

TYNNING I BRATT TERRENG. EN ANALYSE AV PRESTASJON OG KOSTNADSNIVÅ VED KOMBINASJON AV MASKINELL OG MOTORMANUELL TYNNING.

THINNING IN STEEP TERRAIN. AN ANALYSIS OF THE PERFORMANCE AND
ECONOMIC CONSEQUENCES OF COMBINING MECHANIZED WITH
MOTOR-MANUAL TECHNIQUES IN FIRST TIME THINNING

EIVIND WIGER KIERULF

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP

INSTITUTT FOR NATURFORVALTNING
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2013



Forord

Masteroppgaven er skrevet ved Instituttet for Naturforvaltning på Universitetet for Miljø- og Biovitenskap innen området skoglig driftsteknikk. Arbeidet med oppgaven har vært en meget givende og lærerik prosess. Hvor jeg har lært mye nytt, samtidig har jeg fått god bruk for den kunnskap jeg har tilegnet meg gjennom hele studiet.

Driftsteknikk er et av de områdene som har interessert meg mest gjennom studiet. Når jeg skulle velge oppgavetema henvendte jeg meg derfor til førsteamanuensis Jan Bjerketved som satt meg i kontakt med *"Skognæringa i Indre Namdal"* v/ prosjektleder Knut Sklett. Som skulle gjennomføre et forsøk der de ønsket å se på mulighetene ved å innlemme motormanuelle metoder i maskinelle tynninger i vanskelig terreng. Dett var et tema jeg tidligere ikke hadde jobbet noe nærmere med, og syntes derfor dette virket meget interessant å ha som tema for min masteroppgave.

Jeg ønsker å rette en stor takk til Knut Sklett og Bjørn Arve Øvereng ved *"Skognæringa i Indre Namdal"* for et meget interessant tema, godt samarbeid og for all den hjelpen de har bidratt med under hele oppgaveprosessen.

Veileder for oppgaven har vært førsteamanuensis Jan Bjerketvedt som har vært til stor hjelp og kommet med raske og konstruktive tilbakemeldinger under hele arbeidsprosessen. Jeg ønsker også å takke Leif Kjøstelsen ved Norsk institutt for skog og landskap for opplæring og utlån av utstyr for tidsstudier.

Jeg å takke min far Knut Hofft Kierulf for lån av bil til feltarbeid, samt min mor Mona Wiger for korrektur og gjennomlesning. Til slutt ønsker jeg å takke alle de øvrige involverte som vært til hjelp under hele prosessen som har resultert i denne oppgaven.

Ås, 10. Mai - 2013

Eivind Wiger Kierulf

Sammendrag

For å oppnå tilstrekkelig råstoff tilgang er Norske Skog Skogn i dag avhengig av å supplere råstoffleveransen ved kjøp av virke fra Sør-Norge til en meget høy transportkostnadd. Dette er også tilfelle for flere andre aktører i skog- og treforedlingsindustrien i Nord-Trøndelag.

Optimalt sett ønsker Norske Skog Skogn fremtidig å kunne oppnå full virkesdekning med leveranser fra Nord- og Sør-Trøndelag.

I Indre-Namdal har man registrert at det ved tynninger står igjen store deler av bestandet som ikke lar seg tynne helmekanisert grunnet bratthet og humide klimatiske forhold med bæresvak mark.

Vinteren 2013 ble det derfor gjennomført et forsøk i Grong i Nord-Trøndelag der man ønsket å se hvilke prestasjoner man kunne oppnå ved å innlemme motormanuelle metoder i ordinere tynningsdrifter for å øke andelen tynning i bratt terreng.

Forsøket ble gjennomført i 5 ulike arbeidsobjekter fordelt på tre ulike granbestand(*Picea abies*) med en terrengstigning mellom 28,75 – 41 %. Arbeidet forløp ved at man først avvirket stikkvegene med hogstmaskin. Deretter ble lisidene manuelt tynnet og heltrevinsjet med landbrukstraktor til stikkveg for maskinell bearbeidelse og utkjøring.

Det manuelle arbeidet ble tidsstudert separat der prestasjonen for manuell felling varierte fra 1,56 til 3,55 m³ u/bark pr virketime. For vinsjingen varierte prestasjonen fra 1,29 – 2,6 m³ u /bark. Middeltredimensjonen lå på 50 dm³ noe som viste seg å være alt for lavt til å kunne gi en positiv netto. Beregninger viste at metoden er sterkt dimensjons avhengig. Med en økt middeltredimensjon til 100 dm³ samt en prestasjonsøkning for det manuelle arbeidet og en økning for maskinell bearbeidelse tilknyttet flertrehåndtering vil driften isolert sannsynligvis oppnå et bedre resultat. Den største utgiften er maskinell kvisting og aptering av utvinsjet virke. Optimalt sett bør derfor de bestand som tynnes manuelt befinne seg i umiddelbar nærhet av de bestand som tynnes helmekanisert.

Summary

To reach the necessary demand for wood supply Norske Skog Skogn has to buy large amounts of wood from southern parts of Norway, associated to a large transport cost. The optimal future solution is to cover the full demand for wood from northern- and southern parts of Trøndelag.

Large amounts of the forest resources in these counties are located in steep terrain and is not reachable in traditional thinning operations. In the winter 2013 an experiment was carried out to see if it was possible to increase the timber extraction by combining manual labour techniques in traditional thinning operations. The manual thinning was carried out five places in three different spruce stands (*Picea abies*), as a line thinning to a striproad made by harvester. The manual thinning was carried out with a common chain saw and winched down to the striproad by a middle sized agricultural tractor. The output from the felling was 1,56 - 3,55 solid cu.m per work place hour, the winching output turned out to 1,29 – 2,6 solid cu.m per work place hour. The middle tree dimension for all work places was 50 dm³ per tree. that turned out to be way too low to give a positive economic result. Calculations based on the output from the experiment showed that the average dimension per tree must be a minimum of 100 dm³ and that work performance has to be at a maximal level. To reduce the operational cost, the stands that are being thinned manually has to be located near the regular thinning areas.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	7
1.1	Innledning.....	7
1.2	Skognæringa i Indre Namdal.....	8
1.3	Problemstilling	9
2	Teori	9
2.1	Selvtynning.....	9
2.2	Tynning	10
2.2.1	Tynningsmetoder.....	11
2.2.2	Tynningens effekter.....	13
2.3	Driftsteknikk.....	13
2.3.1	Terrengmessige driftsforhold	13
2.3.2	Driftsforholdenes betydning for maskinegenskapene	14
2.3.3	Manuell tynning	15
3	Material og metode.....	16
3.1	Registrering i bestandene	16
3.2	Studieområde.....	17
3.3	Maskinbeskrivelser.....	20
3.4	Gjennomføring	21
3.5	Tids registrering	23
3.5.1	Tidsregistrering av motormanuell innsats	23
3.6	Regresjon.....	25
3.6.1	Grunnleggende om modell og forutsetninger	25
3.6.2	Modellens forklaringsgrad og testing av sammenheng	26
3.6.3	Sammenheng mellom X og Y: T-test og F-verdier	26
3.6.4	Fastsettelse av driftskostnader og tømmerpris.....	27
4	Resultat.....	27
4.1	Terrengforhold.....	27
4.2	Manuell tynning, tidsforbruk og prestasjoner.	28
4.2.1	Arbeidsobjekt 2a.....	28
4.2.2	Arbeidsobjekt 2B.....	31
4.2.3	Arbeidsobjekt 3A	33
4.2.4	Arbeidsobjekt 3B.....	35
4.2.5	Arbeidsobjekt 5	38

4.2.6	Arbeidsobjekt 4	40
4.2.7	Oppsummering av tidsforbruk for sagoperatør	41
4.2.8	Oppsummering av tidsforbruk for vinsjeoperatør	43
4.3	Sammenheng mellom dimensjon og prestasjon	45
4.4	Sammenheng mellom virketid vinsjing og variablene treantall og vinsjelengde	46
4.4.1	Virketidsforbruk som funksjon av antall trær i hivet	46
4.4.2	Virketidsforbruk som funksjon av lengden må vinsjestrekke	48
4.4.3	Virketid som funksjon av treantall og vinsjestrekning.....	50
4.4.4	Hogstmaskinens prestasjoner ved kvisting av vinsjet virke og ordinær tynning.....	51
4.5	Driftskostnader	51
5	Diskusjon.....	52
5.1	Prestasjonspåvirkende faktorer.....	52
5.1.1	Manuelle faktorer	52
5.1.2	Faktorer tilknyttet vinsjing	52
5.1.3	Maskinelle faktorer.....	53
5.1.4	Tidsstudie og tidsforbruk.....	53
5.1.5	Uttak	54
5.1.6	Driftskostnader og tømmerpriser.....	55
5.1.7	Anvendelse	55
6	Konklusjon	57
	Vedlegg 1. Kontroll av forutsetningene for regresjonsestimering.	58
	Referanser.....	61

1 Innledning

1.1 Innledning

Økt bruk av digitale løsninger i produksjonen i aviser og magasiner kombinert med et økt tilbud av papir produsert i Asia, har ført til at etterspørselen av papir produsert i Europa har falt betraktelig de senere årene. Fra 2011 til 2012 falt papiretterspørselen papir i Europa med 11 % (Skog Industri 2013). Fra andre del av 90-tallet har flere og flere norske papir- og kartongfabrikker sett seg nødt til å avvikle eller redusere produksjonen som følge av sviktende etterspørsel og høye driftsutgifter. Samtidig som man har opplevd problemer med å opprettholde tilstrekkelige leveranser med råstoff. I 2011 lå det totale forbruket av tømmer for begge trøndelagsfylkene på $1.540.000\text{m}^3$ inkludert flis og biprodukter, mens det ble levert $800.000\text{--}900.000\text{m}^3$ fra samme region. Bare i Nord-Trøndelag har man i løpet av en 20 års periode frem til 2011 opplevd at den totale avvirkingen har blitt tilnærmet halvert til $400.000\text{--}450.000\text{m}^3$.

Norske Skog Skogn er Norges- og en av Europas største papirfabrikker. Med en produksjonskapasitet på 590.000 tonn papir til avis- og magasinproduksjon er de en av de største aktørene i Norsk skogindustri, og med 450 ansatte en av Nord-Trøndelags største arbeidsplasser. Driften ved Norske Skog Skogn er allerede under hard press som følge av at den lokale skogsektoren ikke klarer å opprettholde jevn og tilstrekkelig forsyning av råstoff. fabrikken har sett seg nødt til årlig å importere 100.000m^3 f. fra sør Norge til en vesentlig høyere kostnadd levert tomt, for å veie opp for den lokale mangelen på virke (Kjesbu 2013). Av den totale virkekostnadden utgjør transport 20-25 % (Kjesbu 2013), som tilsvarer opp mot 300kr/ m^3 . Jemtland er i en særstilling da dette fra fabrikkoppstart i 1966 har vært en naturlig del av Skogns forsyningsområde, men også her man til tider måttet akseptere lange transportavstander for å oppnå tilstrekkelig volumdekning for fabrikken (Kjesbu 2013).

Norske skog Skogn er en del av en industri med store konkurranseutfordringer og meget høye driftskostnader som har ført til en kraftig nedgang i produksjon og flere nedleggelser. En nedleggelse av fabrikken i Skogn vil ikke bare bety at 450 ansatte mister jobben, men det vil også få store negative ringvirkninger for den øvrige skogsektoren i regionen. Skogeiere og skogsamvirkene mister en viktig oppkjøper av massevirket sitt. Sagbruksindustrien videreselger om lag 50 % av virket de mottar som biprodukter i form av flis og kutterspon til Skogn, som nyttiggjør det i papirproduksjonen. Inntektene dette utgjør for sagbruka omfatter en vesentlig del av inntektsgrunnlaget, som ved en eventuell nedleggelse av Skogn vil

opphøre og resultere i store driftutfordringer og i verste fall nedleggelser også her. Noe som igjen vil føre til at skogeierne også vil kunne få problemer med å levere skurtømmeret.

Et økt fokus og sterkere samarbeid mellom industri og næring det siste året har resultert i at man det siste året har klart å kontrahere 550.000m³f. virke og flis fra midt-Norge og ca 200.000 m³f fra Jemtland. Selv om dette er en sterk forbedring mottas fortsatt en stor andel virke fra Sør-Norge og for å oppnå en ideell situasjon med full virkesdekning med tilførsel fra Nord- og Sør-Trøndelag inklusive flisen fra sagbruka i dette området er det en forutsetning at avvirkningsnivået økes.

1.2 Skognæringa i Indre Namdal

Indre Namdal som utgjøres av kommunene Grong, Høylandet, Lierne, Namsskogan, Røyrvik og Snåsa er en region der skogbruket utgjør en viktig del av næringsgrunnlaget. Til å møte utfordringene for å øke avvirkningen i regionen har man opprettet prosjektgruppen ”Skognæringa i Indre Namdal”.

Prosjektet er underlagt Indre Namdal Regionsråd og hovedmålet med prosjektet er å: ”Øke aktiviteten og verdiskapingen i skognæringa, og derved også øke skognæringas betydning for klima og miljø” (Skognæringa i Indre Namdal 2011). Den årlige avvirkningen i Indre Namdal er 150000m³, noe som utgjør tilnærmet en 1/3 av den totale avvirkningen i Nord-Trøndelag. En stor fremtidig utfordring er at man nå begynner å nærme seg en situasjon der store deler av kulturskogen som ble plantet på 50-og 60-tallet ikke er hogstmodent før om 10-20 år, mens mye av den stående kubikkmassen som er hogstmoden i løpet av de neste årene er lokalisert på lavere boniteter og på steder tilknyttet større terrengmessige utfordringer. For å kunne opprettholde en tilstrekkelig avvirkning, må det legges til rette for alternative løsninger på hvordan man kan håndtere de terrengmessige og skoglige forhold som er et av hovedsatsningspunktene som arbeidsgruppa jobber med.

Gammelskogarealene som ble avvirket og tilplanta i perioden 1950-1980 begynner nå å bli tynningsmodne (Øyen 2005). Store deler av disse ligger i terreng hvor det pga bratthet oppstår problemer med å gjennomføre konvensjonelle tynninger. ”Skognæringa i Indre Namdal” ønsker derfor å se på hvorvidt det er mulig å kunne øke tynningsuttaket i bratt terreng ved å kombinere maskinelle og motormanuelle tynninger samtidig som at man holder

driftskostnadden på et nivå som vil kunne gi en positiv netto for skogeier. Eventuelt om underskuddet på driftsresultatet vil kunne la seg dekke av et akseptabelt tilskudd.

1.3 Problemstilling

I denne oppgave vil jeg prøve å finne ut hvilke prestasjoner man kan oppnå ved å innlemme motormanuelle metoder i de ordinære tynningsdriftene for å kunne innlemme de bratte og mindre tilgjengelige områdene, som ellers ville stått igjen utynnet. Hvilke merkostnader vil dette medføre?

Videre vil jeg i diskusjonen drøfte hvilket potensial og for hvem dette kan være en aktuell metode.

2 Teori

2.1 Selvtynning

Når et bestand er i ferd med å slutte seg vil konkurransen mellom trærne øke, både i kronesjiktet og i rotsjiktet. Det avgrensede området som hvert tre har til å utvikle seg på vil avta. Tre kronene vil komme i konflikt med hverandre, og mindre lys vil trenge ned gjennom kronene. Dette resulterer i selvkvisting ved at det lavere kvistsjiktet vil få for liten tilførsel av lys, og dermed vil kvistene etter en stund dø ut og falle av (Børset 1985). En viss selvkvisting er viktig for å oppnå virke med lite kvistsetting, samt at skogsbunnen får tilført ekstra næring i form av strø. I tilfeller med høy bonitet, høy tetthet og manglende avstandsregulering vil selvkvistingen skje i et så høyt tempo at man sitter igjen med trær som er så kraftig oppkvistet at motstandskraften mot toppbrekk og vind blir redusert. Hvis treet har stått undertrykt over lengre tid, vil det kunne utvikle seg grener i det lavere sjiktet som er så seige at treet ved fristilling ikke klarer å kvitte seg med disse, som vil kunne medføre en dårligere virkeskvalitet. Dette er noe man i større grad ser hos gran i forhold til furu hvor renselsesprosessen skjer raskere.

