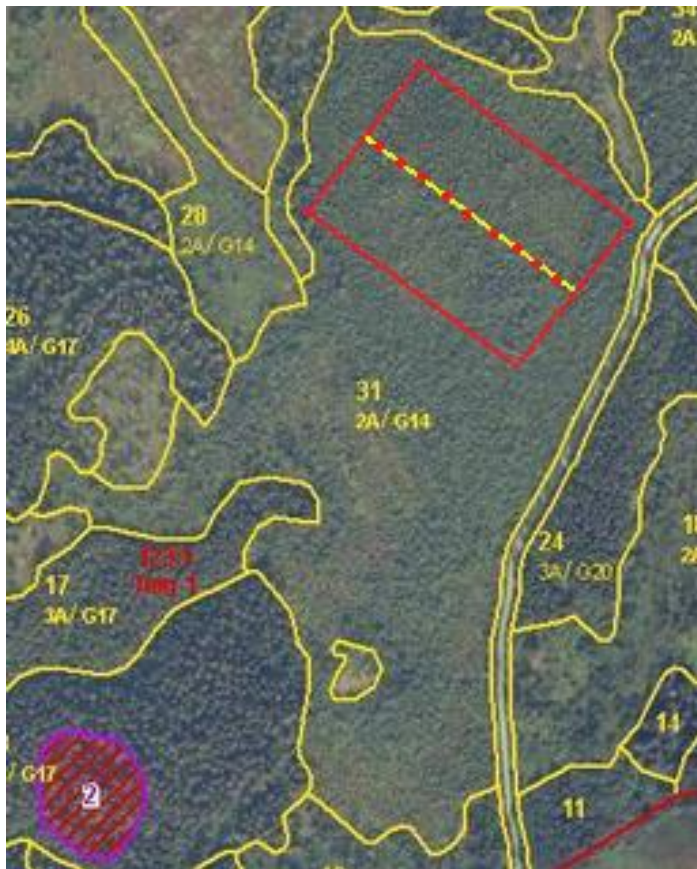
Arbeidet ble forsøkt gjennomført så systematisk som mulig. Ved først å måle opp forsøksfelt innenfor bestandsgrensene, finne verdier for ønskede variabler innenfor dette, for deretter å dele inn dette i mindre arbeidsfelt. Dette ble gjort med målebånd. Ved avgrensing av forsøksfelt ble det brukt rød farge og grensene mellom arbeidsfeltene ble markert med både rødt og gult merkebånd for enkelt å kunne skille dem fra hverandre (Figur 9).

Antall prøveflater ble skjønnsmessig bestemt ut fra homogeniteten i bestandene. Ved stor grad av homogenitet ble det lagt ut én til to prøveflater, mens det ved liten grad av homogenitet ble lagt ut tre til fire. Dersom det var spesielle ting som impediment ble forsøksfeltene forsøkt plassert på en måte som gjorde at disse ikke ville tilføre tilfeldige feil. Prøveflatene ble plassert tilfeldig i forsøksfeltet. Prøveflatene ble markert med rød spraymaling. Tetthet ble registrert med målestav 3,99 meter på alle prøveflater.

2.4.1 Datainnsamling

Ved registrering av data ble bestandskart fra skogbruksplaner brukt for lokalisering av bestand. Et egnet forsøksfelt med to eller flere arbeidsfelt ble delt inn. Forsøksfeltet ble avgrenset og merket slik at det ble tilpasset sikten i de forskjellige bestandene. Der det var vanskelig å orientere seg ble det brukt kompass for å korrigere marsjretning. Valg av prøveflater ble

skjønnsmessig bestemt på grunnlag av homogeniteten i bestandet før prøveflatene ble lagt ut. Prøveflatene ble totalklavet, klaving ble gjort fra nord mot vest, på det tredje⁵ treet ble høyde målt, dersom dette treet ikke var representativt for helhetsinntrykket, ble det neste treet målt. Høyde ble målt på ett tre på hver prøveflate. Treantallet på prøveflaten ble notert samtidig med klaving. Ved store dimensjoner (mer enn ett kapp per stamme) ble sagtype modell 555 FXT sammenlignet med 535 FBx, mens det ved små dimensjoner var 545 FXT og 535 FBx som skulle sammenlignes. Underveis i arbeidet ble treantall kontrollert i henhold til oppdragsgivers kontrakt, og for å korrigere oss selv og for å finne uttaksstyrken. Innsamlede data ble notert etter utført arbeidsfelt og lagt inn på regneark i Microsoft Office Excel etter endt arbeidsdag.



Figur 9. Bestand med eksemplifisert forsøksfelt oppe til høyre, markert med heltrukket rød linje, og arbeidsfelt avgrenset med gul og rød stripe. Foto: Allskog SA (Allskog SA 2014).

⁵ For å unngå å måle på et tre som peker seg ut som det største.

2.5 Arbeidsmetode

I denne oppgaven var enkeltstilling av hovedtreslag den eneste brukte metoden. Ved utførelse av arbeidet ble det lagt vekt på å jobbe systematisk innenfor ett og ett arbeidsfelt av varierende størrelse avhengig av størrelsen på bestandsvariablene. Dette ble gjort for å unngå feilkilden ved å jobbe flere timer i strekk og dele anvendt tid på antall dekar, noe som ville gitt en utjevning av tid per dekar. Dette fordi prestasjonen på arbeidet varierer med næringsinntaket til operatørene.

For å jobbe så effektivt som mulig forsøkte vi å felle trær med bestemte teknikker slik at de falt i ønsket retning, for å oppnå så jevne resultater som mulig. Spesielt viktig var det å jobbe slik dersom trærne var høye eller hadde kraftig krone. I hellende terreng ble arbeidet påbegynt i bunn av helningen, og det ble gått oppover frem og tilbake langs høydeknotene.

Tid brukt per arbeidsfelt ble delt med arealet for å få tider per dekar. Anvendt tid ble derfor notert i notatblokk etter hvert ryddet arbeidsfelt. I denne studien ble det ikke utført toppkapping, men kapping i en normal og akseptert høyde, fra 5-15 cm over bakken med alle sagene.

2.6 Gjennomføringen

For å gjøre feltarbeidet gjennomførbart falt valget på å utføre arbeidet selv, i samarbeid med en medstudent. Vårt faglige grunnlag vurderte vi til å være relativt likt etter å ha studert skogbruk i fire år. Det fysiske og tekniske grunnlaget ble også vurdert til å være likt nok for ikke å påvirke resultatene. Noen test for definering av vår fysiske form er ikke blitt utført. Jevnlige kontroller av treantall etter avstandsregulering viste at vi reduserte treantallet nokså likt. Dette ville selvfølgelig variere noe underveis, men kun deler av feltarbeidet er utført av to operatører så derfor er det ikke korrigert for menneskelig påvirkning. Da data ble registrert ble heller ikke arbeidsfeltene koblet til hvilken operatør som hadde utført arbeidet. Det ble heller ikke målt forskjell på reduksjon av treantall mellom arbeiderne. Det ble brukt timelønn på 300 kr for å holde prestasjonene på et jevnest mulig nivå.

2.7 Databehandling

Dataene er behandlet i statistikkprogrammet SAS JMP Pro 10 (JMP). Multipel regresjonsanalyse (Funksjon 1 og 2) ble brukt ved analysing av dataene. Minste kvadraters metode er brukt for å finne estimatene μ , (A, B...) hvor μ er skjæringspunktet til y-aksen og modellparametere for bestandsvariabler i som må estimeres. (A, B...) representerer de

uavhengige variablene som ble testet. Feilleddet i modellen, e , er forstyrrelsen på den lineære linjen (som uttrykkes gjennom R^2 -verdien), med antakelse om at den er normalfordelt med forventning lik null, og varians lik σ^2 . Feltobserverte bestandsvariabler; uttak (som et resultat av treantall da⁻¹ før og etter inngrep), gjennomsnittlig diameter og terreng ble brukt som forklaringsvariabler. Den modellen som forklarte mest uten å bli overtilpasset for sin gruppe ble beholdt. Øvre grense for påvisning av statistisk signifikans ble satt til $p = 0,05$.

Dataene består av tre grupper:

"Alle sager": 106 observasjoner: 555 FXT mot 545 FXT mot 535 FBx

Data-1: 35 + 35 observasjoner: 555 FXT mot 535 FBx

Data-2: 18 + 18 observasjoner: 545 FXT mot 535 FBx

Funksjon 1 ble brukt for modell 2 og 5, mens Funksjon 2 ble brukt for modell 4.

$$Y = \mu + A + B + C + D + E + e_i \quad (\text{Funksjon 1})$$

$$Y = \mu + A + B + C + D + e_i \quad (\text{Funksjon 2})$$

Y er responsvariabelen, tidsbruk per dekar, for henholdsvis "Alle sager", Data-1 og Data-2.