Etter hvert som denne konkurransen øker fører det til at de svakere individene ikke klarer å motstå presset fra de sterkere individene i bestandet. Når de sterkere individene først har fått et overtak i utviklingen blir det vanskelig for de undertrykte trærne å ta igjen dette. De svakere trærne er også i større grad utsatt for sykdomsangrep som kan være med på å fremskynde denne prosessen (Børset 1985). Etter hvert som det totale presset blir for stort for understanderene vil de tape kampen og dø ut.

Den naturlige avgangen i bestandet skyldes også andre faktorer enn bare selvtynning. Kalamiteter, vindfall, skader som følge av større snømengder, råte og beitepress kan føre til avgang i et skogbestand. Hvor stor selvtynning man kan regne med i løpet av bestandets omløpstid avhenger bl.a. av bonitet og utgangstetthet. Øyen (2000) fant at den gjennomsnittlige årlige avgangen i et granbestand lå på 0,98 % når man så på antall døde i forhold til antall levende trær. Dette var en økning på 0,22 % i forhold til hva Braastad (1982) kom frem til, Øyen peker på at dette skyldes nedgang i tynningsaktivitet.

2.2 Tynning

Formålet ved en tynning beskriver Børset (1986) som *”En tynning tar først og fremst sikte på å skape optimale produksjonsvilkår for de trærne som blir stående igjen. Verdifull produksjon i volum og kvalitet er målet”*

Tynningen er en foravvirking der en andel av bestokningen tas ut før bestandet er hogstmodent, der man etterlater et optimalt antall av de beste fremtidstrærne med en jevn fordeling. Man skaper da mer optimale forhold for de trær som egner seg best for den videre produksjonen. Tynningen er den første avkastningsmuligheten man får av bestandet samtidig som man nyttiggjør seg av den trekapitalen man ellers ville risikert at gikk tapt i selvtynningen. Ved tynning får man også ryddet opp og fjernet vindfall som er med på å skape gode habitater for insekter og skadedyr som kan utgjøre en risiko for bestandet. Dette vil også gi et bestand som er visuelt penere og mer fremkommelig.

Et sterkt oppkvistet bestand vil i større grad være ustabilt og mindre motstandsdyktig mot snø og stormskader, noe som vil bedre seg etter en tynning. Skjevheter i bestandsutviklingen kan også rettes på ved hjelp av en tynning. Er det sprik i kronesjiktet og diameterfordelingen kan man bøte på dette ved å henholdsvis ta ut deler av enten det øvre eller nedre sjiktet. Med dette vil kunne oppnå et jevnere og mer velpleid bestand, men det forutsetter at forskjellene ikke er for store.

Hvorvidt man skal eller bør tynne er et tema som både har vært og er gjenstand for til dels kraftig diskusjon. Braastad og Tveite (2000) fant at med mindre man kan oppnå en driftnetto på $100\text{kr}/\text{m}^3$ i tynningsdrifta, så bør tynning i granbestand revurderes. I fylker som Nord-Trøndelag hvor det har oppstått en situasjon der industrien sliter med tilgjengeligheten av lokalt råstoff oppstår den en større samfunnsmessig verdi av tynningsaktiviteter. Det gis derfor tilskudd til skogeierne for å skape tilstrekkelig lønnsomhet for grunneieren i tynningsdrifta. Et annet ledd er at man ved tynningsdrifter kan sysselsette skogsentreprenører

og arbeidere i tider der det ellers er liten aktivitet. Maskiner som står stille utgjør store utgifter for en entreprenør. For sikre en fast tilgjengelig arbeidsstokk må man også sørge for tilstrekkelig arbeid og full produksjon gjennom hele året. Her kan tynninger spille en sentral rolle.

2.2.1 Tynningsmetoder

Man kan utføre både passive og aktive tynninger. En passiv tynning også kalt rensningstynning er mest å betrakte som en opprydning i bestandet, der man fjerner døde og døende trær. Bortsett fra at man fjerner et faremoment knyttet til spredning av sykdom, og at bestandet får et penere utseende påvirker det ikke de gjenstående trær i noen grad (Børset 1986).

Når det snakkes om tynningsinngrep er det aktive tynninger man som regel referer til og da som regel selektive tynninger. Av selektive tynninger kan man velge mellom følgende alternativer.

- Fritynning
- Høytynning
- Lavtynning
- Kronetynning

Fritynning: Fritynningen ble først fremhevet av den danske godseieren og statsminister *Christian Ditlev Frederik lensgreve Reventlow* for over 200år siden. Han ville handle uavhengig av de skjematiske systemer, og på bakgrunn av de målinger og registreringer man observerte. Tankegangen ble videreført av tyskeren *Carl Robert Heck* som skrev ”Tynninger skal være fri for alle band”. Det vil si at man i en fri tynning fjerner trær fra alle sjikt slik at man sitter igjen med et bestand med en jevn spredning av de beste trær. I Norge var Professor Erling Eide en sterk forkjemper av fritynningen. Ved å sette igjen de beste trær i bestandet, og fjerne de trær det ikke er aktuelt å satse på, samt underbestandet vil det også bli tilført mer varme og lys til skogbunnen som stimulerer humusomsetningen (Børset 1986).

Høytynning: I en høytynning er det hovedsakelig i det øverste kronesjiktet det tynnes, med vekt på trær med en ikke optimal utvikling, eller som har en skade. Hvis man har mange trær av god kvalitet i lavere sjikt, vil disse få større plass å videreutvikle seg og bedre sine konkurransevilkår. Høgtynning er den tynningsmetoden som vil gi det største økonomiske utbyttet på tynningstidspunktet. Men dette kan gå på bekostning av utbytte i sluttavvirkningen

ved at man forlenger omløpstiden. Det er også en risiko ved man reduserer produksjonsevnen ved å ta ut trær med god vekst for tidlig (Børset 1986). Som en ordinær tynningsmetode er høytynningen lite brukt, men ved noen spesielle tilfeller kan den allikevel være aktuell. Hvis et bestand har en meget stor spredning i alder og dimensjon, kan det være aktuelt å foreta en høytynning ved at man tar ut de trærne som er hogstmodne for å gi plass til det resterende bestandet. Tynningsinngrepet vil da fortone seg noe på samme måte som en dimensjonshogst.

Lavtynning: Lavtynningen er det motsatte av høytynningen. Her favoriserer man de største og dominerende trærne. Man fjerner de laveste trærne først og beveger seg oppover. Tilslutt sitter man igjen med et kronebilde bestående av de største trærne. Hvis man ser at det vil kunne oppstå hull i bestandet er det aktuelt å sette igjen mindre trær som i utgangspunktet hadde blitt fjernet. Siden det hovedsakelig er små dimensjoner som blir tatt ut i lavtynningen, så er det vanskelig å få et økonomisk overskudd ut av inngrepet. Blir inngrepet for hardt er det også en fare for at det kan slå opp ulike typer uønsket bakkevegetasjon som forstyrrer for foryngelsen (Børset 1986).

Kronetynning: I en kronetynning satser man hovedsakelig på de herskende trærne i bestandet. Det tas allikevel sikte på å ta ut trær både fra det øvre og nedre sjikt. Hovedsakelig er det allikevel i mellomstikket det tynnes. I kronetynningen etterstreber man et jevnt øvre kronesjikt, men tar allikevel vare på underbestandet.

Tynning i dagens moderne skogbruk arter seg betydelig annerledes enn i tidligere tider. For mange av de mindre skogeierne har også skogen en vesentlig mindre betydning for totaløkonomien enn det den hadde tidligere. Dette medfører at ikke alle sitter med like mye kunnskap selv, men overlater beslutningstagningen og jobben til andre. Utvelgelsen av uttakstrær er det i dag hovedsaklig maskinoperatøren eller skogsarbeideren som gjør fra maskinen, der utvelgelsen skjer i løpet av sekunder uten at sluttresultatet nødvendigvis blir noe dårligere av den grunn. I dag er det i hovedsak fri- og kronetynning, eller en kombinasjon som er det mest vanlige. Først avvikles hele stikkveier i bestandet for også tynne mellom disse, så lagt kranen på maskinen rekker. For at det ikke skal bli for tett mellom stikkveiene må man som regel akseptere at det vil være en sone mellom stikkveiene som forblir utynnet.

2.2.2 Tynningens effekter

Ved å åpne opp bestandet, vil man øke lystilførselen og jordtemperaturen vil stige. Økt tilførsel av strø som følge av at stubber, røtter og kvistavfall fra tynningstrærne brytes ned, vil gi en økt humusomsetningen og tilføre jorda ekstra nitrogen og andre viktige næringsstoffer. Blir lystilgangen for kraftig kan det føre til en sjokkvirkning på trærne som kan føre til vannrisdannelse (Børset 1985).

Ved å gjennomføre tynning mens bestandet fortsatt er å regne som ungt vil trærne få økt plass og tilført mer næring vil røttene og kronene utvikle seg og trærne vil på sikt bli mer stormsterke (Børset 1985). Men man må være obs på at trærne trenger noe tid til å stabilisere seg etter et inngrep. I tidsperioden etter inngrepet vil bestandet være ekstra utsatt. Kraftige snøfall eller storm kan derfor ramme bestandet ekstra hardt i perioden etter tynningsinngrepet er gjennomført.

Tynningen vil, hvis den blir rett utført, også føre til økt sunnhet i bestandet ved at døde og skadde trær blir fjernet. Dette er trær som ellers ville fungere som inngangsporter og smittekilder for sykdommer og innsektsangrep. Ved å fjerne disse, øker man forutsetningene til de trærne man har valgt å satse på.

Bestandsvolumet vil avta med økende tynningsstyrke og gjennomsnittsdiameteren vil endres. Ved tynning i det øvre kronesjiktet vil man sitte igjen med en økt andel mindre trær og vil få redusert middeldimensjon. Tynner man nedenfra vil man da få det motsatte resultatet ved at middeldimensjonen øker. Øyen (2003) fant i et feltforsøk på tynning i granskog på Sørlandet at dimensjonen på de 600 groveste trærne var 14 % høyere for de sterkt tynnede områdene i forhold til de ikke tynnede kontrollbestandene. Det samme gjaldt også for tilveksten. Videre viste resultatene i forsøket at den reduserte driftskostnaden man oppnådde i sluttavvirkning samt inntekten man fikk fra tynningen. Veide opp for reduksjonen i bestandets bruttoverdi.

2.3 Driftsteknikk

2.3.1 Terrengmessige driftsforhold

Driftsforhold for maskiner i skogen avhenger av jevnhet, bæreevne, bratthet/helning avstand og snøforhold. Ved bruk av terrenggående utstyr er det hovedsakelig bæreevne, bratthet og jevnhet som kan skape utfordringer (Winsents 2000). Brattheten er avgjørende for maskinenes stabilitet og manøvreringsevne i terrenget. Maskinens tyngdepunkt er avgjørende for stabiliteten og tyngdepunktet vil kunne endres når maskinen endrer arbeidsoppgave eller ved

endret kjøreretning. Brattheten i terrenget angis i % og beskriver endringen i høyderetning i forhold til endringen i lengderetning. Hvis det er en endring i høyderetningen på 1m over en endring i lengderetning på 10 meter vil man få en stigning på $1:10=0,1$ eller en prosentvis stigning på 10 %. Dette kan beskrives ved formel 1;

$$\text{Stigning (\%)} = 100 \times \tan \alpha \quad (\text{Formel 1})$$

Jevnheten angir andelen og størrelsen av stein, blokkinnhold og andre terrenghindringer som ur og kløfter. Bæreevnen er en viktig faktor for maskinens fremkommelighet og avgjøres i stor grad av terrengets jordart, fuktighet og armering (Furuberg & Bjerketvedt 2003). Maskinens vekt kan også være en begrensende faktor for bæreevnen. Variasjonen i klima vil i noen tilfeller endre de driftmessige forholdene. Kalde vintre med tele i jorda vil kunne oppheve for dårlig bæreevne, Mens snømengde vil oppheve enkelte ujevnheter i terrenget men det kan også resultere i en begrensende faktor ved at maskinen vil synke ned.

Terrengforhold kan beskrives ved hjelp av en deskriptiv eller funksjonell terrenganalyse (Furuberg & Bjerketvedt 2003).

I den deskriptive terreng analyse deler man inn terrenget etter målbare faktorer, uavhengig av hvilken driftsform som er tiltenkt. Mens en funksjonell terrenganalyse deler terrenget opp i de ulike driftsformer som er mulig avhengig av terrengforholdene.

2.3.2 Driftsforholdenes betydning for maskinegenskapene

De terrengmessige forholdene er også avhengig av hvilke inngrep som er tenkt. Ved sluttavvirkninger uten basveg vil normale hogstmaskiner få problemer ved en bratthet $>40\%$. (Furuberg & Bjerketvedt 2003). Ved tynninger vil derimot den begrensende brattheten ligge lavere. Den største utfordringen vil være for lastetraktoren der den bakre vogna på lastetraktoren krever en større radius for å endre kjøreretning. Ved fullt lass vil den bakre delen av lastetraktoren ha en lavere stabilitet i forhold til den fremre delen og ved kjøring i bratt sidehelning eller over store hinder kan dette øke faren for velt. Ved kjøring i sidehelning vil fremkommeligheten stoppe ved at støttene og lasset kan komme i konflikt med gjenstående skog. Samtidig vil krana få store problemer med manøvrering ved lasting og opparbeiding i terreng med stor helning og ujevnheter. Gjenstående trær vil kunne begrense kranens rekkevidde og endring av tyngdepunktet vil øke faren for velt.

For terrenggående maskiner kan kjøremotstanden deles opp i tre deler. Rullemotstand, slepemotstand og stigningsmotstand. Rullemotstanden er den motstand som skaper hinder for maskinens hjul eller belter ved horisontal forflytning. Et eksempel på faktorer som øker rullemotstanden er snø eller annet løst underlag. Ved store mengder løst underlag i kombinasjon med tunge maskiner kan det resultere i at maskinen graver seg ned i underlaget og blir sittende fast.

Slepemotstand er den motstanden som oppstår når underlaget er i kontakt med chassiset eller ramma på maskinen. Dette kan oppstå hvis bæreevnen er så lav at maskinens kontaktpunkter synker eller graver seg ned i underlaget, eller hvis det er store ujevnheter i kjørebanelen.

Stigningsmotstand er den motstanden maskinen møter ved økning i stigningen i kjørebanelen.

For at en maskin skal kunne bevege seg i forhold til terrengoverflaten er den avhengig av å ha en uttagbar drivkraft som er større enn kjøremotstanden (Furuberg & Bjerketvedt 2003). Når maskinens kontaktpunkt møter underlaget vil det oppstå en deformasjon av begge punkter og de vil møtes i belastningsflaten. Markgrepet er avhengig av hvor stor friksjon det er mellom maskinens kontaktpunkt og underlaget. Hvis underlaget er preget av is eller løst underlag som snø, mark med stort vanninnhold, eller stor helning vil den lave frikssonen føre til et dårlig markgrep og det vil oppstå sluring mellom hjul og terrengoverflaten. Ved sluring over lengre tid vil maskinen grave seg ytterligere ned og man påfører maskinen unødvendig belastning.

2.3.3 Manuell tynning

I likhet med maskinell tynning avvirket først stikkvegene ved at en hogstmaskin har gjort det i forkant eller at de blir avvirket manuelt. Bredden på stikkveien bestemmes av bredden på de maskinene som skal kjøre der. Hvis veien blir unødvendig bred vil det utgjøre et produksjonstap. Ligger bestanden langs en vei kan det også være hensiktsmessig å legge vinsjestripene med utgangspunkt fra veien. Man vil da redusere transportkostnaden frem til lunneplass og spare tid og trekapital. Vinsjestripene legges vinkelrett på stikkveien ved at man først feller opp vinsjestråpa og deretter felles de trærne som skal ut. Uttakstrærne felles enten inn eller ut fra stråpa for å forenkle vinsjing. Ved at trærne felles i en vifteform vil man forenkle stroppingen og få samlet lasset bedre ved innvinsjing. Avstanden mellom vinsjestripene avhenger størrelsen på tynningsuttaket, samt de driftsmessige forholdene. Hvis man skal klare å nå hele bestanden bør ikke avstanden være mer enn 10-15m. Blir avstanden noe større må man som regel akseptere at det vil stå igjen en utynnet sone i midten. Om trærne skal kvistes og apteres før vinsjing avhenger av driftsopplegget og driftsforholdene.

Ved å vinsje ukvista virke vil man få bedre løft på hivet, samt at man reduserer faren for skader på gjenstående trær og røtter. Samtidig vil ukvistet virke øke sannsynligheten for fast vinsjing og man vil bruke mer tid med på- og avstropping av lasset. Ved bruk av fjernstyrt vinsj vil man kunne følge og styre lasset ved innvinsjing noe som gir store fordeler for å unngå fastvinsjing og skader på gjenstående trær.

3 Material og metode

3.1 Registrering i bestandene

I hvert bestand ble registreringer av skoglig data utført i tilfeldig utlagte prøveflater av 50m^2 . I hver prøveflate ble det registrert:

- Treantall (N)
- Brysthøydiameter ($d_{1,3}$)
- Overhøyde (H0)
- Grunnflate sum

Treantallet ble funnet ved at alle tær som inngikk i prøveflata ble talt opp og deretter multiplisert med 20 for å få treantall pr dekar (daa).

Brysthøydiameter ble funnet ved at alle trær som inngikk i prøveflata ble klavet med toarmet ståklave. Treet ble klavet i brysthøyde, som regnes som 1,3m over marka og 1,3m over midlere marknivå i helning (Fitje 1989). Diameteren ble målt på fallende kant.

Overhøyde ble målt ved bruk av Vertex høydemåler. Vertex høydemåler er et trigonometrisk måleinstrument. Treets høyde blir beregnet på bakgrunn av avstanden mellom treet og den som måler, og vinkelen opp til treets topp. Dette skjer ved bruk av ultralyd.

Grunnflaten ble funnet ved bruk av faktor 1 kjederelaskop. Ved faktor 1 blir forholdet 1:50 og antall telte trær vil dirkete angi grunnflatesummen i m^2 , dvs. at hvert tre tilsvarer 1 m^2 (Fitje 1989). Dette kan bevises ved følgende resonnement hentet fra (Fitje 1989):

Ved en flate med radius d , ville alle trær som står på en avstand lavere enn $50d$, inngå i spalten på relaskopet. Treet på flata må derfor ha en diameter på d for å inngå i relaskopet. Vi får da følgende:

$$Flatas\ areal = \pi 50^2 d^2 \quad (Formel\ 2)$$

$$Treets\ grunnflate = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (Formel\ 3)$$

Siden 1 hektar = 1000m² får vi:

$$\frac{Treets\ grunnflate}{Flatens\ areal} = \frac{Y}{1000} \quad (Formel\ 4)$$

Hvor y er grunnflatestørrelse i m² pr ha.

$$Y = \frac{Treets\ grunnflate}{Flatens\ areal} 1000 = \frac{\frac{\pi}{4} d^2}{\pi 50^2 d^2} 1000 = 1m^2 / ha \quad (Formel\ 5)$$

Radien på relskopflaten vil variere med dimensjonen på trærne (Fitje 1989)

Relaskoperingen ble tatt ifra sentrum i hver prøveflate, og hvert annet tvilstre ble telt.

Terrenghelning: Terrenghelningen ble målt med Suunto stigningsmåler på de aktuelle arbeidsstedene i hvert bestand.

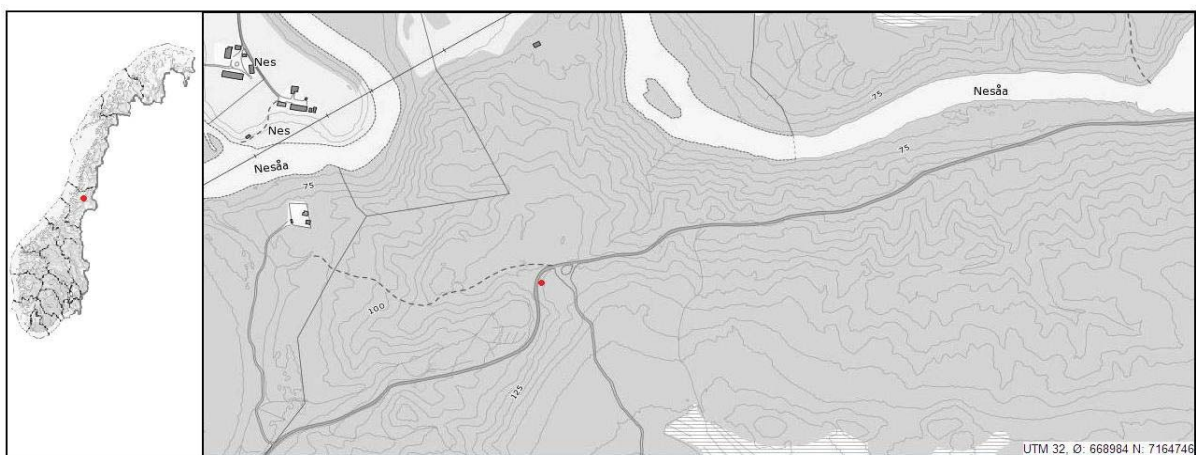
For å minimere tilfeldige feil knyttet til personen som målte, ble det vekslet på hvem som foretok de ulike målingene.

3.2 Studieområde

Studieområdet er valgt ut av prosjektleder Knut Sklett i samsvar med andre i prosjektgruppa.

Studieområdet ligger syd for stedet Ness i Harran ved elva Nesåa i Grong kommune.

Lunneplassen som er utgangspunktet for de ulike studiebestandene ligger ca ved UTM, Ø: 668984 N: 7164746.



Figur 1. Studieområdet Grong kommune. Hentet fra Kilden, Norsk Institutt for Skog og Landskap. Lunneplass merket med rødt.



Figur 2. Kart over bestand med tilhørende arbeidsobjekt

Ved valg av studieområde ble det vektlagt å finne tynningsmodne bestand der de terrengmessige forholdene knyttet til bratthet og bæreevne, ga et representativt bilde av de utfordringene man ofte møter ved skogdrifter i Namdalsregionen. Regionen er preget av at det

står store kubikkmasser i bratte lisider og ravinedaler som i konvensjonelle tynninger ikke er tilgjengelig. Det ble også valgt et ordinert tynningsbestand uten noen terrengmessige utfordringer. Dette bestandet fungerte som et bufferbestand for å opprettholde full produksjon på hogstmaskinen gjennom hele dagen.

Testområdet eies i dag av Namdal Bruk AS og er en del av det arealet som i 2003 ble solgt av Norske Skog AS. Alle bestandene var plantet og tilnærmet rene granbestand med noen sporadiske innslag av bjørk og boniteten varierte mellom G14—G17. Det forelå ingen god bestandshistorikk men i enkelte av bestandene var det synlige tegn på at det tidligere hadde vært gjennomført avstandsregulering. Dette var imidlertid ikke gjeldene for samtlige bestand. Veien er av god standard og går inn mellom bestandene med lunne- og maskinoppstillings plass på området mellom bestand 5 og bestand 1 og 2.

Bestandsregistreringene (tabell 1) ble gjort i de bestand de skulle bli gjennomført studier i.

Tabell 1. Bestandsdata

	Bestand 2	Bestand 3	Bestand 4	Bestand 5
Treantall	220	180	200	210
DBH (cm)	12,32	15,57	13,58	12,23
Overhøyde (m)	13,67	17	12,83	13,25
Grunnflate (m2)	31,80	37,33	22	28,50

Bestand 3 befinner seg i overgangen mellom en hogstklasse(hk) 3 og 4, og man kan argumentere for at det optimalt sett fra et skjøtselperspektiv er for sent å tynne her, men det ble allikevel regnet som aktuelt. Både fordi da får man et bilde av ytterpunktene, samtidig som man ofte ser at det ikke er uvanlig at også deler av slike bestand blir inkludert i tynninger. For å bedre det økonomiske resultatet. På sikt kan man diskutere om det gir det gunstigste totalresultat.

Gjennomføringen av studiet foregikk i tidsperioden fra 14-21. mars 2013. Temperaturen varierte mellom -10 °C og -24 °C. Tidligere samme måned hadde det vært en mildværsperiode etterfulgt av snøvær som hadde ført til et skarelag med 40-50 cm finkornet snø. Snø- og skarelaget opphevet i stor grad de terrengujevnhetene man ellers ville hatt, men gjorde det noe vanskeligere å bevege seg til fots. Det ble ikke foretatt noen for håndsrydding,

3.3 Maskinbeskrivelser

Maskinene som ble brukt var Ponsse Beaver (Tabell 2) hogstmaskin og en John Deere 1410D lastetraktor (Tabell 3). Ponsse Beaver er den minste maskinen beregnet for sluttavvirkning, men kan allikevel brukes i tynningsdrifter. Lastetraktoren er i mellomklassen og er i utgangspunktet stor for tynningsdrifter. I Namdalsregionen er det ingen som tilbyr tynning med mindre maskiner som er beregnet på tynningsdrifter. Entreprenøren som ble brukt hadde tidligere hatt mindre maskinpark beregnet på tynningsdrifter, siden det er i hovedsak tynning som skal være hans arbeidsområde. Oppdragsporteføljen innebærer imidlertid en større andel sluttavvirkning enn tynning. Det å kjøre en stor andel sluttavvirkninger med maskiner som ikke er dimensjonert for det, fører til stor påkjenning og økt slitasje på maskinen. Han valgte derfor å bytte ut til maskiner i mellomklassen.

Hogstmaskinen har 3 hjulsett utstyrt med belter på boggiakselen og kjetting på hjulsettet bak. Lastetraktoren har 4 hjul sett med boggiakslar der boggien bak var koblet sammen med belter og boggien foran var utstyrt med kjetting. Begge maskinene hadde belter som var nylig påsveiset nye gripepigger.

Tabell 2. Tekniske spesifikasjoner Hogstmaskin (Ponsse Beaver)

Maskintype	Ponsse Beaver
Motoreffekt	129kW/175hp
Lengde	7 meter
Bredde	2,6-2,8 meter
Tjenestevekt	17 100 kg
Fri høyde	0,64 meter
Målesystem	Opti 4G
Hjul	6
Kran/lengde	Ponsse C2/ 10meter
Aggregat	Ponsse H53

Tabell 3. Tekniske spesifikasjoner Lastetraktor (John Deere 1610D)

Maskintype	John Deere 1410D
Motoreffekt	129kW/ 173hp
Lengde	10,40 meter
Bredde	3,070 meter
Tjenestevekt	17500 kg
Frihøgde	3,7 Meter
Hjul	8
Kran/lengde	7,2 meter

Traktoren som ble brukt var en landbrukstraktor av typen Valtra 6550 Hi-tech (Tabell 4).

Utstyrt med Igland 5002 to tromlet vinsj med 12mm ståltau utstyrt med radiostyring og 1,5 m nylon rundsling m/glider av type ring m/låsepinne. I tillegg ble det brukt ulike typer proffsager av liten/middels størrelse og personlig verne- og felleutstyr.

Tabell 4. Tekniske spesifikasjoner Traktor (Valtra 6550 Hi-Tech)

Maskintype	Valtra 6550 Hi-tech
Effekt	73,5 kW/100 hp
Lengde	4,5 meter
Bredde	2,3 meter
Egenvekt	4660 kg
Frihøgde	0,47 meter

3.4 Gjennomføring

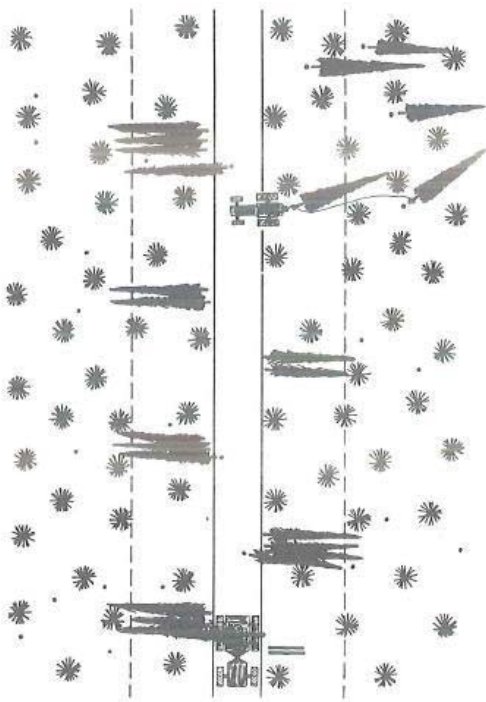
Hogstmaskinen avvirket først stikkvegene, og kantene så lang kranen rakk på hver side.

Tynningen som ble foretatt var en fritynning der utvelgelsen av uttakstrær ble gjort fortløpende av enten hogstmaskinkjører, eller skogsarbeiderne som utførte det manuelle arbeidet. Utvelgelsen ble gjort på bakgrunn av *Skogbrukets kursinstitutt* (Skogkurs) sin tynningsmal/instruks, sammen med en visuell skjønnsvurdering av personen som utførte tynningen. Lauvtre ble kun satt igjen for å unngå hull i bestandet.

Mannskapet bestod av nåværende og tidligere profesjonelle skogsarbeidere, med mye erfaring innen manuelt arbeid så trenger kroppen noe tid til å venne seg til den belastningen manuelt skogsarbeid påfører kroppen. Hvis det har gått en lengre tid med maskinelt arbeid eller kontorarbeid, vil man trenge noe tid for å komme i gang og få en jevn flyt i arbeidet.

Mannskapet som skulle gjennomføre den motormanuelle driften, brukte derfor bestand 4 som et tilvenningsbestand for å venne kroppen til belastningen. Dette ble gjort i kombinasjon med å prøve seg frem med ulike arbeids metoder og finne en hensiktsmessig arbeidsfordeling for det videre arbeidet.

Arbeidsfordelingen i det motormanuelle arbeidet ble utført av to personer. Arbeider 1(sagoperatør) felte opp vinsjestriper og beveget seg gjennom arbeidsområdet og felte de trær som skulle ut i tynningen. Når første stripe var felt opp startet arbeider 2 (vinsjeoperatør) å stroppe og vinsje virket ned til stiggvegen. Hvis det ikke var noe virket som skulle vinsjes som er tilfelle ved oppstartstidspunkt eller ved påbegynnelse i nye arbeidsobjekt, ble begge brukt til felling av striper og tynningstrær. Arbeidsfordelingen mellom de to arbeiderne var lik under hele testperioden. Dette i hovedsak fordi den ene var mer vant med traktor og det vinsjeutstyret som ble brukt, og dermed hadde en mer effektiv fremdrift, samtidig som at man under testkjøringen kom frem til at det var den mest hensiktsmessige metoden. Etter at alt virke i hvert arbeidsområde var fremvinsjet, returnerte hogstmaskinen for å kviste og å aptere virket før det ble kjørt ut til lunneplass av lastetraktor.



Bilde 1. Arbeidsskisse (Krogstad, I & Kjøstelsen, L 1985)



Bilde 2. Når første vinsjestripe var klar startet vinsjeoperatøren å vinsje. Foto: Kierulf, Eivind Wiger

3.5 Tids registrering

Den motormanuelle delen ble tidsstudert og registrert av en observatør ved bruk av Allegro Cx med programmet SDI. Dette er en håndholdt dataenhet der man ved hjelp av forhåndsprogrammerte maler kan ta både totaltider og deltid for ulike arbeidsoperasjoner. Tidsforbruket til hogstmaskinen og informasjon om avvirket volum og middel tredimensjon, ble hentet direkte ut fra maskinens dataenhet.