2.8 Vurdering av modellene

En høy R^2 -verdi, som vil ligge mellom 0 og 1, indikerer hvor god modellen er; hvor godt regresjonslinjen passer til modellen. I JMP ble det kjørt analyser med forskjellig antall variabler. Flere variabler øker R^2 -verdien, sånn sett kan det se ut som modellen blir bedre, men det er den ikke nødvendigvis dersom den tillagte variabelen ikke påvirker responsen. Dersom variablene mister sin signifikans ved å bli påvirket av andre variabler, bør en modell med færre variabler benyttes, så lenge disse er med og reduserer residualspredningen.

Et verktøy for ytterligere kvalitetssikring av modeller er de respektive modellenes RMSE-verdi (Root Mean Square Error). En lav RMSE-verdi betyr at modellen er god da dette er et mål på variasjonen mellom observerte og predikerte verdier. RMSE-verdien beskrives som kvadratroten av de kvadrerte residualenes gjennomsnitt (Løvås 2005).

3. Resultater

3.1 Analyse av data

Ved bruk av multipl regresjonsanalyse var det ikke mulig å finne forskjeller mellom sagtypene. Prestasjonstider for de respektive sagene varierte lite *seg i mellom*, men prestasjonene varierte som forventet med forskjellige grader av bestandsvariable uavhengig av sagtype. Modellene er ikke like gode for begge gruppene. Datasettet er mindre for Data-2 enn Data-1. En visuell fremstilling av resultatene (Figur 11 og 12) viser at ved forskjellige bestandsvariable følger de forskjellige sagtypene hverandre relativt likt. Siden prestasjonstidene er så like som de er, er de presentert samlet først (Figur 10), deretter gruppert (Figur 11 og 12).

3.2 Alle observasjoner

Prestasjonstider for de forskjellige ryddesagene knyttet til diameter, treantall og overhøyde øker ved økende verdier for ulike bestandsvariable. Grunnlaget for dette resultatet er data fra alle de tre sagene, behandlet i samme regneark i JMP. De samme dataene er grunnlaget for Modell 2 (Tabell 3). Dette gir flere observasjoner for 535 FBx enn de to andre sagtypene. Henholdsvis 35 + 35 for Data-1 og 18+18 for Data-2, totalt 106 observasjoner, hvor 535 FBx står for 53 av dem. Modell 2 treffer med $p < .0001$, $R^2 = 0,79$ og $RMSE = 1168,1$. Når alle sagtypene kjøres i samme modell gir de også et godt bilde på hva som påvirker prestasjonstider i ungskogpleie (Figur 10), knyttet til forskjellige bestandsvariable. I tillegg gir modellen lavere p -verdier for "Sagtype" når alle kjøres samlet og indikerer at flere observasjoner kan påvise differanser mellom prestasjonstider, selv om det ikke vises i denne studien.

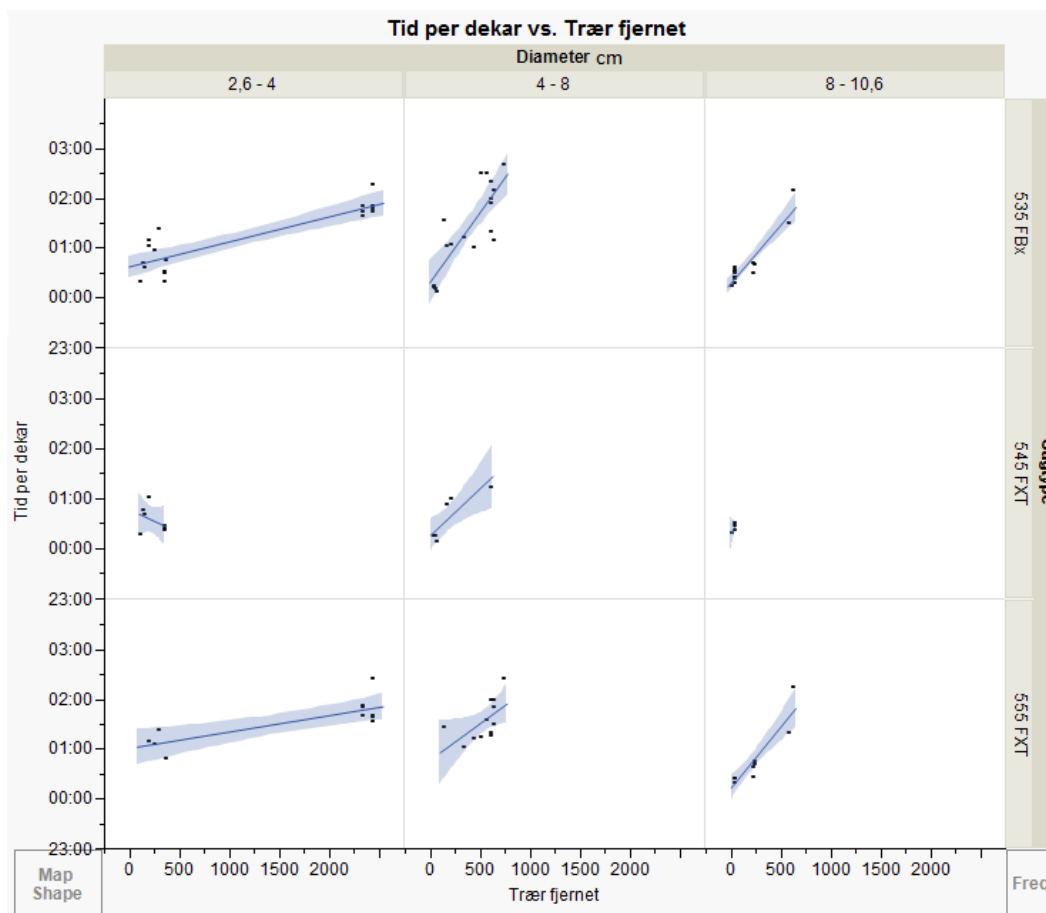
Tabell 3. Statistikk fra modellkjøringene som forklarer tidsbruk per dekar. Uthevet skrift er modellene brukt i studien.

Statistikk fra modellene						
	«Alle sager»		555 vs 535 Data-1		545 vs 535 Data-2	
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5	Modell 6
Modellens styrke						
R^2	0,79	0,79	0,76	0,81	0,87	0,64
RMSE	1173,7	1168,1	1238,4	1227,1	551,7	884,1
Standardavvik for de forskjellige variabler						
Uttak	0,58	643,32	0,91	0,51	0,74	1,17
Diameter	100,41	0,41	246,79	101,07	47,48	74,01
Diameter x Uttak	0,12	67,79	0,13	0,13	0,38	0,54
Overhøyde	90,66	0,11	227,14		78,85	
Terreng	198,53	193,10	448,67			
Sagtype 535 FBx	158,45	156,94	149,17	147,78	90,48	147,35
Sagtype 545 FXT	236,04	224,30				
p-verdier for forklaringsvariablene						
Uttak	< 0,0001*	<,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*	<,0001*	< 0,0001*
Diameter	< 0,0001*	<,0001*	0,0023*	< 0,0001*	0,2212	0,0398*
Diameter x Uttak	< 0,0001*	<,0001*	< 0,0001*	< 0,0001*	0,0142*	0,0002*
Overhøyde	0,7965		0,384		<,0001*	
Terreng	0,0079*	0,0054*	0,7063			
Sagtype 535 FBx	0,1310	0,1212	0,1928	0,1937	0,2336	0,4610
Sagtype 545 FXT	0,3302	0,2694				

Tabell 4. Anvendte modeller for de tre gruppene.