3.5.1 Tidsregistrering av motormanuell innsats

Det motormanuelle arbeidet bestod av to arbeidsoperasjoner; hogst og vinsjing. Siden en observatør kun har mulighet til å registrere en mann/maskin om gangen ble arbeidsoperasjonene registrert separat, ved at man i hvert arbeidsobjekt først registrerte deloperasjonene som inngikk i hogst (Tabell 5) over en periode, for å så registrere deloperasjonene som inngikk i vinsjing (Tabell 6). For begge arbeidsoperasjoner var det Grunntiden (E_0) som ble registrert. Grunntiden (E_0) er den tiden som direkte eller indirekte blir brukt til å endre arbeidsobjektet i beliggenhet, tilstand eller form (Furuberg & Bjerketvedt 2003). Tiden ble registrert i centi-minutter (1/100 minutt). Det ble gjennomført tidsstudier av

motormanuell innsats i 5 ulike arbeidsobjekt i bestand 2, 3 og 5, hvor det ble vinsjet nedover i bestand 2 og 3 og oppover bestand 5.

Tabell 5. Deloperasjoner for arbeidsoperasjon Hogst

Deloperasjon	Forklaringstekst
Sag	Den tid som medgår for å få start på sag
Flytt	Sagoperatørens forflyttningsstid i arbeidsobjektet. Dette inkluderer også den tid der han stopper opp og vurderer uttakstre.
Rydd	Fjerning av ryddetrær og kratt.
Fell	Den tid som medgår på å felle hvert enkelt tre. Her inngår også håndlunning og tilretteleggelse av treet i forhold til vinsjegate.
Tapstid Sag	All tapstid direkte tilknyttet sag.
Tapstid Annen	Øvrig tapstid
Pause	Mindre pauser, enten mindre hvilepauser eller samtaler med vinsjeoperatøren ang uttak eller plassering av vinsjestriper.
TreAnt	Antall trær som er avvirket.
Meter	Maksimal avstand fra stikkvei og inn i arbeidsobjektet

Noen ganger vil det ikke være mulig å skille alle deloperasjonene fra hverandre, og noen vil kunne gli noe over i hverandre. F. eks ved at det ryddes fortløpende mens sagoperatøren beveger seg i bestandet.

Tabell 6. Deloperasjoner for arbeidsoperasjon Vinsjing

Deloperasjon	Forklaringstekst
Gang	Gang ut med wire og stropper
Stroppe	Medgått tid for påstropping
Vinsje	Medgått tid på innvinsjing
Avstroppe	Medgått tid for avstropping av virke
Flytte	Flytting av traktor enten mellom vinsjestriper eller for å endre plassering i forhold til stripe.
Fastvinsjing	Tapstid tilknyttet fastvinsjing av lass
Annen tapstid	Øvrig tapstid utover fastvinsjing. Eksempelvis fastkjøring av traktor eller fastkiling av wire
Pause	Mindre hvilepauser eller for rådføring med sagoperatør
Meter	Lengde på wireuttrekk
Trentall	Antall trær i hvert hiv.
Sted	Vinsjestripe
Antall Hiv	Hiv for hvert sted.

3.6 Regresjon

3.6.1 Grunnleggende om modell og forutsetninger

For å finne om det er noen sammenheng mellom prestasjonen i forhold til ulike variabler har jeg valgt å bruke regresjonsanalyse. Jeg går derfor i enkelthet inn på teorien bak enkel og multipl linearregresjon

I en linear regresjonsanalyse ønsker man å finne en linear sammenheng mellom en responsvariabel (Y) og en eller flere forklaringsvariable (X), samt hvor mye av variasjonen i responsvariabelen som kan forklares av forklaringsvariabelen. Man forutsetter som regel at Y er en stokastisk variabel som varierer mellom observasjonene og at X er en deterministisk variabel man har kontroll på (Løvås 2008).

I en linear regresjons modell framstilles den lineære sammenhengen mellom responsvariabelen Y som påvirkes av en eller flere forklaringsvariablene ved hjelp av følgende modell.

$$Y_i = \alpha + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + e_i \quad (\text{formel 6})$$

Her forklares responsvariabelen Y av forklaringsvariablene X_1 og X_2 . Leddet e_i utgjør modellens feilledd dvs. den variasjonen som ikke kan forklares av x parametrene. Konstanten α er linjens krysningspunkt på y-aksen, mens β er linjens stigningstall. Øker X_1 med 1 øker y med β gitt at alt annet holdes konstant.

Feilleddet som også omtales som residualen angir avviket som forstyrrer sammenhengen mellom respons- og forklaringsvariablene. Feilleddet antas å være normalfordelt med forventning lik null og varians lik σ^2 (Løvås 2008).

Koeffisientene er ukjente og i en regresjons modell er det disse vi ønsker å estimere på bakgrunn av et datasett. Ved hjelp av regresjonslinjen $\hat{Y}_i = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 x_{1i} + \hat{\beta}_2 x_{2i}$ finner man et estimat på α og β den linjen som passer best i forhold til de parvise observasjonene i datasettet. For å finne denne sammenheng brukes som regel metoden *Minste kvadraters metode*. Som sier at man skal velge den linjen som minimerer residualene mellom observasjonspunktene og regresjonslinjen.

For at den modellen man kommer frem til skal kunne brukes videre stilles det 3 hovedforutsetninger til residualene som må være oppfylt.

- Residualene må ha konstant varians uavhengig av X
- Residualene må være normalfordelt
- Residualene må være uavhengig av hverandre.

3.6.2 Modellens forklaringsgrad og testing av sammenheng

For at en modell skal kunne betegnes som god er det i hovedsak modellen som skal forklare variasjonen og ikke de tilfeldige avvik. Den totale variasjonen til responsvariabelen Y betegnes som *Total sum of squares* (SST) som angir summen av avvikskvadraten mellom Y og $\hat{Y}$. SST består av *Sum of squares residuals* (SSR) som angir den andel av variasjonen i Y som kan forklares av modellen, og *Error sum of squares* (SSE) som utgjør den andelen av variasjonen som skyldes tilfeldige avvik man ikke kan kontrollere med utgangspunkt i det datamaterialet man har lagt til grunn. Modellens forklaringsgrad forklares av følgende formel som angir forholdet mellom SSR og SST.

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (\text{Formel 7})$$

3.6.3 Sammenheng mellom X og Y: T-test og F-verdier

Regresjonsmodellen gir oss en estimert β og vi kan ikke med sikkerhet si at $\beta \neq 0$ som vil si at det er en sammenheng, selv om modellen kan tyde på det. Dette kan man imidlertid teste ved å utføre en T-test med en tilhørende nullhypotese, som er den vi ønsker å forkaste.

H_0 : $\beta=0$, vi kan ikke påvise noen sammenheng mellom X og Y

H_1 : $\beta \neq 0$ vi kan påvise en sammenheng mellom X og Y

$$T = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta})} \quad (\text{Formel 8})$$

Vi kan forkaste H_0 med signifikansnivå α og med sikkerhet påvise en sammenheng dersom $|T| > t_{\alpha/2}$.

T-testen kan kun brukes på en variabel avgangen, vil man derimot teste om flere variabler er signifikante kan man bruke en F-test eller ved å se på F-verdien. Har man en høy F-verdi tyder dette på signifikante variabler. Som en tommelfingerregel angir Løvås (2008) at dersom datasettet inneholder mer en 10 observasjoner kan H_0 forkastes dersom $F > 5$.

3.6.4 Fastsettelse av driftskostnader og tømmerpris

Driftskostnadene for det manuelle arbeidet ble satt på bakgrunn av Bedre Gårdsdrifts sin årlige innsamling av leiekjøringspriser og jeg har valgt å bruke den oppgitte middelprisen.

Tabell 7. Gj.snittlig pris. Eks mva.

Maskin-/type arbeid	Gj.snitts pris
Motor-/ryddesag og mann	380
Traktor med vinsj	575

Hohle et al. (2013) angir kostnaden for hogstmaskin og lastbærer til 909,30 og 687,08 kroner pr time under forutsetning av at maskinen går 3000 timer i året. Dette er den prisen som dekker inn alle kostnaddene til maskinene inkl maskinfører og tar ikke hensyn til den fortjeneste man regner å ha på maskinen. Jeg har derfor valgt å sette disse prisene til 1200 kr/t for hogstmaskin og 850 kr/t for lastbærer.

Tømmerprisen ble satt til kr 220m³ som er den gjennomsnittlige prisen for 1 kvartal 2013 for massevirke gran(SSB 2013).

4 Resultat

4.1 Terrengforhold

Brattheten for de ulike arbeidsobjekt varierte mellom 25 – 41 % i følge den deskriptive terrengbeskrivelsen tilsvarende dette bratthetsklasse 2 (<20 – 40 %). Terrenget var hovedsakelig jevnt, med noen innslag av større steiner og stubber i stikkveien, men ikke tilstrekkelig til at det kunne klassifiseres som ujevnt. Dette skapte kun enkelte problemer for fremkommeligheten til landbrukstraktoren. Befaring av området på høsten viste at bæreevnen varierte fra vekslende til liten. Ved gjennomføring av driften var det imidlertid tørt i jorda som opphevet for den dårlige bæreevnen men ville hatt i andre årstider.

4.2 Manuell tynning, tidsforbruk og prestasjoner.

Tidsstudiene av sag og vinsjeoperasjonene ble tatt separat, mens volumdata u/bark og maskinelt tidsforbruk ble hentet direkte fra datasystemet i hogstmaskinen. Det gjennomsnittlige tidsforbruket og fordelingen for det motormanuelle arbeidet blir presentert for hvert arbeidsobjekt, totalt og gjennomsnittlig pr. tre i hvert arbeidsobjekt.

Etter tynning var grunnflate og treantall følgende for hvert arbeidsobjekt.

Tabell 8. Grunnflate og treantall etter tynning

Arbidsobjekt	2A	2B	3A	3B	4	5
Treantall	130	110	120	93	90	110
Grunnflate (m2)	18	16	29,33	28	21	22

4.2.1 Arbeidsobjekt 2A

Arbeidsobjekt 2A var det første stedet der den motormanuelle driften ble tidsstudert. Totalt inngikk det i dette arbeidsområdet 37 trær i registreringen av sagtid og 16 trær fordelt på 3 hiv for vinsjingen. Den gjennomsnittlige helningen lå på + 30 % og arbeidsbredden som angir den gjennomsnittlige avstanden fra stikkvegen til ytterkanten av bestanden var ca. 30m. På bakgrunn av en visuell bedømmelse var det ikke tidligere foretatt avstandsregulering i bestandet.

Tabell 9. Tidsforbruk og deltid i cmin for sagoperatør i arbeidsobjekt 2A

Observasjon	1	2	Sum	Gj.snitt tid pr tre
Sag	3	79	82	2,22
Flytt	472	1574	2046	55,30
Rydd	273	228	501	13,54
Fell	819	1680	2499	67,54
Tapstid sag	0	261	261	7,05
Annen tapstid				0,00
Pause	0	0	0	0,00
Sum virketid (E0)	1567	3822	5389	145,65
Treant	13	24	37	
Stigning (%)	30			
Forflytningsbredde (m)	35			

Tabell 10. Prosentvis fordeling av deltid for sagoperatør i arbeidsobjekt 2A

Observasjon	1	2	Gj.snitt deloperasjonstid	Gj.snittlig observasjonstid	Std. Avvik
Sag	0,19 %	2,07 %	1,52 %	1,13 %	1,33 %
Flytt	30,12 %	41,18 %	37,97 %	35,65 %	7,82 %
Rydd	17,42 %	5,97 %	9,30 %	11,69 %	8,10 %
Fell	52,27 %	43,96 %	46,37 %	48,11 %	5,88 %
Tapstid sag	0,00 %	6,83 %	4,84 %	3,41 %	4,83 %
Tapstid anen	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Pause	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %
Treant	13	24			
Stigning (%)	30				
Forflytningsbredde (m)	35				

Tabell 9 og Tabell 10 viser den totale virketiden målt i E₀-tid fordelt på de ulike deloperasjoner og den prosentvis fordelingen på de ulike deloperasjoner. Av tabellen ser vi at forflytning og felling utgjør hovedandelen av tidsforbruket. Resultatet av at det ikke tidligere hadde blitt utført ungskogpleie gjenspeiler seg i et høyere tidsforbruk forbundet med rydding. Tapstiden skyldes tekniske problemer med sagen som måtte byttes ut. Gjennomsnittlig tidsforbruk pr felte tre lå på 145,65 cmin som tilsvarer 1,46minutter.

Tabell 11. Tidsforbruk og deltid i cmin for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 2A

Observasjon	1	2	3	4	Sum	Gj.Snitt tid pr tre
Gang ut	73	63	114	91	341	21,31
Stroppe	176	116	155	315	862	53,88
Vinsje	122	112	106	147	387	24,19
Avstroppe	93	123	90	180	486	30,38
Flytte	76	65	63	0	204	12,75
Fastvinsjing	53	0	0	0	53	3,31
Annen tapstid	0	0	0	0	0	0,00
Pause	0	0	0	0	0	0,00
Sum virketid (E0)	540	479	528	733	2280	142,50
Meter	30	15	12	18	75	
Tre ant	5	4	3	4	16	
Sted	1	2	3	4		
Lassnr.	1	1	1	1		

Tabell 12. Prosentvis fordeling av deltider for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 2A

Observasjon	1	2	3	4	Gj.snitt deloperasjonstid	Gj.snittlig observasjonstid	Std. Avvik
Gang ut	13,52 %	13,15 %	21,59 %	12,41 %	14,96 %	15,17 %	4,31 %
Stroppe	32,59 %	24,22 %	29,36 %	42,97 %	37,81 %	32,28 %	7,92 %
Vinsje	22,59 %	23,38 %	20,08 %	20,05 %	16,97 %	21,53 %	1,72 %
Avstroppe	17,22 %	25,68 %	17,05 %	24,56 %	21,32 %	21,13 %	4,63 %
Flytte	14,07 %	13,57 %	11,93 %	0,00 %	8,95 %	9,89 %	6,66 %
Fastvinsjing	9,81 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	2,32 %	2,45 %	4,91 %
Annen tapstid	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Pause	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %
Meter	30	15	12	18	75		
Tre ant	5	4	3	4	16		
Sted	1	2	3	4			
Lassnr.	1	1	1	1			

Den gjennomsnittlige helningen lå på 30 %

Gang ut, stropping, vinsjing og avstropping er hovedoperasjonene som inngår fast i hver observasjon og det er disse som utgjør hovedoperasjonene. Flytting, tapstid og pause er ikke direkte knyttet til hver observasjon, men inngår med ulike frekvenser og regnes som hjelpeoperasjoner.

Den totale og gjennomsnittlige tidsforbruket for vinsjingen fremgår av Tabell 11. Av tabellen ser vi at stroppingen og avstropping er de deloperasjonene hvor det medgikk mest tid. En viktig faktor for stroppingen er i hvor stor grad sagoperatøren har samlet virket og tilrettelagt i forhold til vinsjestråpa. Den gjennomsnittlige totale virketiden pr tre lå på 142,5 cmin, som tilsvarer 1,43minutter. Noe som vil si at sag- og vinsjeoperatøren fulgte hverandre tilnærmet likt.

Det nyttbare volumet u/bark ble hentet fra hogstmaskinen og utjorde 0,038m³ pr. tre. Dette resulterte i følgende produktivitet pr virketime for sag- og vinsje operatør.

Tabell 13. Produktivitet i treantall og volum u/bark pr. virketime i arbeidsobjekt 2A.

Produktivitet	Sag	Vinsjing
Ant. Trær	41	41
Kbm. Uten bark pr. virketime	1,558	1,558

For arbeidsobjekt 2A var virketiden pr tre så lik for sag og vinsjing at det resulterte i den samme produktiviteten pr virketime.

4.2.2 Arbeidsobjekt 2B

Objekt 2B ligger parallelt med veien og har form som en banan. Arbeidsbredden lå på ca 25 m og den gjennomsnittlige helningen var 28 % men varierte mellom 26 – 41 %. Det inngikk 39 trær i registreringen av sagoperatøren og 50 trær fordelt på 10 hiv for vinsjingen. Det bar heller ikke her preg av å ha blitt gjennomført noen avstandsregulering.