Respons	Modell	R ²	RMSE*
«Alle sager» Tidsbruk (timer/dekar)	$-126232050,52212 + 6,58252123567434 \times \text{Uttak}(\text{tr�er per dekar}) + 514,062185077 \times \text{Diameter}(\text{cm}) + (\text{Diameter}(\text{cm}) - 6,31428572) \times [(\text{Uttak}(\text{tr�er per dekar}) - 560,361904761905) \times 1,38226627357588 + \text{Match}(\text{Sagtype}) (535 \text{ FBx} \Rightarrow 267,366557005408) \text{ eller } 545 \text{ FXT} \Rightarrow -362,89405477069 \text{ eller } 555 \text{ FXT} \Rightarrow 95,527497765277]$	0,79	1168,1
Data-1 Tidsbruk (timer/dekar)	$-126232050,52212 + 6,34864289904406 \times \text{Uttak}(\text{tr�er per dekar}) + 592,007675528775 \times \text{Diameter}(\text{cm}) + (\text{Diameter}(\text{cm}) - 6,48695652173913) \times [(\text{Uttak}(\text{tr�er per dekar}) - 769,130434782609) \times 1,41235095004963] + \text{Match}(\text{Sagtype}) (535 \text{ FBx} \Rightarrow 194,136071321357 \text{ eller } 555 \text{ FXT} \Rightarrow -194,136071321356)$	0,81	1227,1
Data-2 Tidsbruk (timer/dekar)	$-126231275,61192 + 5,29064297907775 \times \text{Uttak}(\text{tr�er per dekar}) + 59,3337771351542 \times \text{Diameter}(\text{cm}) + [(\text{Diameter}(\text{cm}) - 5,98333333333333) \times ((\text{Uttak}(\text{tr�er per dekar}) - 160,222222222222) \times 0,99537821288846) + 569,815271420428] + \text{Overh�yde}(\text{meter}) + \text{Match}(\text{Sagtype}) (535 \text{ FBx} \Rightarrow 110 \text{ eller } 545 \text{ FXT} \Rightarrow -110)$	0,87	551,7

*RMSE kan ikke sammenlignes med hverandre da modellene er fra forskjellige modellk ringer.



Figur 10. Prestasjonstider per dekar for hver sag, gruppert i diameterklasser og vist mot uttaksstyrke. Merk at det lave antallet observasjoner for sagtype 545 FXT ved visse variabler gir dårlige trendlinjer. Blå linje = tid per dekar.

3.3 Grupperte datasett

Fra modellene (Tabell 3) viser det seg at uttaksstyrke og gjennomsnittlig diameter har mest å si for prestasjonene. Dersom uttaksstyrke ganges med gjennomsnittlig diameter i funksjonen, gir dette følgelig en sterk sammenheng. Overhøyde og terreng gir forskjellige verdier for R^2 og RMSE for Data-1 og Data-2. Trenden er økende tidsbruk ved økende treantall og økende diametere, og dette kommer til uttrykk, på tross av få observasjoner.

For å synliggjøre den lille variasjonen mellom de forskjellige sagene er verktøyet "prediction profiler" i JMP brukt (Figur 11 og 12). Dette gjør det enklere å uttrykke fraværet av signifikant forskjell mellom sagtyper. Data-1 og Data-2 er grunnlaget for fremstillingen av Figur 11 og 12. Figurene viser forventede prestasjonstider for de forskjellige sagene ved forskjellige diametere og uttaksstyrker. For Data-1 vises prestasjonstidene for 500 trær fjernet per dekar ved diameter 4 og 9 cm.

Ved kun å bruke faktorer som har signifikant påvirkning på prestasjonstidene er det enklere å se hvordan de forventede prestasjonstidene påvirkes av endringer i variablene. I Data-1 er det 35 parede observasjoner, mens det i Data-2 er 18 parede observasjoner. Det lave antallet observasjoner i Data-2 og spennet i dataene i disse gjør at modellen er noe svakere enn modellen for Data-1. For Data-1 beskriver variablene i modellen prestasjonstidene godt. Ingen av modellene beskriver forskjeller for prestasjoner mellom sagtypene. For begge datasett viser modellen at kjedesagen har noe dårligere prestasjon, men dette er ikke statistisk signifikant og usikkerheten uttrykkes med verdiene $p=0,19$ for Data-1 og $p=0,23$ for Data-2.

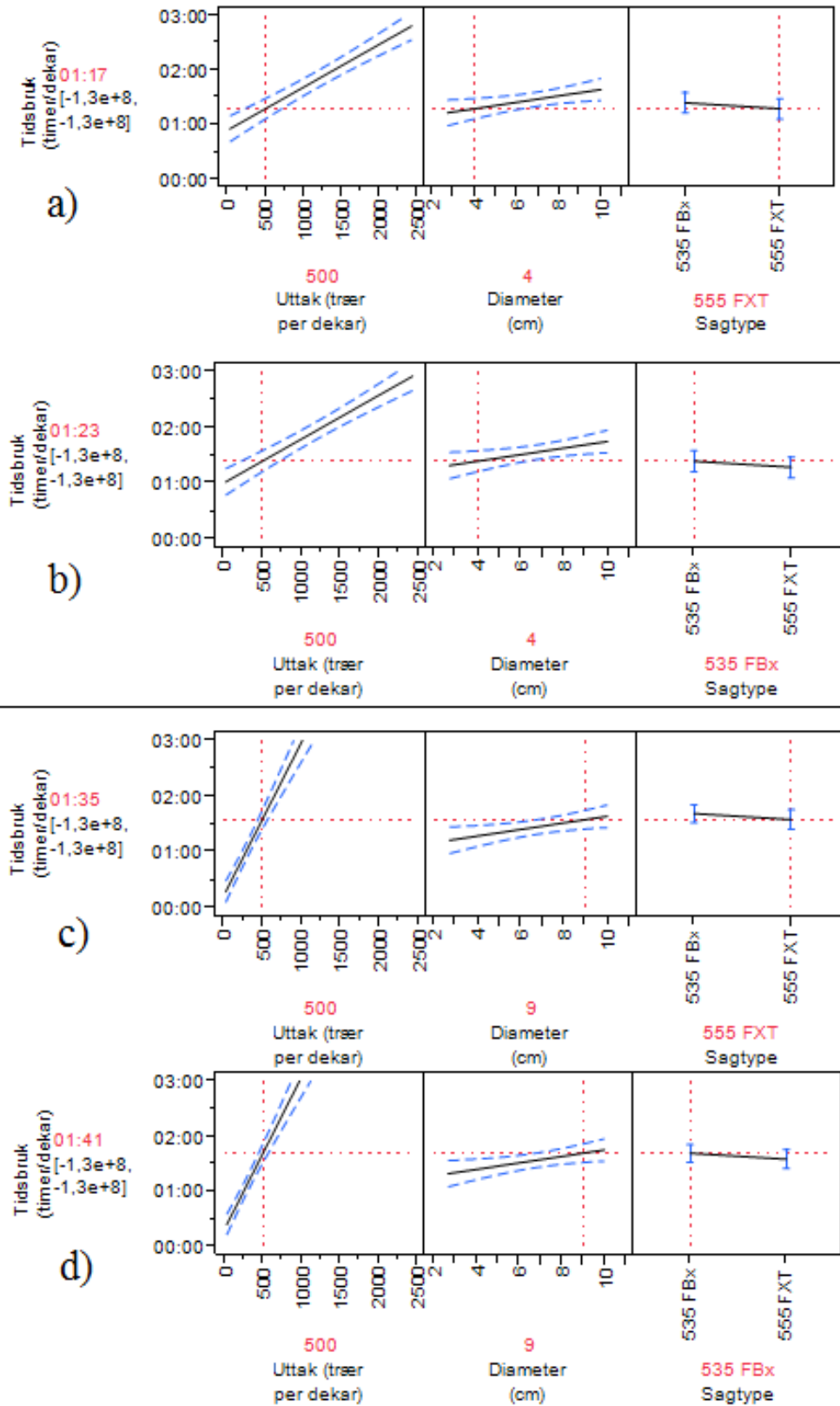
Forklaringsvariablene i begge modellene beskriver hva som påvirker tidsbruk i ungskogpleie for begge sagtyper godt siden det ikke er forskjell mellom sagtypene. Spredning i størrelsene i datasettet og færre observasjoner i Data-2 enn i Data-1 gir noe svakere modell for Data-2. Variablene som er med i modellene er uttak, gjennomsnittlig diameter og disse to krysset med hverandre for å knytte observasjonene sammen. Overhøyde og terreng forklarte modellen bare i liten grad for Modell 4, og er derfor ikke tatt med i denne. Overhøyde beskrev variasjonen i Modell 5 og er derfor med som variabel her.

Tabell 5. Prestasjonstider for de ulike sagene ved forskjellige bestandsvariable vist i Figur 11 og 12. Merk at de gjennomgående lavere verdiene for bestandsvariablene i Data-2 gir et lavere estimat for 535 FBx ved samme forutsetninger som i Data-1. I tillegg er overhøyde med som signifikant variabel i Data-2.