Tabell 14. Tidsforbruk og deltid i cmin for sagoperatør i arbeidsobjekt 2b

Observasjon	1	2	3	4	Sum	Gj.snitt tid pr tre
Sag	26,00	65,00	0,00	8,00	99,00	2,54
Flytt	331,00	410,00	949,00	560,00	2250,00	57,69
Rydd	261,00	101,00	503,00	523,00	1388,00	35,59
Fell	552,00	782,00	1003,00	662,00	2999,00	76,90
Tapstid sag	232,00	0,00	0,00	0,00	232,00	5,95
Annen tapstid	0,00	0,00	0,00	370,00	370,00	9,49
Pause	0,00	0,00	0,00	283,00	283,00	7,26
Sum virketid (E0)	1402,00	1358,00	2455,00	1753,00	6968,00	178,67
Treant	10,00	10,00	10,00	9,00	39,00	
Stigning (%)	28,75					
Forflytningsbredde (m)	25,00					

Tabell 15. Prosentvis fordeling av deltid for sagoperatør i arbeidsobjekt 2B

Observasjon	1	2	3	4	Gj.snitt deloperasjonstid	Gj.snittlig observasjonstid	Std. Avvik
Sag	1,85 %	4,79 %	0,00 %	0,46 %	1,42 %	1,77 %	2,16 %
Flytt	23,61 %	30,19 %	38,66 %	31,95 %	32,29 %	31,10 %	6,18 %
Rydd	18,62 %	7,44 %	20,49 %	29,83 %	19,92 %	19,09 %	9,19 %
Fell	39,37 %	57,58 %	40,86 %	37,76 %	43,04 %	43,89 %	9,21 %
Tapstid sag	16,55 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	3,33 %	4,14 %	8,27 %
Annen tapstid	0,00 %	0,00 %	0,00 %	21,11 %	5,31 %	5,28 %	10,55 %
Pause	0,00 %	0,00 %	0,00 %	16,14 %	4,06 %	4,04 %	8,07 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %
Treant	10,00	10,00	10,00	9,00			
Stigning (%)	28,75						
Forflytningsbredde (m)	25,00						

Av Tabell 14 og Tabell 15 ser man at forflytningstiden er noe lavere enn i objekt 2A, dette kan skyldes at den gjennomsnittlige stigningen og arbeidsbredden er lavere enn i objekt 2A. Forekomsten av kvist, småtrær og liggende virke var også større enn i objekt 2A, som medførte en større andel medgått tid på rydding. Økningen i medgått tid på rydding utgjorde 67 % av økningen i total virketid pr tre i forhold til arbeidsobjekt 2A. Tapstiden besto hovedsakelig av påfylling av bensin/olje samt telefonsamtale. Gjennomsnittlige virketiden pr tre lå på 178,67 cmin som tilsvarer 1,7 minutt pr tre og gir en prestasjon på 33,5 trær/virketime.

Tabell 16 Virketid og deltid i cmin for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 2B

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sum	Snitt tid pr tre
Gang ut	190	221	215	154	306	298	286	35	63	32	1800	36
Stroppe	295	414	188	296	222	845	413	139	13	31	2856	57,12
Vinsje	104	150	116	78	196	485	197	89	82	31	1528	30,56
Avstroppe	88	273	88	233	132	377	180	80	29	30	1510	30,2
Flytte	199	140	322	0	0	211	153	133	0	0	1158	23,16
Fastvinsjing	0	0	6	46	164	784	0	0	0	0	1000	20
Annen tapstid	0	0	51	0	0	0	202	0	0	0	253	5,06
Pause	0	0	0	0	0	143	0	150	0	0	293	5,86
Sum virketid (E0)	876	1198	929	761	856	2216	1229	476	187	124	8852	177,04
Meter	17	23	26	12	23	14	16	9	8	5	153	
Tre ant	4	7	6	4	4	8	6	6	2	3	50	
Sted	1	2	3	3	3	4	5	6	6	6		
Lassnr.	1	1	1	2	3	1	1	1	2	3		

Tabell 17. Prosentvis fordeling av deltid for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 2B

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gj.snitt deloperasjonstid	Gj.snittlig observasjonstid	Std. Avvik
Gang ut	21,69 %	18,45 %	23,14 %	20,24 %	35,75 %	13,45 %	23,27 %	7,35 %	33,69 %	25,81 %	20,33 %	22,28 %	8,47 %
Stroppe	33,68 %	34,56 %	20,24 %	38,90 %	25,93 %	38,13 %	33,60 %	29,20 %	6,95 %	25,00 %	32,26 %	28,62 %	9,67 %
Vinsje	11,87 %	12,52 %	12,49 %	10,25 %	22,90 %	21,89 %	16,03 %	18,70 %	43,85 %	25,00 %	17,26 %	19,55 %	9,97 %
Avstroppe	10,05 %	22,79 %	9,47 %	30,62 %	15,42 %	17,01 %	14,65 %	16,81 %	15,51 %	24,19 %	17,06 %	17,65 %	6,51 %
Flytte	22,72 %	11,69 %	34,66 %	0,00 %	0,00 %	9,52 %	12,45 %	27,94 %	0,00 %	0,00 %	13,08 %	11,90 %	12,76 %
Fastvinsjing	0,00 %	0,00 %	0,65 %	6,04 %	19,16 %	35,38 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	11,30 %	6,12 %	11,93 %
Annen tapstid	0,00 %	0,00 %	5,49 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	16,44 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	2,86 %	2,19 %	5,29 %
Pause	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	6,45 %	0,00 %	31,51 %	0,00 %	0,00 %	3,31 %	3,80 %	9,95 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %
Meter	17	23	26	12	23	14	16	9	8	5			
Tre ant	4	7	6	4	4	8	6	6	2	3			
Sted	1	2	3	3	3	4	5	6	6	6			
Lassnr	1	1	1	2	3	1	1	1	2	3			

Fastvinsjingen i observasjon 6 måtte løses ved at vinsjeoperatøren måtte sage løs enkelte av hindrene og stroppe om lasset. Dette resulterte i en høy tapstid og økt tid for fastvinsjing og stropping.

Den gjennomsnittlige vinsjetiden pr tre lå på 177,04 cmin som tilsvarer 1,77minutter som gir en prestasjon på 33,89 trær/virke-time. Gjennomsnittets dimensjon pr tre lå på 0,038m³/tre som er likt som i arbeidsobjekt 2A.

Tabell 18. Produktivitet i treantall og nyttbart volum u/bark pr. virke-time i arbeidsobjekt 2B.

Produktivitet	Sag	Vinsjing
Ant. Trær	33,5	33,89
Kbm. Uten bark pr. virke-time	1,27	1,29

4.2.3 Arbeidsobjekt 3A

Med en gjennomsnittlig stigning på 41 % var objekt 3A det stedet med den høyeste gjennomsnittlige stigningen. En visuell bedømmelse tydet på at det hadde vært gjennomført avstandsregulering tidligere. Dette var også det eldste bestandet med et gjennomsnitts nyttbart volum på 0,071 m³u/bark.

Tabell 19. Tidsforbruk og deltid i cmin for sagoperatør i arbeidsobjekt 3A

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Sum	Gj. Snitt tid pr tre
Sag	128	0	0	0	0	0	5	18	0	4	0	155	2,92
Flytt	210	146	158	227	127	158	269	127	229	209	143	2003	37,79
Rydd	0	15	60	15	0	37	59	0	13	34	39	272	5,13
Fell	378	409	250	319	300	544	630	171	521	267	291	4080	76,98
Tapstid sag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Annen tapstid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Pause	0	0	0	0	0	54	415	0	0	54	0	523	9,87
Sum virketid (E0)	716	570	468	561	427	739	963	316	763	514	473	6510	122,83
Treant	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	53	
Stigning (%)	41												
Forflytningsbredde (m)	19												

Tabell 20. Prosentvis fordeling av deltid for sagoperatør i arbeidsobjekt 3A

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Gj.snitt deloperasjons-tid	Gj.snittlig observasjons-tid	Std. Avvik
Sag	17,88 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,52 %	5,70 %	0,00 %	0,78 %	0,00 %	2,38 %	2,26 %	5,45 %
Flytt	29,33 %	25,61 %	33,76 %	40,46 %	29,74 %	21,38 %	27,93 %	40,19 %	30,01 %	40,66 %	30,23 %	30,77 %	31,76 %	6,37 %
Rydd	0,00 %	2,63 %	12,82 %	2,67 %	0,00 %	5,01 %	6,13 %	0,00 %	1,70 %	6,61 %	8,25 %	4,18 %	4,17 %	4,06 %
Fell	52,79 %	71,75 %	53,42 %	56,86 %	70,26 %	73,61 %	65,42 %	54,11 %	68,28 %	51,95 %	61,52 %	62,67 %	61,82 %	8,35 %
Tapstid sag	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Annen tapstid	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Pause	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	7,31 %	43,09 %	0,00 %	0,00 %	10,51 %	0,00 %	8,03 %	5,54 %	12,98 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %
Treant	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3			
Stigning (%)	41													
Forflytningsbredde (m)	19													

Tabell 20. Viser at tidsforbruket for felling har økt betraktelig i forhold til de foregående arbeidsobjekt. Dette skyldes i stor grad den økte trestørrelsen som medførte økt behov for felleutstyr og mer krevende håndtering ved flytting og tilrettelegging av virke. Deltiden for rydding og flytting redusert i forhold til de to tidligere arbeidsobjektene sannsynligvis fordi det her antageligvis hadde blitt gjennomført en avstandsregulering tidligere. Den gjennomsnittlige virketiden pr tre for saging lå på 122,83 cmin som tilsvarer 1,2min. Dette gir en prestasjon på 50 trær/virketime



Bilde 3. Økt tredimensjon krevde økt bruk av felleredskap og ga utsalg høyere felletid. Foto: Kierulf, Eivind Wiger

Tabell 21. Virketid og deltid i cmin for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 3A

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sum	Gj. Snitt tid pr tre
Gang ut	133	243	126	248	213	78	229	211	140	98	1719	38,20
Stroppe	130	106	41	436	117	16	241	254	259	69	1669	37,09
Vinsje	173	122	95	225	224	77	167	139	117	146	1485	33,00
Avstroppe	212	271	123	186	90	38	192	226	91	229	1658	36,84
Flytte	0	175	0	242	0	0	0	219	0	201	837	18,60
Fastvinsjing	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100	2,22
Annen tapsatid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Pause	0	0	0	0	0	0	0	439	0	0	439	9,76
Sum virketid (E0)	648	917	385	1337	644	209	829	1049	607	743	7368	163,73
Meter	14	12	9	25	17	12	23	15	13	14	154	
Tre ant	5	3	2	6	3	1	6	8	7	4	45	
Sted	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5		
Lassnr	1	1	2	1	2	3	3	1	2	1		

Tabell 22. Prosentvis fordeling av deltider for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 3A

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gj.snitt deloperasjons-tid	Gj.snittlig observasjons-tid	Std. Avvik
Gang ut	20,52 %	26,50 %	32,73 %	18,55 %	33,07 %	37,32 %	27,62 %	20,11 %	23,06 %	13,19 %	23,33 %	25 %	7,56 %
Stroppe	20,06 %	11,56 %	10,65 %	32,61 %	18,17 %	7,66 %	29,07 %	24,21 %	42,67 %	9,29 %	22,65 %	21 %	11,54 %
Vinsje	26,70 %	13,30 %	24,68 %	16,83 %	34,78 %	36,84 %	20,14 %	13,25 %	19,28 %	19,65 %	20,15 %	23 %	8,20 %
Avstroppe	32,72 %	29,55 %	31,95 %	13,91 %	13,98 %	18,18 %	23,16 %	21,54 %	14,99 %	30,82 %	22,50 %	23 %	7,69 %
Flytte	0,00 %	19,08 %	0,00 %	18,10 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	20,88 %	0,00 %	27,05 %	11,36 %	9 %	11,23 %
Fastvinsjing	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	15,53 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	1,36 %	2 %	4,91 %
Annen tapsatid	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0 %	0,00 %
Pause	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	41,85 %	0,00 %	0,00 %	5,96 %	4 %	13,23 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100 %	
Meter	14	12	9	25	17	12	23	15	13	14	154	3,42	
Tre ant	5	3	2	6	3	1	6	8	7	4	45		
Sted	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5			
Lassnr	1	1	2	1	2	3	3	1	2	1			

Siden det tidligere var gjennomført avstandsregulering i arbeidsobjektet var det færre elementer som hivet kunne kjøre seg fast i. Den gjennomsnittlige virketiden pr tre lå på 163,73min som gir en prestasjon på 36,65 trær pr virketime. Det gjennomsnittlige volumet pr tre lå på 0,071m³ u/b.

Tabell 23. Produktivitet i treantall og nyttbart volum u/bark pr. virketime i arbeidsobjekt 3A.

Produktivitet	Sag	Vinsjing
Ant. Trær	50	36,53
Kbm. Uten bark pr. virketime	3,55	2,60

4.2.4 Arbeidsobjekt 3B

Stikkveien lå i en ravinedal som gikk vinkelrett opp fra bilvegen og hadde en stigning på 28 %. Den gjennomsnittlige stigning i terrenget lå på 31 % men det var mye ujevnheter og variasjon. Det var også her tydelige tegn på at det tidligere hadde blitt gjennomført avstandsregulering og gjennomsnittsvolumet pr tre var 0,058 m³. Det inngikk 53 trær i registreringen av sagoperatøren og 42 trær fordelt på 11 hiv i registreringen av vinsjeoperatøren. Spesielt for vinsjeoperatøren oppsto det problemer med fastkjøring og redusert fremkommelighet grunnet mye finkornet tørr snø med liten bæreevne og at noen av stubbene i stikkvegen var for høye.

Tabell 24. Tidsforbruk og deltider i cmin for sagoperatør i arbeidsobjekt 3B

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Sum	Gj. Snitt tid pr tre
Sag	47	0	0	0	0	0	8	36	0	0	0	91	1,72
Flytt	193	247	312	176	580	509	249	120	403	403	206	3398	64,11
Rydd	0	5	19	0	144	57	7	22	22	83	13	372	7,02
Fell	254	304	360	435	406	483	362	500	322	420	162	4008	75,62
Tapstid sag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Annen tapstid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Pause	0	0	0	0	0	0	0	161	0	0	0	161	3,04
Sum virketid (E0)	494	556	691	611	1130	1049	626	678	747	906	381	7869	148,47
Treant	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	53	
Stigning (%)	30,8												
Forflytningsbredde (m)	30												

Tabell 25. Prosentvis fordeling av deltider for sagoperatør i arbeidsobjekt 3B

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Gj.snitt deloperasjons-tid	Gj.snittlig observasjons-tid	Std. Avvik
Sag	9,51 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	1,28 %	5,31 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	1,16 %	1,46 %	3,11 %
Flytt	39,07 %	44,42 %	45,15 %	28,81 %	51,33 %	48,52 %	39,78 %	17,70 %	53,95 %	44,48 %	54,07 %	43,18 %	42,48 %	11,03 %
Rydd	0,00 %	0,90 %	2,75 %	0,00 %	12,74 %	5,43 %	1,12 %	3,24 %	2,95 %	9,16 %	3,41 %	4,73 %	3,79 %	3,98 %
Fell	51,42 %	54,68 %	52,10 %	71,19 %	35,93 %	46,04 %	57,83 %	73,75 %	43,11 %	46,36 %	42,52 %	50,93 %	52,27 %	11,73 %
Tapstid sag	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Annen tapstid	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Pause	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	23,75 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	2,05 %	2,16 %	7,16 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %
Treant	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3			
Stigning (%)	30,8													
Forflytningsbredde (m)	30													

Flytting og felling utgjør over 90 % av virketiden noe som bla skyldes vanskeligheter grunnet mye snø som medførte at man brukte mer tid og energi på å flytte seg i bestandet og mer snø å fjerne før felling. Den gjennomsnittlige virketiden pr tre for saging lå på 148,47 cmin pr tre som tilsvarer en prestasjon på 40,4 trær pr virketime.