Uttak (trær/da)	Diameter (cm)	Overhøyde (m)	555 FXT	535 FBx	545 FXT
500	4	-	1:17	1:23	
500	9	-	1:35	1:41	
100	4	2		0:20	0:17
500	4	5		1:11	1:07

3.4 Prestasjonstider, Data-1

I Tabell 3 presenteres modeller for Data-1 og Modell 4 er brukt. Den treffer med $p < .0001$, $R^2 = 0,81$ og $RMSE = 1227,1$. Variablene med signifikant påvirkning på resultatene er uttak, diameter og uttak kryssset med diameter. Hverken overhøyde eller terreng alene påvirker prestasjonstidene i denne modellen. Variabelen sagtype viste seg ikke å være signifikant på 5 % -nivå. Det betyr at det i denne studien, med dette datasettet ikke kan påvises at det er noen forskjell mellom tradisjonell ryddesag (555 FXT) og kjederyddesag (535 FBx). Variablene i Data-1 viser en god sammenheng med tidsbruk per dekar, og beskriver således ganske godt prestasjonstider i ungskogpleie uavhengig av sagtype. Gjennomsnittlig diameter var forventet å påvirke resultatene, og var gyldig som forklaringsvariabel ($p = < 0,0001$). Sammen med uttak ble påvirkningen på prestasjonstid sterk ($p = < 0,0001$), som var forventet for disse variablene. Overhøyde var også forventet å påvirke prestasjonstider, men gjorde det ikke ($p = 0,23$) dersom den ble lagt til som en forklaringsvariabel i denne modellen. Overhøyde er ikke målt så nøyaktig som diameter, den er målt en gang per prøveflate og er ikke et gjennomsnitt av alle trær i prøveflaten som for diametermåling. En forventet forskjell mellom sagtypene ved forskjellige diametere ble ikke funnet. Heller ikke andre kryssinger i dataanalysen fant noen sammenhenger mellom sagtype og bestandsvariable, og kunne derfor ikke belyse noen forskjeller mellom sagens prestasjonstid.

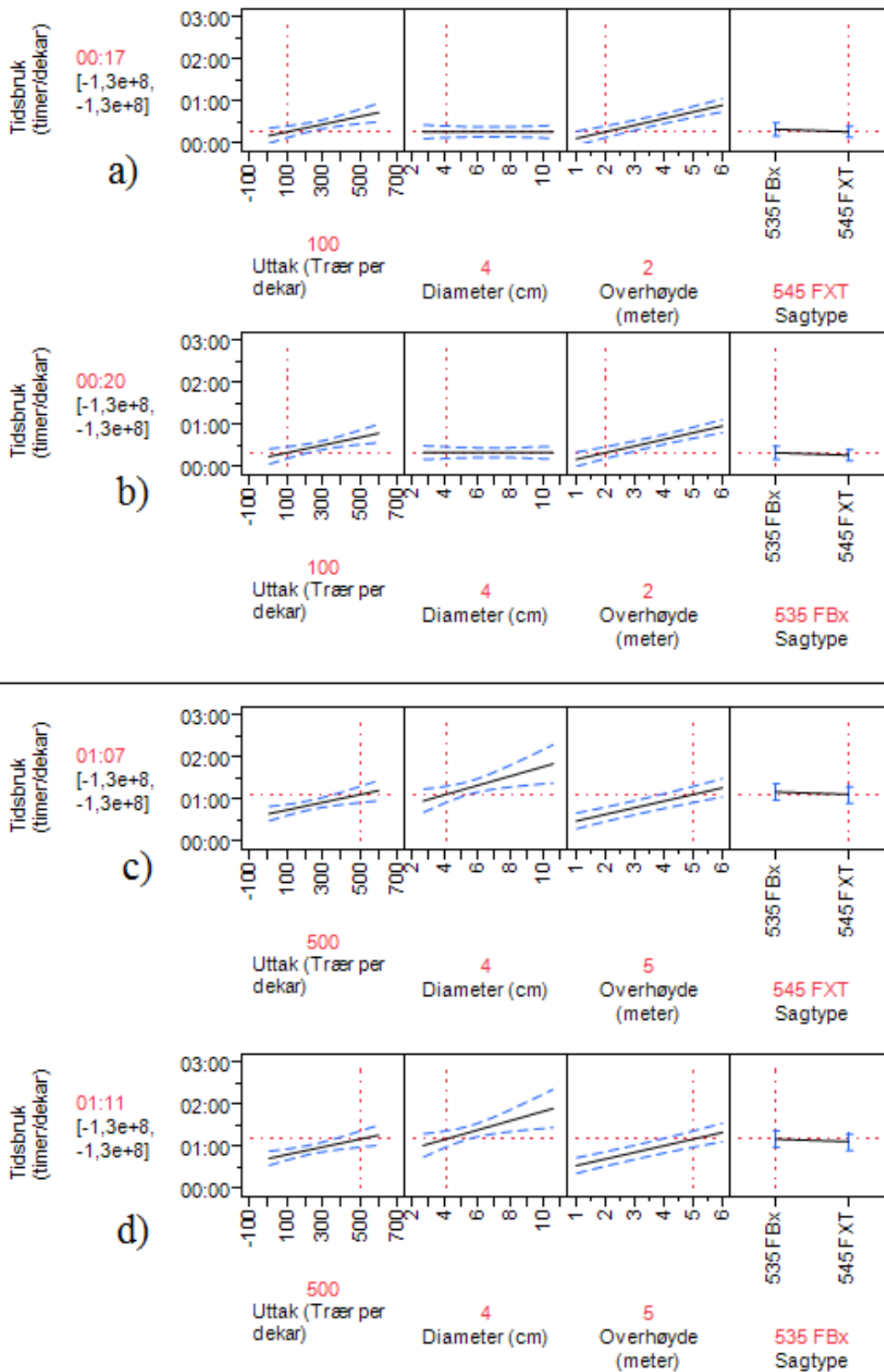


Figur 11. Prestasjonstider for 555 FXT og 535 FBx ved forskjellige bestandsvariabler.

3.5 Prestasjonstider, Data-2

I Tabell 3 presenteres modeller for Data-2 og Modell 5 ble brukt. Den treffer med $p < .0001$, $R^2 = 0,87$ og $RMSE = 551,7$. Variablene med signifikant påvirkning på resultatene er uttak, uttak krysset med diameter, og overhøyde. Variabelen sagtype viste seg ikke å være signifikant på 5 % -nivå.

Variablene forklarer godt tidsbruk per dekar i ungskogpleie, uavhengig av sagtype. Som for Data-1 var uttak og diameter forventet å påvirke prestasjoner, men overhøyde påvirket mer enn diameter. Diameter mistet sin signifikans dersom overhøyde ble lagt til. Modellen ble også bedre dersom overhøyde er med. Overhøyde er ikke målt så nøyaktig som diameter, den er målt en gang per prøveflate og er ikke et gjennomsnitt av alle trær i prøveflaten som for diametermåling. En forventet forskjell mellom sagtypene ved forskjellige bestandsvariable ble ikke funnet. Heller ikke andre kryssinger i dataanalysen fant noen sammenhenger mellom sagtype og bestandsvariable, og kunne derfor ikke belyse noen forskjeller mellom sagens prestasjonstid i ungskogpleie.



Figur 12. Prestasjonstider for 545 FXT mot 535 FBx ved forskjellige bestandsvariabler.

4. Diskusjon

4.1 Datasettet

Datagrunnlaget er relativt lite, samtidig som det strekker seg over et stort spenn for de fleste variablene. Det gir få observasjoner for de forskjellige kombinasjonene. Det er 70 observasjoner og størst spenn i bestandsvariablene for Data-1 og det er 36 observasjoner, med minst variasjon i Data-2 (Figur 4 og 5) disse grupperte dataene er grunnlag for Modell 4 og 5 (Tabell 3). I gruppen "Alle sager" er det 106 observasjoner som utgjør grunnlaget for Modell 2. Modell 2 er derfor sterkere enn Modell 4 og 5, og det er størrelsen på datasettet som fører til dette. Modellene vil diskuteres for seg senere i kapittelet, og det er modell 4 og 5 som er viktigst i denne studien og som vil bli tillagt mest vekt.

På tross av få data, er det allikevel fine sammenhenger mellom noen av bestandsvariablene og prestasjonstider. Tidsforbruket per arealenhet ligger under resultater fra andre studier (LeBel & Dubeau 2007; Ligné et al. 2005) (Tabell 6) ved små diametere og over ved større diametere. Modellene i denne oppgaven er basert på uttak av trær, mens de modellene tidene er sammenlignet med bruker tetthet før inngrep som forklaringsvariabel. Det vil si at dersom tetthet før inngrep hadde blitt brukt i denne studien ville tidene trolig ligget høyere enn for de sammenlignbare studiene også ved små diametere. Det ble besluttet at uttak skulle benyttes som forklaringsvariabel i stedet for tetthet før inngrep for å få faktisk arbeid presentert i oppgaven siden treantallet ble redusert til forskjellige tettheter avhengig av arbeidskontrakt basert på boniteter.