Tabell 26. Virketid og deltid i cmin for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 3B

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Sum	Snitt tid pr tre
Gang ut	174	201	158	290	174	136	166	79	105	144	201	1828	43,52
Stroppe	124	510	216	287	193	33	137	89	36	161	96	1882	44,81
Vinsje	226	417	155	263	142	64	139	87	108	202	208	2011	47,88
Avstroppe	160	199	146	111	189	22	97	16	0	82	136	1158	27,57
Flytte	484	333	0	639	0	0	182	57	0	109	0	1804	42,95
Fastvinsjing	0	71	0	109	0	0	0	0	0	0	0	180	4,29
Annen tapsatid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Pause	0	0	0	0	0	0	0	0	166	0	0	166	3,95
Sum virketid (E0)	1168	1660	675	1590	698	255	721	328	249	698	641	8683	206,74
Meter	22	25	20	23	14	10	16	9	10	15	14	178	
Tre ant	5	6	4	8	6	1	3	1	1	4	3	42	
Sted	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5		
Lassnr	1	1	2	1	2	3	1	2	2	1	2		

Tabell 27. Prosentvis fordeling av deltid for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 3B

Observasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Gj.snitt deloperasjons-tid	Gj.snittlig observasjons-tid	Std. Avvik
Gang ut	14,90 %	12,11 %	23,41 %	18,24 %	24,93 %	53,33 %	23,02 %	24,09 %	42,17 %	20,63 %	31,36 %	21,05 %	26,20 %	12,09 %
Stroppe	10,62 %	30,72 %	32,00 %	18,05 %	27,65 %	12,94 %	19,00 %	27,13 %	14,46 %	23,07 %	14,98 %	21,67 %	20,97 %	7,52 %
Vinsje	19,35 %	25,12 %	22,96 %	16,54 %	20,34 %	25,10 %	19,28 %	26,52 %	43,37 %	28,94 %	32,45 %	23,16 %	25,45 %	7,55 %
Avstroppe	13,70 %	11,99 %	21,63 %	6,98 %	27,08 %	8,63 %	13,45 %	4,88 %	0,00 %	11,75 %	21,22 %	13,34 %	12,85 %	7,96 %
Flytte	41,44 %	20,06 %	0,00 %	40,19 %	0,00 %	0,00 %	25,24 %	17,38 %	0,00 %	15,62 %	0,00 %	20,78 %	14,54 %	16,10 %
Fastvinsjing	0,00 %	4,28 %	0,00 %	6,86 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	2,07 %	1,01 %	2,32 %
Annen tapsatid	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Pause	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	66,67 %	0,00 %	0,00 %	1,91 %	6,06 %	20,10 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %
Meter	22	25	20	23	14	10	16	9	10	15	14			
Tre ant	5	6	4	8	6	1	3	1	1	4	3			
Sted	1	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5			
Lassnr	1	1	2	1	2	3	1	2	2	1	2			

Snøforholdene i kombinasjon med stigningen skapte til dels store problemer ved flytting av traktoren som ved flere anledninger måtte slippe seg ned, for å generere nok fart eller endre kjøreretning for å komme seg videre opp. Den gjennomsnittlige virketiden pr tre lå på 206,74 cmin som tilsvarer 29,02 trær pr virketime. Gjennomsnittlig nyttbart volum pr tre lå på pr tre 0,058 m³ u.b.

Tabell 28. Prestasjon målt i treantall og nyttbart volum u/bark pr. virketime i arbeidsobjekt 3B.

Produktivitet	Sag	Vinsjing
Ant. Trær	40,04	29,02
Kbm. Uten bark pr. virketime	2,32	1,68

4.2.5 Arbeidsobjekt 5

Med en gjennomsnittlig stigning på -38 % var objekt 5 det eneste stedet der det ble vinsjet oppover. Stikkveien lå i et åpent område som ikke var oppkjørt av hogstmaskin i forkant. Dette førte også til visse fremkommelighetsproblemer for traktoren ved flytting. Totalt inngikk det 30 trær i studiene av sagoperatøren og 35 trær fordelt på 5 hiv for vinsjeoperatøren.

Tabell 29. Tidsforbruk og deltid i cmin for sagoperatør i arbeidsobjekt 5

Observasjon	1	2	3	4	5	5	Sum	Gj. Snitt tid pr tre
Sag	21	0	0	0	20	0	41	1,37
Flytt	160	195	123	193	95	97	863	28,77
Rydd	23	23	0	40	0	12	98	3,27
Fell	300	244	245	624	303	319	2035	67,83
Tapstid sag	0	0	0	0	397	0	397	13,23
Annen tapstid	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Pause	0	0	0	0	132	0	132	4,40
Sum virketid (E0)	504	462	368	857	815	428	3434	114,47
Treant	5	5	5	5	5	5	30	
Stigning (%)	-37							
Forflytningsbredde (m)	26							

Tabell 30. Prosentvis fordeling av deltid for sagoperatør i arbeidsobjekt 5

Observasjon	1	2	3	4	5	6	Gj.snitt deloperasjons- tid	Gj.snittlig observasjons- tid	Std. Avvik
Sag	4,17 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	2,45 %	0,00 %	1,19 %	1,10 %	1,79 %
Flytt	31,75 %	42,21 %	33,42 %	22,52 %	11,66 %	22,66 %	25,13 %	27,37 %	10,66 %
Rydd	4,56 %	4,98 %	0,00 %	4,67 %	0,00 %	2,80 %	2,85 %	2,84 %	2,32 %
Fell	59,52 %	52,81 %	66,58 %	72,81 %	37,18 %	74,53 %	59,26 %	60,57 %	14,07 %
Tapstid sag	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	48,71 %	0,00 %	11,56 %	8,12 %	19,89 %
Annen tapstid	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Pause	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	16,20 %	0,00 %	3,84 %	2,70 %	6,61 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %
Treant	5	5	5	5	5	5	30		
Stigning (%)	-37								
Forflytningsbredde (m)	26								

Her lå det mindre snø under kronetaket som gjorde forflytningen lettere. Tapstiden skyltes påfylling av olje og bensin. Den gjennomsnittlige virketiden pr tre for saging lå på 114,47 cmin pr tre som tilsvarer 52,42 trær pr virketime.

Tabell 31. Virketid og deltid i cmin for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 5

Observasjon	1	2	3	4	5	Sum	Snitt tid pr tre
Gang ut	198	197	180	180	170	925,00	26,43
Stroppe	240	184	382	345	341	1492,00	42,63
Vinsje	148	264	212	218	365	1207,00	34,49
Avstroppe	280	120	233	146	476	1255,00	35,86
Flytte	0	287	432	429	334	1482,00	42,34
Fastvinsjing	0	0	204	0	242	446,00	12,74
Annen tapstid	0	0	0	167	0	167,00	4,77
Pause	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Sum virketid (E0)	866	1052	1439	1318	1686	6361,00	181,74
Meter	14	13	12	20	26	85,00	
Tre ant	6	3	10	7	9	35,00	
Sted	1	2	3	4	5		
Lassnr	1	1	1	1	1		

Tabell 32. Prosentvis fordeling av deltid for vinsjeoperatør i arbeidsobjekt 5

Observasjon	1	2	3	4	5	Gj.snitt deloperasjons-tid	Gj.snittlig observasjons-tid	Std. Avvik
Gang ut	22,86 %	18,73 %	12,51 %	13,66 %	10,08 %	14,54 %	15,57 %	5,16 %
Stroppe	27,71 %	17,49 %	26,55 %	26,18 %	20,23 %	23,46 %	23,63 %	4,50 %
Vinsje	17,09 %	25,10 %	14,73 %	16,54 %	21,65 %	18,98 %	19,02 %	4,24 %
Avstroppe	32,33 %	11,41 %	16,19 %	11,08 %	28,23 %	19,73 %	19,85 %	9,85 %
Flytte	0,00 %	27,28 %	30,02 %	32,55 %	19,81 %	23,30 %	21,93 %	13,16 %
Fastvinsjing	0,00 %	0,00 %	14,18 %	0,00 %	14,35 %	7,01 %	5,71 %	7,81 %
Annen tapstid	0,00 %	0,00 %	0,00 %	12,67 %	0,00 %	2,63 %	2,53 %	5,67 %
Pause	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum virketid (E0)	1	1	1	1	1	1	1	0
Meter	14	13	12	20	26	85,00		
Tre ant	6	3	10	7	9	35,00		
Sted	1	2	3	4	5			
Lassnr	1	1	1	1	1			

Lite løft på hivet ved vinsjing oppover og bratte forhold medførte at det var vanskeligere å følge og styre hivet. Kjøreforholdene var til dels vanskelig noe som resulterte i høy medgått tid på flytting i observasjon 3 og 4. Den gjennomsnittlige virketiden pr tre for vinsjing lå på

181,74 cmin som tilsvarer 33 trær pr virketime. Gjennomsnittlig nyttbart volum pr tre lå $0,046\text{m}^3$ u.b.

Tabell 33. Prestasjon målt i treantall og nyttbart volum u/bark pr. virketime i arbeidsobjekt 5.

Produktivitet	Sag	Vinsjing
Ant. Trær	52,42	33
Kbm. Uten bark pr. virke	2,41	1,52

4.2.6 Arbeidsobjekt 4

Objekt 4 ble førts og fremst benyttet som et gjennomkjørings område den første dagen der mannskapet fikk mulighet til å prøve seg frem med ulike arbeidsmetoder og utstyr. Samtidig som at de fikk vendt kroppen til den fysiske belastningen. Grunnet tekniske problemer med vinsjens radiostyring ble all vinsjing her foretatt fra traktor. Det ble derfor kun målt totaltid her, og vil derfor holdes utenfor i prestasjon og driftsprisberegningen. Gjennomsnittlig nyttbart volum pr tre lå på pr tre $0,063\text{m}^3$ u.b.

Tabell 34. Prestasjon målt i treantall og nyttbart volum u/bark pr. virketime i arbeidsobjekt 4.

Produktivitet	
Ant. Trær	27,92
Kbm. Uten bark pr virketime	1,76

4.2.7 Oppsummering av tidsforbruk for sagoperatør

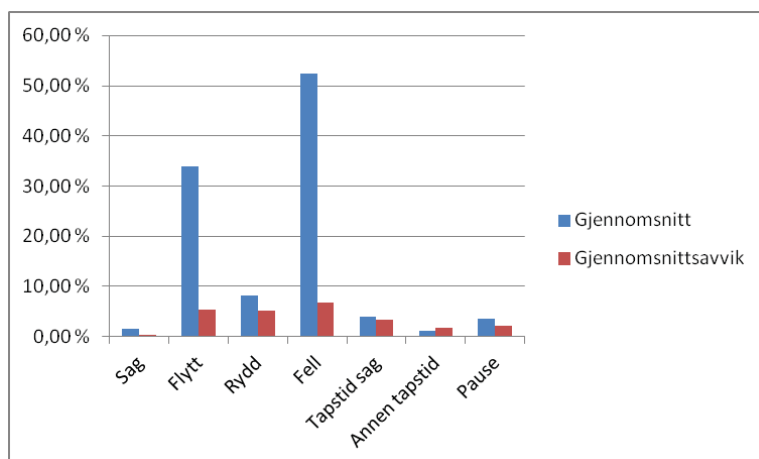
For sagoperatør oppsummerte tidene for de ulike arbeidsobjektene som følgende:

Tabell 35. Gjennomsnittlig tidsforbruk(cmin) pr arbeidsobjekt for sagoperatør

Arbeidsobjekt	2A	2B	3A	3B	5	Gjennomsnitt	Gjennomsnittsavvik
Sag	2,22	2,54	2,92	1,72	1,37	2,15	0,49
Flytt	55,30	57,69	37,79	64,11	28,77	48,73	12,36
Rydd	13,54	35,59	5,13	7,02	3,27	12,91	9,32
Fell	67,54	76,90	76,98	75,62	67,83	72,98	4,23
Tapstid sag	7,05	5,95	0,00	0,00	13,23	5,25	4,20
Annen tapstid	0,00	9,49	0,00	0,00	0,00	1,90	3,04
Pause	0,00	7,26	9,87	3,04	4,40	4,91	2,92
Sum virketid (E0) pr. tre	145,65	178,67	122,83	148,47	114,47	142,02	18,69
Treant	37	39	53	53	30		
Stigning (%)	30	28,75	41	30,80	-37		
Forflytningsbredde (m)	35	25	19	30	36		
Prestasjon kbm pr virketime	1,56	1,27	3,55	2,32	2,41		

Tabell 36. Gjennomsnittlig tidsforbruk i prosent for sagoperatør

Arbeidsobjekt	2A	2B	3A	3B	5	Gjennomsnitt	Gjennomsnittsavvik
Sag	1,52 %	1,42 %	2,38 %	1,16 %	1,19 %	1,53 %	0,34 %
Flytt	37,97 %	32,29 %	30,77 %	43,18 %	25,13 %	33,87 %	5,37 %
Rydd	9,30 %	19,92 %	4,18 %	4,73 %	2,85 %	8,20 %	5,13 %
Fell	46,37 %	43,04 %	62,67 %	50,93 %	59,26 %	52,46 %	6,81 %
Tapstid sag	4,84 %	3,33 %	0,00 %	0,00 %	11,56 %	3,95 %	3,40 %
Annen tapstid	0,00 %	5,31 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	1,06 %	1,70 %
Pause	0,00 %	4,06 %	8,03 %	2,05 %	3,84 %	3,60 %	2,06 %
Sum virketid (E0) pr. tre	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	0,00 %
Treant	37	39	53	53	30		
Stigning (%)	30	28,75	41	30,80	-37		
Forflytningsbredde (m)	35	25	19	30	36		



Figur 3. Gjennomsnittstid og gjennomsnittsavvik for alle arbeidsobjekt for sag

Den gjennomsnittlige prestasjonen for sagoperatør over samtlige arbeidsobjekt var som følgende:

Tabell 37. Gj.Snittlig prestasjon sagoperatør

Sag	Gj.Snittlig (m3/E0-time)
	2,21

Av Tabell 35 og Tabell 36 fremgår det at det er liten variasjon i deltidene mellom de ulike arbeidsobjektene.

Forflytningstid: Flyttetiden for arbeidsobjekt 3B er noe høyere enn for de øvrige objektene. Dette skyldes i stor grad at det enkelte partier var svært bratt og at avstanden fra stikkveien til kanten av arbeidsobjektet var gjennomsnittlig stor. Det var også store mengder snø som gjorde forflytningen vanskelig. For arbeidsobjekt 5 gikk bare 25 % av tiden med på forflytning. Selv om den maksimale bredden her var på 36 meter, så var gjennomsnittsbredden lavere enn for de øvrige arbeidsobjektene.

Rydd: En visuell bedømmelse tilsa at det ikke hadde blitt foretatt noen tidligere avstandsregulering i arbeidsobjekt 2A og 2B. Dette kan sannsynligvis forklare variasjonen i den medgåtte tiden for rydding.

Felletid: Større tredimensjon i arbeidsobjekt 3A, 3B og 5 medførte økt bruk av trampejern som ga utslag i en høyere medgått tid på felling.

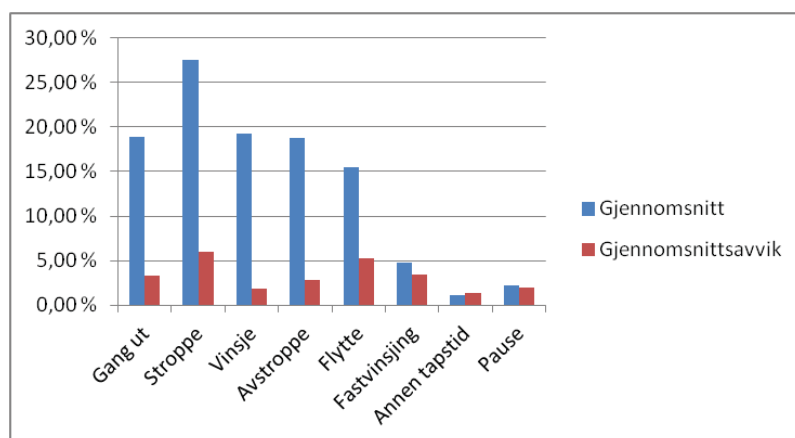
4.2.8 Oppsummering av tidsforbruk for vinsjeoperatør

Tabell 38. Tidsforbruk(cmin) pr bestand for vinsjeoperatør

Arbeidsobjekt	2A	2B	3A	3B	5	Gjennomsnitt	Gjennomsnittsavvik
Gang ut	21,31	36	38,20	43,52	26,43	33,09	7,38
Stroppe	53,88	57,12	37,09	44,81	42,63	47,10	6,71
Vinsje	24,19	30,56	33,00	47,88	34,49	34,02	5,73
Avstroppe	30,38	30,2	36,84	27,57	35,86	32,17	3,34
Flytte	12,75	23,16	18,60	42,95	42,34	27,96	11,75
Fastvinsjing	3,31	20	2,22	4,29	12,74	8,51	6,29
Annen tapstid	0,00	5,06	0,00	0,00	4,77	1,97	2,36
Pause	0,00	5,86	9,76	3,95	0,00	3,91	3,13
Sum virketid (E0)	142,50	177,04	163,73	206,74	181,74	174,35	16,99
Tre ant	16	50	45	42	35		
Stigning (%)	30	28,75	41	30,80	-37		
Prestasjon kbm u/bark pr virketime	1,56	1,29	2,60	1,68	1,53		

Tabell 39. Gjennomsnittlig tidsforbruk i prosent for vinsjeoperatør.