Innsamlingen av data ble gjort i bestand utvalgt av skogbruksleder eller andre oppdragsgivere i de respektive områder, og derfor var valgmulighetene små hva gjaldt utvelgelse av bestand med ønskede variabler. Samtidig er dette det reelle skogbildet som møter den som skal utføre ungskogpleie, og derfor er det et representativt materiale som er brukt. Så lenge det ikke arbeides i forsøksskog, er en nødt for å akseptere det materialet som er tilgjengelig, og etter beste evne prøve å sette det observerte fra naturen i system.

Studiene med tilsvarende resultater er i hovedsak tidsstudier som beskriver arbeid med ryddesag og prestasjoner i ungskogpleie. Denne studien hadde som *hovedmål* å se etter

prestasjonsforskjeller mellom to patenter. Der dette er studert før, er det for eksempel av Gunnarson (2010) observert forskjeller når alternative ryddemetoder som brønn/punktrydding er utført, og ikke ved bruk av metoden enkeltstilling.

4.1.1 Bestandsvariable

Diameter

Datasettene for de to gruppene er ganske like når det gjelder diameterspredningen i dataene. For begge gruppene strekker det seg fra 2,7-10 cm og 2,6-10,6 cm for henholdsvis Data-1 og Data-2. Det er utført flest forsøk i Data-2 ved små diametere, mens det i Data-1 er utført flest forsøk ved større diametere. Dette er slik fordi det på forhånd ble valgt å bruke den minste ryddesagen ved de minste bestandsvariablene, hvor diameter ble antatt å være en av de avgjørende faktorene for prestasjonstid. Uotila et al. (2014) fant at økning i prestasjonstid per år ungskogpleie blir utsatt var mest knyttet til økningen i diameterer i stubbehøyde. Som et supplement til denne studien kunne det vært gjort et forsøk hvor kun kapping av forskjellige diametere tidsstudies, med antakelse om at ingen andre faktorer påvirker resultatet av dette. Da måtte det også blitt kappet ca 45° på fiberretningen i veden siden skjærutrustningen på 535 FBx bæres i hoftehøyde, og det i denne studien ble kappet i stubbehøyde. Det oppleves som enklere å kappe 90° på fiberretning med begge sagtypene, men spesielt med kjede.

Det har i noen tilfeller ved stor overhøyde vært en del store diametere, men gjennomsnittet er registrert som lavt da alle trær over halve bestandshøyden er telt med. Diameteren kunne trolig forklart mye av variasjonen om diameteren hadde blitt registrert litt annerledes slik at den registrerte gjennomsnittsdiameteren hadde vært større. En måte å vekte diameter på å kunne vært å opphøye den i 2. potens for å gi store diametere større påvirkning. Det tar ikke så lang tid skjære ned en gruppe småtrær (én bevegelse på flere trær) som et stort (to kapp), og dette kommer ikke så tydelig til uttrykk på grunn av måten innsamlingen av dataene ble gjort.

Alle tre sagene kunne også vært testet i alle bestandene, men dette ville gjort det mer tidkrevende å gjennomføre arbeidet. I tillegg ble det på forhånd antatt at den største ryddesagen ville gitt bedre prestasjon knyttet til diameter. Siden de to tradisjonelle ryddesagene ikke skulle sammenlignes, finnes ikke tilstrekkelig med data for 545 FXT i diameterklasser > 8 cm. Studien kunne inneholdt kun 555 FXT og 535 FBX testet mot hverandre for å teste dagens antatt beste

alternativ mot et nytt konsept. Det var uansett ønskelig å teste alle de tre nevnte sagene, så derfor ble dette gjort.

Tetthet

Siden diameter og overhøyde var grunnlag for valg av sagtype i de forskjellige bestandene, er spennet i de to gruppene også betydelig for tetthet, fra 220-2600 trær da^{-1} og 100-800 trær da^{-1} for henholdsvis Data-1 og Data-2. Tetthet gjør det vanskeligere å få overblikk, samtidig som fremkommeligheten og manøvreringsevnen reduseres (Gunnarson 2010). I denne studien ble kun 10 av gjentakene utført uten løv på trærne, men det er ikke lagt til som variabel. Økende tetthet gir økt tidsbruk for alle sagene (Tabell 6), og krysset med diameter reduseres residualspredningen ytterligere. Dette gjelder for alle de utvalgte modellene brukt i studien. Værforhold er ikke registrert, men skarpt solskinn påvirker operatørens sikt dersom det brukes hjelm med visir, da sollyset gjør det vanskelig å se i gjennom visiret dersom solskinnet kommer inn bakfra. Det blir da vanskelig å arbeide nøyaktig ved høye tettheter. Dette inntreffer relativt sjelden, så det er trolig ikke noe som vil påvirke arbeidet mye, men operatøren må eventuelt endre retning og tilpasse seg sollyset.

Terreng

Terreng er registrert med en liten skala (1-3), og det er ikke skilt på bratthet og marktype, noe som trolig er grunnen til at terreng ikke reduserer residualspredningen i noen av gruppene. Det er i midlertid nesten så terreng påvirker resultatene for Modell 2. En annen grunn til at terrenget ikke slår ut i modellene kan være at et bratt terreng fører til bedre prestasjonstid. Dette fordi trærne faller utover i hellinga og letter fremkommelighet. Hvis det i tillegg var vanskelig marktype der (også registrert fra 1-3) kan dette ha tilsvart en vanskelighetsgrad på 3 og det blir umulig å analysere om det er bratthet eller marktype som er utslagsgivende. Det burde heller vært brukt et system hvor helning og vanskelig marktype fikk verdier hver for seg. Mer nøyaktig vurdering av terreng ble vurdert til å beslaglegge for mye tid av tilgjengelig arbeidstid under innsamlingen av data, derfor ble en for enkel registrering valgt. Det er for øvrig utført forsøk med mer forskjellig terreng for Data-2 enn Data-1. Andre studier har vist at helning og ujevnheter ikke har påvirket prestasjonstider i ungskogpleie (LeBel & Dubeau 2007), og det har blitt etablert modeller som derfor kun bruker variabelen tetthet (korrigert for andre variabler) hvor kun trær over 1,3 meter er telt med.

Overhøyde

Overhøyde er registrert kun en gang per prøveflate, og er derfor ikke så nøyaktig som diameter og tetthet. Variabelen påvirker heller ikke resultatene for "Alle sager" og Data-1. Grunner til dette kan være at andre faktorer har utlignet for høyde, som i utgangspunktet var antatt å gjøre arbeidet mer krevende. Ved lav tetthet vil det ikke nødvendigvis være noe problem med lange stammer som vil falle mellom de gjenstående trærne. Ved mye helning vil også store trær falle lettere vekk fra operatøren siden de er såpass tunge at de vil falle nedover i helningen. Vind er ikke registrert, men ved stor overhøyde vil det trolig påvirke prestasjonstidene mer enn ved lave overhøyder. I Data-2 reduserte overhøyde residualspreddingen på 5 %-nivå. Dette kan være tilfeldig, eller andre variablers påvirkning. De to gruppene har som tidligere nevnt ikke det samme datagrunnlaget, men det er trolig ingen grunn til å tro at overhøyde kun påvirker arbeid med 545 FXT og ikke 555 FXT.

Tapstider

Det ble ikke registrert tapstid for de forskjellige sagene. Grunnen til dette var at 535 FBx er et relativt nytt produkt og operatørene hadde mest erfaring med tradisjonelle ryddesager. Derfor ville det trolig blitt tapstid i disfavør av 535 FBx på grunn av manglende erfaring med saken. Sannsynligheten for å skjære i stein er trolig størst for tradisjonelle ryddesager siden skjærutrustningen på disse er nærmere bakken enn på kjedesaga, selv om det ble utført kapping i samme stubbehøyde for alle sagene. Kjedeavhopp er en tapstid som kun er aktuell for 535 FBx, og forekommer erfaringsmessig ved kapping av små diametere og kvist. Det skjer i tillegg hyppigere dersom kjedet ikke er tilstrekkelig stramt. Dette er erfaringer som er gjort underveis i arbeidet, og ved å registrere dette underveis i arbeidet, ville det ikke vært en reell registrering da dette oppleves som mer knyttet til arbeidserfaring enn en svakhet ved produktet. Dette bør kartlegges i seinere studier for å stadfeste om det er rom for forbedring av produktet, eller bedre opplæring av operatører. For øvrig ble det erfart at filing av ryddesagblad og kjede på 13" sverd tok omtrent like lang tid dersom hele bladet/kjedet ble filt opp ved rutinemessig filing.