Arbeidsobjekt	2A	2B	3A	3B	5	Gjennomsnitt	Gjennomsnittsavvik
Gang ut	14,96 %	20,33 %	23,33 %	21,05 %	14,54 %	18,84 %	3,28 %
Stroppe	37,81 %	32,26 %	22,65 %	21,67 %	23,46 %	27,57 %	5,97 %
Vinsje	16,97 %	17,26 %	20,15 %	23,16 %	18,98 %	19,31 %	1,88 %
Avstroppe	21,32 %	17,06 %	22,50 %	13,34 %	19,73 %	18,79 %	2,87 %
Flytte	8,95 %	13,08 %	11,36 %	20,78 %	23,30 %	15,49 %	5,24 %
Fastvinsjing	2,32 %	11,30 %	1,36 %	2,07 %	7,01 %	4,81 %	3,47 %
Annen tapstid	0,00 %	2,86 %	0,00 %	0,00 %	2,63 %	1,10 %	1,32 %
Pause	0,00 %	3,31 %	5,96 %	1,91 %	0,00 %	2,24 %	1,92 %
Sum virketid (E0)	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	
Tre ant	16	50	45	42	35		
Stigning (%)	30	28,75	41	30,80	-37		
Prestasjon kbm u/bark pr virketime	1,56	1,29	2,60	1,68	1,53		



Figur 4. Gjennomsnittstid og gjennomsnittsavvik for alle arbeidsobjekt for vinsjing

Den gjennomsnittlige prestasjonen for vinsjeoperatør var som følgende:

Tabell 40. Gj.Snittlig prestasjon vinsjing

Vinsjing	Gj.Snittlig (m3/E0-time)
	1,68

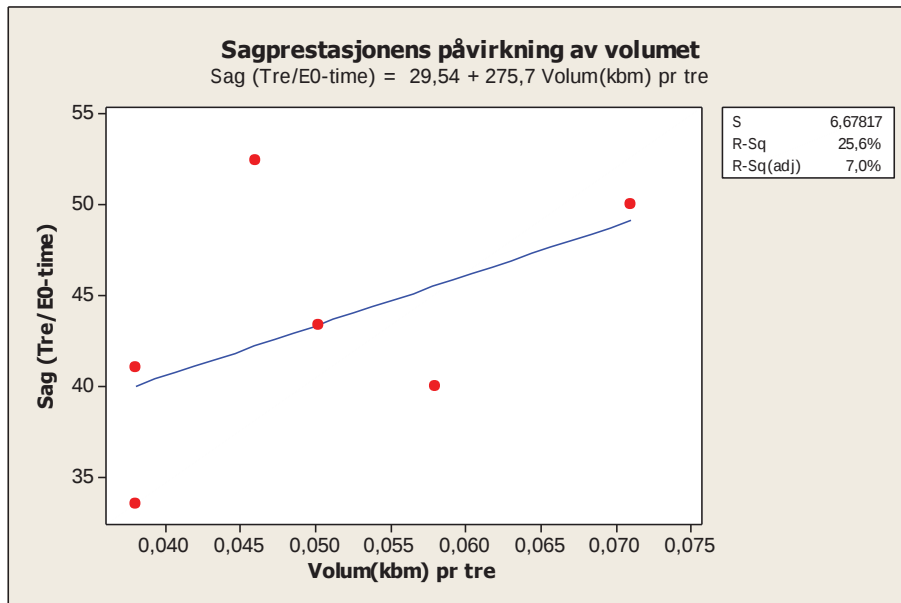
Terrengforhold og trestørrelse påvirker prestasjonen for vinsjingen i større grad enn for sagingen. Som følge av dette ser vi at variasjonen mellom de ulike arbeidsobjektene er større enn det var for sagingen. Det største gjennomsnittlige avviket fra gjennomsnittet finner vi i deloperasjonene Stroppe og Flytte. Det er også nærliggende å anta at vinsjestrekke og antall trær i hvert hiv vil påvirke prestasjonen, noe jeg vil teste senere i oppgaven.

I arbeidsobjekt 2A, 2B og 3A gikk stikkveien parallelt med terrengstigningen. Derfor var det hovedsakelig terrengujevnhetene som utgjorde den begrensende faktor for forflytningen av traktoren. Mens stikkveien i arbeidsobjekt 3B hadde en stigning på 20 % som sammen med ujevnhetene og snømengden gjorde forflytningen mer problematisk. I arbeidsobjekt 5 var ikke veien blitt kjørt opp av hogstmaskinen i forkant. I tillegg til at stikkveien lå i et mer åpent terreng, førte dette til at store mengder med løssnø gjorde forflytningen vanskeligere.

For arbeidsobjekt 3A, 3B og 5 hadde sagoperatøren i større grad håndlunnet og tilrettelagt virke i forhold til vinsjestrípene så vinsjeoperatøren kunne i hovedsak bare stroppe virket til wiren.

4.3 Sammenheng mellom dimensjon og prestasjon

Det er naturlig å anta en sammenheng mellom dimensjonen og prestasjonen. Ved økt dimensjon vil selve fellingen ta lengre tid, men man vil sannsynlig veie opp dette ved at man reduserer det totale tidsforbruket per m³. For å se om de forekom en slik sammenheng ble sagoperatørens prestasjon målt i trær/time for hvert arbeidsobjekt kjørt mot middelvolumet i samme arbeidsobjekt. Siden datasettet besto av 5 arbeidsobjekt ga dette 5 observasjonspaar som ikke er tilstrekkelig til å kunne gi gode signifikante resultat.



Figur 5. Sagprestasjonens påvirkning av volumet

Tabell 41. Sagprestasjonens påvirkning av volum

Regression Analysis: Sag (Tre/E0-time) versus Volum(kbm) pr tre

The regression equation is
Sag (Tre/time) = 29,5 + 276 Volum(kbm) pr tre

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	29,54	12,10	2,44	0,071
Volum(kbm) pr tre	275,7	234,8	1,17	0,305

S = 6,67817 R-Sq = 25,6% R-Sq(adj) = 7,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	61,50	61,50	1,38	0,305
Residual Error	4	178,39	44,60		
Total	5	239,89			

Av regresjonen og regresjonsutskriften ser vi at forklaringsgraden er $R^2=25,6\%$ og justert $R^2=7,0\%$ og T-verdien = 1,17. For å kunne forkaste H_0 og fastslå en sammenheng må T-

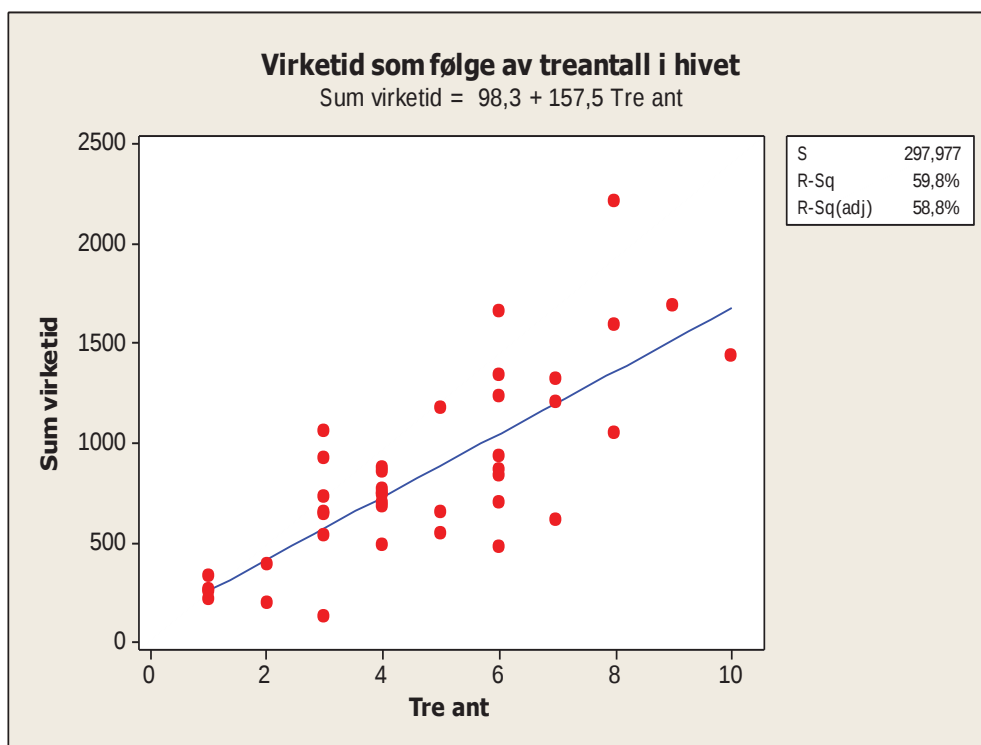
verdien $> t_{\alpha/2}$ med $n-2$ frihetsgrader. Fra Students t-tabell finner vi $t_{\alpha/2}$ med 5-2 F.G = 3,182. Vi kan derfor ikke forkaste H_0 å påstå noen signifikant sammenheng. Vi ser også at vi har en lav p-verdi. Hadde man hatt ett større datasett antar jeg at man kunne fått et resultat som i større grad hadde vist en sterkere sammenheng.

4.4 Sammenheng mellom virketid vinsjing og variablene treantall og vinsjelengde

Det er en naturlig antagelse at prestasjonen på vinsjingen påvirkes av treantallet som angir størrelse på hivet og vinsjelengden. For å se nærmere på om det var noen sammenheng ble den medgåtte tiden tilknyttet fastvinsjing og tapstid trukket fra virketiden.

4.4.1 Virketidsforbruk som funksjon av antall trær i hivet

For å se om det kunne påvises en sammenheng mellom vinsjetiden og treantallet ble dette kjørt mot hverandre med vinsjetid som responsvariabel (Y) og treantall som forklaringsvariabel (X). Dette resulterte i følgende resultat:



Figur 6. Sammenheng mellom virketid og treantall i hivet

Plottet tyder på en det tydelig sammenheng mellom virketiden og treantallet i hvert enkelt hiv med en $R^2 = 59,8$ og justert $R^2 = 58,8$ %.

Tabell 42. Regresjonsutskrift Virketid versus treantall

Regression Analysis: Sum virketid versus Tre ant

The regression equation is
Sum virketid = 98 + 158 Tre ant

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	98,3	109,1	0,90	0,374
Tre ant	157,52	20,94	7,52	0,000

S = 297,977 R-Sq = 59,8% R-Sq(adj) = 58,8%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	5022108	5022108	56,56	0,000
Residual Error	38	3374038	88790		
Total	39	8396146			

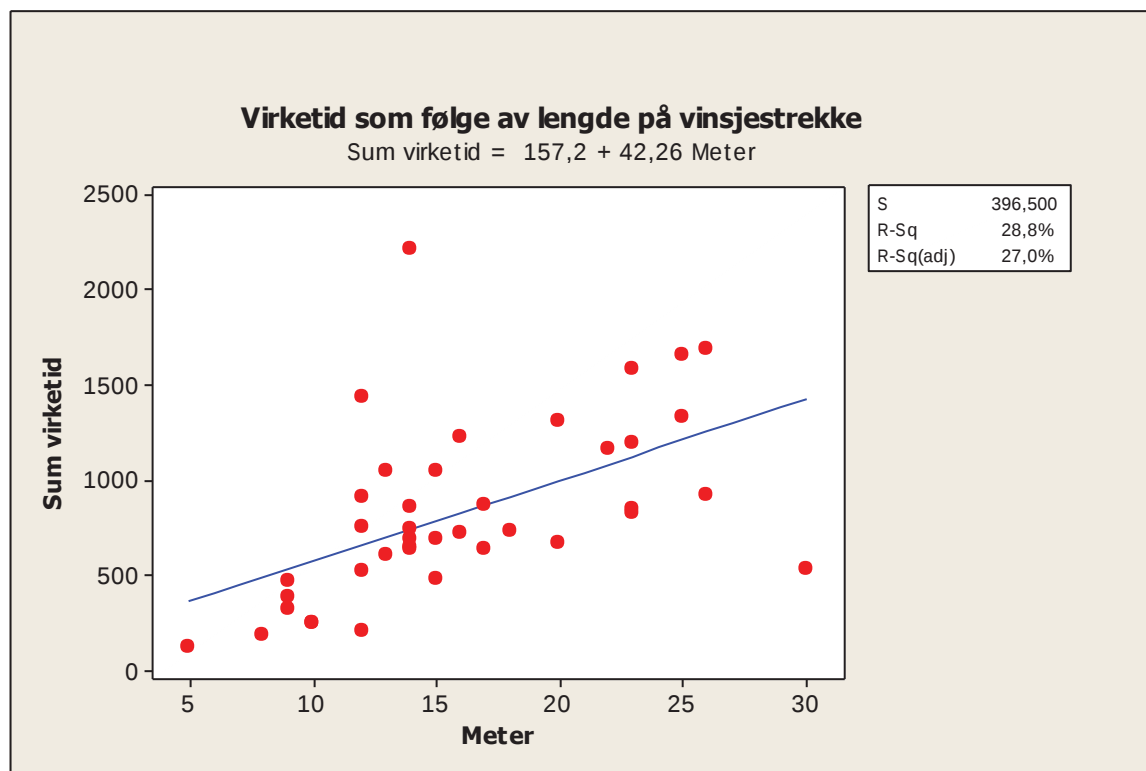
Av regresjonsutskriften ser vi at vi får en T-verdi på 7,52. For å forkaste nullhypotesen å påvise en sammenheng må T-verdien $> t_{\alpha/2}$ med $n-2$ frihetsgrader. Fra Student's T-fordeling finner vi at $t_{0,025}$ med 38 frihetsgrader = 2,024 og vi får dermed $7,52 > 2,024$. Vi kan med det forkaste H_0 og påvise en sammenheng mellom virketid og treantall og beskrive sammenhengen med følgende funksjon:

$$\text{Virketid} = 98 + 158 \times \text{treantall}. \quad (\text{Formel 9})$$

Av utskriften ser vi videre at F-verdien er 56,56 og p-verdien som angir det laveste signifikansnivået som H_0 lar seg forkaste på er meget lav. Det bekrefter sammenhengen ytterligere. (Kontroll og kommentar for forutsetningene til alle regresjonene finnes i vedlegg 1).

4.4.2 Virketidsforbruk som funksjon av lengden på vinsjestrekke

Her ble virketid lagt inn som responsvariabel Y og vinsjestrekning i meter lagt inn som responsvariabel X. Dette ga følgende resultat.



Figur 7. Sammenheng mellom virketid og lengde på vinsjestrekket

Plottet tyder på at det er en klar, men ikke like tydelig sammenheng her som det var for ant trær. Vi oppnår allikevel en $R^2 = 28,8\%$ og en R^2 -justert = 27 %.