4.1.2 Forsøksfeltene

Størrelsen på forsøksfeltene varierte i stor grad (Tabell 1 og 2). Der det var homogent ble små forsøksfelt etablert, og der det var stor variasjon i bestandet ble større felt anlagt, eller små felt

anlagt der det var homogent. Dette var en utfordrende oppgave, med mål om å unngå hull og ujevnheter i forsøksfeltet.

Størrelsen på arbeidsfeltene burde ikke ha så mye å si for resultatene fordi det ble tatt hensyn til nærings- og væskeinntak underveis. En større undersøkelse har vist at store bestand har gitt høyere tidsforbruk enn små fordi mer glisne kantsoner har utgjort en større del av bestandene jo mindre bestandene er (Uotila et al. 2014). Feltene i denne studien ble anlagt inne i bestandene og dette burde derfor ikke ha samme konsekvens. Der forsøksfeltene ble anlagt i bestandskanter, ble arbeidsfeltene anlagt slik at de inneholdt et så homogent skogbilde som mulig for å kunne brukes i studien.

4.2 Prestasjonstider

Ved små diametere viser modellene i denne studien ganske like resultater som sammenlignbare studier (Tabell 6) (LeBel & Dubeau 2007). Modellen utarbeidet av Labbé i 1995 er også hentet fra LeBel og Dubeau (2007). I sammenligningen er det Modell 2 (for "Alle sager") som ligger til grunn, for å bruke et så bredt datagrunnlag som mulig. På grunn av manglende observasjoner for store diametere ved høye tettheter er disse beregningene utelatt. Fra naturens side vil høye tettheter føre til redusert diameter på grunn av sterk konkurranse mellom trærne. Modellene fra de andre studiene er korrigert for diameter der tettheten er høy. Det kan også være grunnen til at Modell 2, ved bruk av diameter 3 cm, bedre følger modellene de er sammenlignet med. Tallene for 545 FXT viser redusert tidsbruk sammenlignet med 555 FXT og 535 FBx. Dette er trolig tilfeldig, grunnet få observasjoner for denne sagen. Observasjonene for 545 FXT kunne vært utelatt fra tabellen, men de er presentert siden de tross alt ikke avviker veldig fra de andre tidene.

Tabell 6. Tidsbruk ungsogpleie (timer per dekar). For denne studien er *uttak (antall trær fjernet)* lagt til grunn, for LeBel & Dubeau 2007 og Labbé 1995 er tetthet *før* inngrep brukt. Merk at ved større diametere avviker tidene mer fra de sammenlignbare studiene på grunn av få observasjoner.

	Tidsbruk per dekar, denne studien									Andre studier	
	555 FXT			545 FXT			535 FBx			LeBel & Dubeau 2007	Labbé 1995
Uttak	Diameter 3 cm	Diameter 6 cm	Diameter 9 cm	Diameter 3 cm	Diameter 6 cm	Diameter 9 cm	Diameter 3 cm	Diameter 6 cm	Diameter 9 cm	Tetthet ved inngrep	Tetthet ved inngrep
500	00:58	01:19	01:44	00:50	01:12	01:33	01:01	01:22	01:44	-	-
1000	01:14	02:11	-	01:07	02:03	-	01:17	02:13	-	01:17	01:19
1500	01:31	03:02	-	01:23	02:54	-	01:34	-	-	01:41	01:48
2000	01:48	-	-	01:40	-	-	01:51	-	-	01:58	02:09
2500	02:04	-	-	01:57	-	-	02:07	-	-	02:12	02:24

4.3 Kostnader

Ungskogpleie er relativt dyrt, som omtalt av Uotila et al. (2014). Dette gjenspeiler høye lønnskostnader knyttet til manuelt arbeid. Ved bruk av 300 kr/timen som var tilfelle i denne oppgaven, vil priser per dekar variere med bestandsvariabler (Tabell 7). Prisene ligger på nivå over gjennomsnittlige priser for Akershus fylke 2011 som lå på 371 kr da⁻¹ (Statistisk sentralbyrå 2014c)

Tabell 7. Priser for ungsogpleie (kroner per dekar). Merk at ved større diametere avviker tidene mer fra de sammenlignbare studiene på grunn av få observasjoner.

	Kostnader per dekar, denne studien									Andre studier	
	555 FXT			545 FXT			535 FBx			LeBel & Dubeau 2007	Labbé 1995
Uttak:	Diameter 3 cm	Diameter 6 cm	Diameter 9 cm	Diameter 3 cm	Diameter 6 cm	Diameter 9 cm	Diameter 3 cm	Diameter 6 cm	Diameter 9 cm	Tetthet ved inngrep	Tetthet ved inngrep
500	290	395	520	250	360	465	305	410	520	-	-
1000	370	655		335	615		385	665		385	695
1500	455			415			470			505	540
2000	540			500			555			590	645
2500	620			585			635			660	720

4.4 «Alle sager», Modell 2

Modellen for alle sagene består av 106 observasjoner som gjør datasettet sterkt (Tabell 3). Det ble kjørt en modellering med uttak, diameter, uttak x diameter, overhøyde og terreng. Overhøyde var en dårlig forklaringsvariabel, og ble utelatt i neste kjøring. Da ble også p -verdien for terreng bedre som forklaringsvariabel og denne modellen ble beholdt. R^2 -verdien var tilnærmet uendret etter at overhøyde ble utelatt, men p -verdien for sagtypene ble senket en del, og derfor forklares differansen bedre i Modell 2 enn 1. Diameter ble kryssset med uttak fordi diameter er sterkt knyttet til tetthet i skog, mens høydetilveksten er påvirket bare i liten grad og ved svært høye tettheter (Sharma & Brunner 2013).

Denne modellen er grunnlaget for Figur 10 og der er det en trend for sag 545 FXT som viser at tidsbruken blir redusert ved økende treantall for den minste diameterklassen. Det er lite sannsynlig at dette er reelt og trenden må tilskrives et lite datagrunnlag og tilfeldigheter. Trenden kan også skyldes terreng eller noe så enkelt som lavere prestasjon hos operatøren på de enkelte registreringene.

Et viktig moment med denne modellen er at 53 observasjoner tilhører sag 535 FBx. Mens det er 35 og 18 observasjoner for henholdsvis sag 555 FXT og 545 FXT. Dette skaper en skjevhet ved sammenligning av de forskjellige sagene. Men ingen av sagene reduserer residualspreidningen nok til å være forskjellige fra hverandre i Modell 2. De gode sammenhengene viser hva en kan forvente av prestasjonstider for de forskjellige sagene, og disse ligger svært nær hverandre (Tabell 6)

4.5 Data-1, Modell 4

Modell 4 består av 70 observasjoner (Tabell 3). Hverken overhøyde eller terreng kunne forklare noe i modellen da alle variablene var med, så disse ble utelatt. Også i denne modellen gikk R^2 -verdien opp etter at antall variabler ble redusert, som betyr at mer av variasjonen forklares med de variablene som har noe å si for responsvariabelen. Modell 4 viser at prestasjonen øker med 24 min da⁻¹ fra 1000-1500 trær da⁻¹ fjernet ved 3 cm diameter, LeBel og Dubeau (2007) viser en økning på 24 min da⁻¹ ved tetthet ved inngrep 1000-1500 trær da⁻¹, men korrigert for diameter. Det betyr for denne studien at ved en økning av diameter i Modell 4 vil økningen i tid *ikke* samsvare med de sammenlignbare studiene, som vist i Tabell 6. Sånn sett er ikke modellene

direkte sammenlignbare. Min modell viser prestasjonstider for faktisk utført arbeid, da utgangstetthet etter inngrep var forskjellig avhengig av oppdragsgiver, de sammenlignbare studiene har brukt fast utgangstetthet etter utført arbeid for å kunne bruke tetthet før inngrep som variabel. Diameter påvirker også tidsbruken, og krysset med uttak gir dette en god beskrivelse av resultatene også i denne modellen. Overhøyde var ikke signifikant, dette kan ha sammenheng med at det er der det har vært høye trær har det også vært hellende terreng. Da kan terrenget ha gjort det enklere å jobbe med høye trær siden trærne vil falle bakover og bort fra operatøren. En annen grunn til at det ikke virker inn er at høyde har blitt registrert for unøyaktig. Terreng påvirket heller ikke resultatet. Dette antas å være fordi terrenget kan ha bidratt til å bedre prestasjonstidene av samme grunn som i Modell 2, "Alle sager".

4.6 Data-2, Modell 5

Modell 5 består av 36 observasjoner (Tabell 3). Den har en variabel mer enn Modell 4 brukt i Data-1 som gjør at R^2 -verdien er høyere, og RMSE-verdien lavere, for det er lite trolig at en modell basert på færre observasjoner vil bli bedre siden det er relativt få observasjoner i både Data-1 og Data-2. Men så lenge overhøyde var med å reduserte residualspredningen ble den med i modellen og derfor ser denne tilsynelatende sikrere ut enn Modell 4 i for Data-1. Terreng påvirket ikke resultatene i første kjøring og ble utelatt. Overhøyde viste seg å redusere residualspredningen tilstrekkelig for å bli med videre. Også i denne modellen var uttak den mest forklarende variabelen. Her var i midlertid ikke diameter alene signifikant når overhøyde ble beholdt og terreng ekskludert. Grunnen til at diameteren ikke er gyldig alene kan være at det er utført flest forsøk for diameterer < 5 cm for Data-2 (Tabell 3). Det er også generelt få gjentak i tillegg til at det er en og en observasjon ved diameterer > 4 cm. Da vil ikke diameterstørrelsen alene bety så mye for resultatet. Terreng kunne ikke forklare noe av prestasjonene, og dette kan være fordi datasettet er relativt lite for denne gruppen i tillegg til registreringen av variabelen som tidligere omtalt. Sammenlignet med andre studier og Data-1 er prestasjonstidene bedre for sag 545 FXT. En grunn til dette kan også være at Data-2 inneholder en kombinasjon av mindre diameterer og færre observasjoner.

4.7 Subjektiv oppfatning av de forskjellige sagene

Ved å studere tallene i resultatdelen får en et inntrykk av hvordan de forskjellige sagene presterer (Figur 10, 11 og 12), men det er nødvendig å legge til noen betraktninger om hvordan sagene oppleves å bruke. De tradisjonelle ryddesagene er forbedret i en periode på omtrent 60 år, mens kjedesagen nesten er for prototype å regne. Flere tiår med utvikling har gjort tradisjonelle ryddesager til et ergonomisk godt verktøy for ungsogpleie. Å bruke dem effektivt etter kort tid er fullt mulig for de fleste med tilfredsstillende fysikk. Teknikken som trengs for å utføre arbeidet er også relativt enkel. Generelt oppleves det som om tradisjonell ryddesag er best å bruke dersom tettheten i bestandet er fra 500-1000 trær da^{-1} , og diameterne er < 4 cm i gjennomsnitt. Kjedesagen oppleves som best å bruke dersom det er relativt få men store trær per dekar, < 300 trær da^{-1} , med overhøyde > 4 -5 meter og diameter > 4 -6 cm. Hvis trærne i tillegg har stor krone, er også kjedesagen å foretrekke da muligheten til å styre felleretning etter kapping er større enn for tradisjonell ryddesag. Dette kommer av rekkevidden på stangen, som gjør det lettere å nå høyere opp på stammen. I bratt terreng er begge sagtypene gode å bruke, under forutsetning om at operatøren jobber seg oppover, frem og tilbake langs med høydekvotene. Begge de to tradisjonelle ryddesagene hadde varme i håndtaket, dette hadde ikke kjedesagen. Ved kaldt og vått vær ble det erfart at varme håndtak er å foretrekke, og det er i tillegg med på å bedre arbeidsforholdene. Om dette vil påvirke total tidsbruk per dekar er uvisst.

555 FXT

Den største av de to tradisjonelle ryddesagene i denne studien ble brukt ved store diameterer og størst overhøyde. Sagen er merkbart sterkest av de tre brukt i studien. En konsekvens av den store motorkraften er at det kan være fristende å benytte denne saga på dimensjoner som ligger i øvre grense for hva som er ryddesarbeid. Konsekvensene av dette kan være økt tidsbruk i forhold til å bruke motorsag, i tillegg til unødvendig slitasje på operatør og ryddesag. I tillegg bør det i slike bestand vurderes om førstegangstynning noen få år frem i tid er mer aktuelt og/eller lønnsomt. Selve bruken av sagen oppleves som god ergonomisk. Den er noe tyngre enn 545 FXT, men ikke merkbart.

545 FXT

Den letteste og minste av de to tradisjonelle ryddesagene brukt i denne studien ble også brukt i bestand med varierende bestandsvariabler, men hovedsakelig i det som ble målt til å være og skjønnsmessig vurdert til å være minst. Sagen oppleves som lett å bære. Motorkraften er merkbart lavere enn hos 555 FXT og dette oppleves som en begrensning dersom det må kappes to ganger i stedet for en. Motorstyrken oppleves som tilfredsstillende opp til ca 8-10 cm diameter. Det er spesielt etter å ha brukt den største av de to tradisjonelle ryddesagene at den minste oppleves som "svak" når den brukes rett etterpå. En fordel med 545 FXT er at akselerasjonen fra tomgang til fullt turtall oppleves som noe raskere enn for 555 FXT.

535 FBx

Denne saken ble sammenlignet mot de to andre. Den er derfor prøvd i bestand med alle bestandsvariable i studien. Tilnærmingen til hver enkelt arbeidsoperasjon med kjedesagen er mer kontrollert enn med tradisjonell ryddesag. Kjedet sager jevnt og kan derfor føres inn mot stammen sakte og rolig fremfor med en brå og rask bevegelse. Dette fører til at kast unngås nesten uansett kappemetode. Å skjære store diametere (> 10 cm i diameter) er omtrent som ved bruk av motorsag, men lav motorkapasitet og momentet som oppstår dersom en ikke holder skjærutrustningen helt rolig fører fort til klyp. Å skjære små diametere (< 2 cm i diameter) og kvist kan føre til at kjedet hopper av. Tapstid knyttet til steinskjæring og kjedeavhopp er ikke medregnet i denne studien. Dette kunne i midlertid vært studert. Kjedeavhopp ville da antakeligvis nedsatt prestasjonen til 535 FBx under arbeid i bestand med liten gjennomsnittlig diameter.

Kjedesagen oppleves som god å bære. Dette kommer av at festeanordningen til motoren er tilsvarende som for pakkrammesekker. Vekten fordeler seg jevnt på overkroppen, i motsetning til de to andre sagerne hvor bæresystemet og sagens form er konstruert slik at det å bære sagerne på siden av kroppen er eneste mulighet.

4.8 Bruksområder

På bakgrunn av statistikken i denne studien er det ikke mulig å anbefale noen spesielle sager som er bedre enn andre ved gitte bestandsvariabler. Allikevel er det subjektive inntrykket at de

tradisjonelle ryddesagene er gode ved høy tetthet og kjedesagen oppleves som god dersom store trær står mer spredt.

Tradisjonelle ryddesager er spesialtilpasset rydding i ungskog, mens kjedesagen er spesialtilpasset toppkapping i ungskog. Bruksområder for de tradisjonelle ryddesagene (med sagblad) begrenser seg til vanlig ungskogpleie, forhåndsrydding og vegkantrydding, mens det for kjedesagen er noen flere muligheter. Alternativer til toppkapping er som i denne studien tradisjonell ungskogpleie med lav stubbehøyde. Andre aktuelle arbeidsoppgaver for 535 FBx er presis kapping av dobbeltopp, oppkvisting (opptil ca 3 meters høyde), nedskjæring av greiner langs skogsbilveg/sti og mer kontrollert forhåndsrydding. 535 FBx fungerer også veldig godt hvis tette grupper av trær som står på under 1 m² skal reguleres. Dette kan komme av at kast sjelden oppstår og at operatøren har større bevegelsesfrihet ved oppkvisting for økt sikt.

Noe av målet med studien var å synliggjøre flere bruksområder for 535 FBx. Dette er ikke tidsstudert, men at bruksområdene er mange fler enn for tradisjonell ryddesag er ganske sikkert. Redusert skadefrekvens er også et område som ikke ble studert i denne studien men som kan være gjenstand for videre forskning. I tradisjonell ungskogpleie er det i denne studien vist at det ikke er statistisk signifikant forskjell mellom denne og de tradisjonelle ryddesagene knyttet til ulike bestandsvariabler.

5. Konklusjon

Med datasettet i denne oppgaven var det ikke mulig å påvise noen statistisk signifikant forskjell i prestasjonstider knyttet til forskjellige bestandsvariable, mellom tradisjonelle ryddesager og kjederyddesag produsert av Husqvarna. Dersom kunstig kvisting utføres i kombinasjon med ungskogpleie, samt at ergonomi vektlegges, kan allikevel 535 FBx være et godt redskap.

Modellene i oppgaven beskriver prestasjonstider for de forskjellige sagene knyttet til forklaringsvariablene uttaksstyrke, gjennomsnittlig diameter og overhøyde. Prestasjonstidene er mest realistiske for uprofesjonelle skogsarbeidere. Det er sannsynlig at variabelen terreng kan beskrive prestasjonstider i ungskogpleie dersom et godt klassifiseringssystem anvendes.

Aktuelle bruksområder for kjedesaga er kunstig kvisting, kapping av dobbelttopp og gankvist, kvisting av ulike traséer i skog og forhåndsrydding før tynning.

6. Litteratur

- Allskog SA. (2014). *Allma eiendom*. Tilgjengelig fra: <http://www.allskog.no/allma-eiendom>.
- Bergstrom, D., Bergsten, U., Nordfjell, T. & Lundmark, T. (2007). Simulation of geometric thinning systems and their time requirements for young forests. *Silva Fennica*, 41 (1): 137-147.
- Børset, O. (1986). *Skogskjøtselens teknikk*, b. 2. 455 s.
- Fahlvik, N. (2005a). Aspects of precommercial thinning in heterogeneous forests in southern Sweden
- Fahlvik, N. (2005b). *Aspects of Precommercial Thinning in Heterogeneous Forests in Southern Sweden*: Southern Swedish Forest Research Centre, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Frivold, L. H. & Frank, J. (2002). Growth of Mixed Birch – Coniferous Stands in Relation to Pure Coniferous Stands at Similar Sites in South-eastern Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17 (2): 139-149.
- Fylkesmannen i Hedmark. (2013). *Ungskogpleie – eget arbeid og bruk av skogfondsmidlene*. Tilgjengelig fra: <http://www.fylkesmannen.no/Hedmark/Landbruk-og-mat/Skogbruk/Skogkultur1/Ungskogpleie--eget-arbeid-og-bruk-av-skogfondsmidlene/>.
- Gunnarson, M. (2010). Effektivare röjningssätt med kedjeröjsågen?
- Husqvarna AB. (2013a). *Produktbeskrivelse Husqvarna 535 FBx*. Tilgjengelig fra: <http://www.husqvarna.com/se/forest/products/forestry-clearing-saws/535fbx/>.
- Husqvarna AB. (2013b). *Tekniske data for 535FBx*. Tilgjengelig fra: <http://www.husqvarna.com/no/products/forestry-clearing-saws/535fbx/#specifications>.
- Husqvarna AB. (2013c). *Tekniske data for 545FXT*. Tilgjengelig fra: <http://www.husqvarna.com/no/products/forestry-clearing-saws/545fxt/#specifications>.
- Husqvarna AB. (2013d). *Tekniske data for 555FXT*. Tilgjengelig fra: <http://www.husqvarna.com/no/products/forestry-clearing-saws/555fxt/#specifications>.
- Huuskonen, S. & Hynynen, J. (2006). Timing and intensity of precommercial thinning and their effects on the first commercial thinning in Scots pine stands. *Silva Fennica*, 40 (4): 645-662.
- Ihle, O. (2013). *Personal Communication, "Møte med produktansvarlig i Husqvarna Norge AS"* (12.04.2013).
- Kaila, S., Kiljunen, N., Miettinen, A. & Valkonen, S. (2006). Effect of timing of precommercial thinning on the consumption of working time in *Picea abies* stands in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21 (6): 496-504.
- Landbruks- og matdepartementet. (2005). *Ot.prp. nr. 28 (2004-2005)* Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nn/dep/lmd/dokument/proposisjonar-og-meldingar/Odelstingsproposisjonar/20042005/otprp-nr-28-2004-2005-/3/6.html?id=394717>.
- LeBel, L. G. & Dubeau, D. (2007). Predicting the productivity of motor-manual workers in precommercial thinning operations. *Forestry Chronicle*, 83 (2): 215-220.
- Ligné, D. (2004). *New Technical and Alternative Silvicultural Approaches to Pre-commercial Thinning*: Swedish University of Agricultural Sciences.

- Ligné, D., Eliasson, L. & Nordfjell, T. (2005). Time consumption and damage to the remaining stock in mechanised and motor manual pre-commercial thinning. *Silva Fennica*, 39 (3): 455-464.
- Løvås, G. G. (2005). *Statistikk for universiteter og høyskoler*, b. 2: Universitetsforlaget.
- PEFC International. (2014). *Living Forests*. Tilgjengelig fra: http://www.pefc.org/images/stories/documents/NGB_Documentation/Norway/Norway_Standard.pdf.
- Pettersson, N. (1993). The Effect of Density after Precommercial Thinning on Volume and Structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8 (4): 528-539.
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Anders Karlsson. (2012). *Skogsskøtselserien*. Tilgjengelig fra: <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskøtselserien/PDF/06-Rojning20120316.pdf>.
- Rindal, T. K. & Vollen, J. E. (2009). *Ungskogpleie*. Biri: Skogbrukets kursinstitutt. 57 s.
- Rindal, T. K., Myklestad, G. & Pettersen, J. (2013). *Skogkurs resymé nr. 4 Planting*. Tilgjengelig fra: http://www.skogkurs.no/Resyme/Planting_nyest_nettd.pdf.
- Rindal, T. K., Myklestad, G. & Pettersen, J. (2014). *Skogkurs resymé nr. 2 Ungskogpleie*: Skogkurs, Skogbrukets kursinstitutt. Tilgjengelig fra: http://www.skogkurs.no/Resyme/Ny_ungskogpleie_2_nettd.pdf.
- Rognstad, O. & Steinset, T. A. (2011). Landbruket i Norge 2011. Jordbruk - Skogbruk - Jakt.
- Sharma, R. P. & Brunner, A. (2013). *Modelling individual tree height growth of Norway spruce 1 and Scots pine 2 from national forest inventory data in Norway*. Upublisert manuskript.
- Statistisk sentralbyrå. (2011a). *Skogkultur 2011*. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/skogkultur>.
- Statistisk sentralbyrå. (2011b). *Strukturen i skogbruket Tabell: 06307: Skogeiendommer, etter eiendomsstørrelse (dekar)*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.
- Statistisk sentralbyrå. (2014a). *Bruttonasjonalprodukt, etter hovednæring. 2012. Prosentvis fordeling*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/a/aarbok/fig/fig-285.html>.
- Statistisk sentralbyrå. (2014b). *Nøkkeltall for nasjonalregnskap*. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/nokkeltall>.
- Statistisk sentralbyrå. (2014c). *Skogkultur, 2012*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogkultur/aar/2013-05-03?fane=tabell&sort=nummer&tabell=110963>.
- Statistisk sentralbyrå. (2014d). *Totalregnskap for skogbruket, 2012*. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogregn>.
- Statistisk sentralbyrå. (2014e). *Ungskogpleie. Areal og kostnad (F)*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/saveselections.asp>.
- Tahvonen, O., Pihlainen, S. & Niinimäki, S. (2013). On the economics of optimal timber production in boreal Scots pine stands. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 43 (8): 719-730.
- Uotila, K., Saksa, T., Rantala, J. & Kiljunen, N. (2014). Labour consumption models applied to motor-manual pre-commercial thinning in Finland. *Silva Fennica*, 48 (2).

Woxholt, S. (2010). Norsk Institutt for Skog og Landskap - Årsmelding 2010.

Vedlegg 1 – Takstinstruks for kartlegging av bestandsvariable i ungskogpleie

- Lokalisere bestand og bestandsgrenser på kart fra skogbruksplan.
- Innenfor bestandet skal egnet forsøksfelt avgrenses med rødt merkebånd, dette måles opp med målebånd og merkes slik at feltet blir så firkantet som mulig. Marsjretning skal korrigeres med kompass. Arbeidsfelt skal avgrenses innen forsøksfeltene.
- Antall prøveflater må vurderes ut ifra bestandets homogenitet. Stor grad av homogenitet gir få prøveflater/målinger, liten grad av homogenitet krever flere målinger eller mindre arbeidsfelt med mindre variasjon.
- Prøveflater legges ut og merkes med spraymaling.
- Prøveflaten totalklaves fra nord mot vest, på det tredje treet ble høyde målt, dersom dette treet ikke er representativt for helhetsinntrykket, skal neste tre måles. Høyden måles på ett tre per prøveflate. Treantallet på prøveflaten telles indirekte under klaving.
- Treantall må kontrolleres underveis i arbeidet og etter endt arbeidsdag for å kvalitetssikre resultatene og for å finne faktisk reduksjon av treantall.
- Data for tidsbruk og treantall noteres etter hvert arbeidsfelt, og legges inn på datamaskin etter endt arbeidsdag.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no