Tabell 43. Regresjonsutskrift Virketid versus meter

Regression Analysis: Sum virketid versus Meter

The regression equation is
Sum virketid = 157 + 42,3 Meter

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	157,2	184,6	0,85	0,400
Meter	42,26	10,77	3,93	0,000

S = 396,500 R-Sq = 28,8% R-Sq(adj) = 27,0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2422072	2422072	15,41	0,000
Residual Error	38	5974073	157212		
Total	39	8396146			

Av regresjonsutskriften ser vi at vi får en T-verdi på 3,93. For å forkaste nullhypotesen å påstå en sammenheng må T-verdien $> t_{\alpha/2}$ med $n-2$ frihetsgrader. Siden vi fortsatt har like mange observasjoner og velger å teste for det samme signifikansnivået er fortsatt: $t_{0,025}$ med 38 frihetsgrader = 2,024 og vi får dermed $3,93 > 2,024$. Vi kan med det forkaste H_0 og påvise en sammenheng mellom virketid og lengden på vinsjestrekket. Denne sammenheng kan beskrives ved følgende funksjon:

$$\text{Virketid} = 157 + 42,3 \times \text{meter} \quad (\text{Formel 10})$$

Denne sammenhengen ble også her bekreftet av en høy F-verdi og meget lav p-verdi, imidlertid er det noe større usikkerhet knyttet til residualenes forutsetninger (se vedlegg 1).

Av plottet ser vi at vi har en observasjon skiller seg ut ved at den ligger langt utenfor i forhold til de andre observasjonene. Dette er observasjon 6 i arbeidsobjekt 2b. Dette hivet kjørte seg fast, og dette måtte løses ved at lasset ble stoppet om flere ganger, og dermed økte tiden tilknyttet stopping. Ved å fjerne denne og evt. andre ytterkantverdier vil man få en modell med en enda høyere forklaringsgrad.

4.4.3 Virketid som funksjon av treantall og vinsjestrekning

For å finne en sammenheng mellom vinsjetid og treantall og vinsjestrekning ble disse kjørt mot hverandre i en mulitppel regresjonsmodell med treantall og vinsjestrekning som forklaringsvariable. Dette ga følgende resultat:

Tabell 44. Virketid som funksjon av treantall og vinsjelengde

Regression Analysis: Sum virketid versus Tre ant; Meter

The regression equation is
Sum virketid = - 78 + 136 Tre ant + 17,1 Meter

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-77,7	139,8	-0,56	0,582
Tre ant	136,40	23,05	5,92	0,000
Meter	17,067	8,904	1,92	0,063

S = 288,015 R-Sq = 63,4% R-Sq(adj) = 61,5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	5326893	2663447	32,11	0,000
Residual Error	37	3069252	82953		
Total	39	8396146			

Source	DF	Seq SS
Tre ant	1	5022108
Meter	1	304785

Av regresjonen ser vi at sammenhengen kan beskrives med formelen

$$\text{Sum virketid} = -78 + 136 \times \text{Tre ant} + 17,1 \times \text{meter} \quad (\text{Formel 11})$$

Selv om $R^2 = 63,4\%$ og justert $R^2 = 61,5\%$ og at vi her har en høy F-verdi og en lav p-verdi er det kun for treantall at vi finner en signifikant sammenheng. For ”meter” er T-verdien = 1,92 og $P=0,062$ vi kan derfor ikke forkaste H_0 og si $\beta_{\text{meter}} \neq 0$ så lenge vi velger et signifikansnivå på 0,05.

4.4.4 Hogstmaskinens prestasjoner ved kvisting av vinsjet virke og ordinær tynning.

Tabell 45. Hogstmaskinens prestasjoner for kvisting og aptering av vinsjet virke

Arbeidsobjekt	2 A og B	3A	3B	4	6
Ant trær	123	77	82	55	50
Volum (kbm)	4,67	5,47	4,76	3,47	2,30
Maskintimer	2,5	2	2,5	1,5	2
Volum(kbm) pr tre	0,038	0,071	0,058	0,063	0,046
Trær pr time	49,20	38,50	32,80	36,67	25,00
Volum(kbm) pr time	1,87	2,73	1,90	2,31	1,15

Tabell 46. Volum og prestasjon for ordinær tynning samt stikkveger og kanter

	Tynning Bestand 1	Stikkveier og kanter
Ant trær	389	1229
Volum (kbm)	25	93,46
Maskintimer	6,5	11,5
Volum(kbm) pr tre	0,064	0,076
Trær pr time	59,85	106,87
Volum(kbm) pr time	3,85	8,13

4.5 Driftskostnader

På bakgrunn av gjennomsnittstall for prestasjon og kostnader basert på et gjennomsnittlig trevolum på 50dm³. Utkjørings kostnadd er basert på Norsk institutt for skog og landskap sin kalkulator med en timepris satt til kr 850 tilpasset lokale forhold og tallene fra Hohle et al. (2013). Dette resulterte i en kostnadd pr m³ på kr 75. Dette ga følgende driftskostnad:

Tabell 47. Timeforbruk og kostnad pr kubikkmeter

	Time/kbm	Kr/kbm
Sag	0,46	175,20
Vinsjing	0,59	341,41
Maskinell bearbeiding	0,49	582,04
Lastetraktor		75,00
Sum		1173,65

5 Diskusjon

5.1 Prestasjonspåvirkende faktorer

5.1.1 Manuelle faktorer

Manuelt skogarbeid påfører kroppen en stor belastning som krever tilvenning for å oppnå full flyt i arbeidet og en optimal prestasjon. Selv om begge arbeiderne var vant skogsarbeidere med mye erfaring så det var lenge siden de hadde utført manuelt arbeid av denne typen. Den fysiske kapasiteten lå derfor ikke helt på topp noe som er en forutsetning for å oppnå optimal arbeidskapasitet. Den største begrensende faktoren for både sag- og vinsjeoperatøren var snømengden som gjorde det tungt og tidvis meget glatt å bevege seg. Spesielt ga dette utslag ved gang ut med wire og stropper. Sagoperatøren måtte også bruke ekstra tid på å fjerne snø for å komme ned til avskjæret. Grunnet for lite datamateriale var det ikke mulig å påvise noen sammenheng mellom prestasjon og terrengstigning, men det antas at det eksisterer en sammenheng her.

5.1.2 Faktorer tilknyttet vinsjing

Det ble brukt en 100hk traktor med en to-tromlet vinsj med 12mm ståltau og lunnepanne. Dette utstyret viste seg å være unødvendig grovt og tungt håndterbart for formålet, og det var ikke mulighet for høyt blokkfeste. En liten/middels traktor (75hk) rigget for skogskjøring vil gi større smidighet og fremkommelighet. Ved vinsjing ble det kun vinsjet med en trommel om gangen. Det vil derfor være tilstrekkelig med en mindre (3t) en-tromlet vinsj utstyrt med 8 mm ståltau (6x26+IWRC, WS). Vinsjen bør imidlertid ha mulighet for høyt blokkfeste eller tårn. Dessuten er fjernstyring og kasteblokk en forutsetning. Stroppene var av typen 1,5m nylonstropper med rundslings glidere med ring m/låsepinne. Selv om fordelene med nylonstropper er åpenbare med tanke på vekt og fleksibilitet var disse stroppene ikke egnet til formålet. De viste seg å være for lange og det var ikke muligheter for å stramme de inn, samtidig som at de hadde lett for å dra seg meget hard til. Stroppeutstyret bør bestå av løse stropper med lavvekt. Karat tau eller lignende med øye i enden som kan brukes som strupeløkke kan være en mulighet. For å hindre fastkjøring må stroppet kunne strammes inn og med letthet kunne tres under virke som ligger helt ned på bakken. Et alternativ kan være ståltaustrapp med påsatte taluritter for innstramming.

5.1.3 Maskinelle faktorer

Ideelt sett kan det påpekes at maskinene som ble brukt i forsøket er for store og at man kunne oppnådd bedre tall ved bruk av mer egnede maskiner. Dette er i imidlertid ikke mulig i denne regionen siden lønnsomheten av tynningsmaskiner ikke er tilstrekkelig. Grunnet misforståelser mellom maskinentreprenøren og prosjektledelsen ble det ikke forsøkt med flertreshåndtering hverken ved ordinær tynning eller ved opparbeidelse av vinsjet virke. Entreprenøren oppga at man ved flertreshåndtering kan oppnå en prestasjons økning på 30 % ved tynning på stående skog, og en tredobling i prestasjonen ved opparbeidelse av vinsjet virke. Bergkvist (2007) fant en prestasjonsøkning på 30 % ved flertrehåndtering i tynning av gran med et middelvolum på 40dm^3 . Tilsvarende studier som kun tok for seg prestasjonsforbedring på kun kvisting og aptering med tilnærmet like forutsetninger klarte jeg dessverre ikke å finne og fikk ikke bekreftet at forbedringspotensialet her var opp mot det tredoblede. Flertrehåndtering er effektiv men kan føre til en større vrakandel ved innmåling pga dårligere kvisting samtidig forutsetter det at det gjennomføres på vinterstid.

5.1.4 Tidsstudie og tidsforbruk

For sagoperatøren utgjorde deloperasjonene Flytt og Fell over 80 % av den gjennomsnittlige virketiden. Flyttetiden inkluderte også den tiden sagoperatøren brukte for å bedømme og velge ut de trærne som skulle tynnes ut. Hadde denne utvelgelsen blitt gjort på forhånd så ville man sannsynligvis kunnet redusert tidsforbruket for sagoperatøren, men totalt sett ville det mest sannsynlig økt totalkostnaden ved at man måtte inn flere ganger. Både sagoperatøren og vinsjeoperatøren oppga snøen som den største begrensende faktoren. Ved gjennomføring så man videre at det var stor forskjell i tidsforbruket tilknyttet rydding i de arbeidsobjektene som antageligvis ikke var avstandsregulert(objekt 2A og 2B) og de som var det(3A, 3B og 5). Dette kan også ha gitt utslag i flyttetiden for sagoperatøren ved at fremkommeligheten er bedre etter avstandsregulering. Men dette kan ikke sies med sikkerhet.

For vinsjingen fordelte det gjennomsnittlige tidsforbruket seg noenlunde jevnt mellom de ulike deloperasjonene. Med unntak for stroppingen som var den deltiden som utgjorde største andelen av virketiden. En viktig faktor her var i hvor stor grad sagoperatøren hadde tilrettelagt og samlet virke. I arbeidsobjekt 3B gikk stikkveien på tvers av terrengstigningen som gjorde forflytningen mellom vinsjestripene mer utfordrende. Dette ga et merkbart utslag på deltidsforbruket. Det samme var tilfelle i arbeidsobjekt 5. Her var det imidlertid snømengden som utgjorde problemet siden stikkveien på forhånd ikke var oppkjørt av hogstmaskinen. I

arbeidsobjekt 5 ble det vinsjet oppover og man så her viktigheten av få et tilstrekkelig løft på hivet for å unngå fastvinsjing.

Tapstiden utgjorde ca 5 og 6 % for sag og vinsjing og skyldes hovedsakelig bensinpåfylling for sag og fastkjiling av wire for vinsjing.

Gjennomsnittlig total virketid pr tre ser vi av er 142min og gjennomsnittlig brysthøyde diameter for samtlige bestand som ble tynnet manuelt var 13,42cm. Krogstad (1985) oppnådde en prestasjon på manuell heltrehogst i tynning på ca 1,4min ved en brysthøydiameter på 13 cm. Det at vi oppnådde tilnærmet samme prestasjon i brattere og mer utfordrende terreng kan skyldes flere faktorer det ikke i dag er mulig å kontrollere. En viktig faktor som antageligvis kan forklare noe av dette er at dagens motorsager er lettere og har en vesentlig bedre geometri enn da tidens noe som kan tilskrives en økt prestasjon.

For vinsjing var den gjennomsnittlige prestasjonen $1,68 \text{ m}^3/\text{E0-time}$. Gjennomsnittlig tre antall i hvert hiv var 4,7 trær med et gjennomsnittlig volum pr tre på $50,2\text{dm}^3$. Dette gir en gjennomsnittlig lasstørrelse på $0,23\text{m}^3$ pr hiv. Krogstad og Kjølsten (1985) oppnådde en prestasjon på $1,7\text{m}^3/\text{arbeidstid}$ med en lasstørrelse på $0,3 \text{ m}^3$. De hadde imidlertid en middeldimensjon i uttaket på $90\text{dm}^3/\text{tre}$.

5.1.5 Uttak

Det viste seg at det gjennomsnittlige volumet pr tre i uttaket var vesentlig lavere enn det man i startfasen hadde sett for seg. Dette var en vesentlig faktor til at lønnsomheten ble meget dårlig. Hadde man hatt et bestand med en middeldimensjon på 100dm^3 eller man tynnet hardere på herskende og medherskende trær antas det at man hadde oppnådd en vesentlig bedre prestasjon. Dette kunne dog ikke påvises i regresjonen i kapittel 4.2 grunnet for få observasjoner.

Entreprenøren oppga at det ved fleretreshåndtering i den maskinelle bearbeidelsen av vinsjet virke er mulig å oppnå en tredoblet prestasjon. Mannskapet som utførte den manuelle tynningen var av den oppfatning at med et mer riktig tilpasset utstyr kombinert med bedre fysisk form, så ville man oppnå minimum en dobling av den manuelle prestasjonen.

Tar man utgangspunkt i disse opplysningene og et middeltrevolum på 100dm^3 viser bergningene følgende resultat uten tilskudd pr kbm:

Tabell 48. Beregnet resultat før utkjøring ved oppgitt prestasjons økning og middel dimensjon på 100dm³

	Tid/kbm	Kr/kbm
Sag	0,12	43,80
Vinsjing	0,15	85,35
Maskinell bearbeiding	0,06	72,76
Sum		201,91
Pr pr kbm massevirke		220
Netto		18,09

Prestasjonen her er imidlertid basert på den prestasjonen man hadde med de aktuelle gjennomsnittsdimensjonene. Det vil derfor knyttes noe usikkerhet til beregningen. Det er heller ikke tatt hensyn til utkjøring med lastetraktor eller eventuelle tilskudd.

5.1.6 Driftskostnader og tømmerpriser

Driftskostnaddene for det manuelle arbeidet ble fastsatt på Bedre Gårdsdrift sin årlige innsamling av leiekjøringspriser. Bedre Gårdsdrift angir at prisene i hovedsak baserer seg på priser gitt av dyktige maskinentreprenører men at mange av disse oppgir en for lav pris ved anbudsrunder/oppdragsprining i forhold til de kostnader de har tilknyttet til maskiner, drivstoff og arbeidskraft.

Prisen for slipptømmer ble satt til 220kr som var den gjennomsnittlige prisen for 1 kvartal i 2013. Med hensyn til inflasjon er dette den laveste tømmerverdien siden krigen(Bjørndal 2013). Men det forventes at dette var bunnpunktet og kan man forvente en prisstigning. Dette er samtidig avhengig av flere faktorer både nasjonalt og internasjonalt. En langvarig periode med lave priser kan føre til at færre tynner, med den virkning at transportkostnaddene for industrien øker og produksjonskapasiteten reduseres, og i verste fall oppstår en ringvirkning med lav pris som gir et lavt tilbud av tømmer. Dette synliggjør viktigheten av tilskuddsordninger for å kunne opprettholde et stabilt avvirkningsnivå og unngå langvarige perioder med lavt tilbud av tynningsvirke.

5.1.7 Anvendelse

Ved ordinær tynning med et middeltreuttak på 75-100dm³ gir fylkesmannen i Nord-Trøndelag et tilskudd på 50 kr/m³. Inkluderer man dette og en utkjøringskostnadd på 75kr/m³ vil man få et regnestykke som gir et marginalt negativt resultat. Forutsetningene er meget usikre og løst fundert samtidig som det ikke er tatt hensyn til kostnader tilknyttet logistikk og planlegging, samt en eventuell større andel tapstid en det man oppnådde i forsøket. En slik drift vil derfor være avhengig at det gis økte ekstraordinære tilskudd fra fylkesmannen for

kombinasjonsdrifter utover det som gis for manuelt skogsarbeid. Samtidig som at det kun vil la seg gjennomføre i forbindelse med ordinære tynninger. Dette vil med sannsynlighet gi økte stordriftsfordeler som vil kunne redusere både kostnaden tilknyttet til den maskinelle bearbeidelsen, samt utkjøringen med lastbærer. For å kunne oppnå en jevnt høy akseptabel prestasjon på den motormanuelle delen er man også avhengig av at mannskapet er godt trent og vandt med manuelt skogsarbeid. Selv om arbeideren har den kunnskap og teknikk som kreves, tappes den fysiske formen fort hvis man har sittet i en maskin eller på et kontor de siste månedene. Å finne noen som innehar de nødvendige fysiske forutsetninger og som presterer jevnt fra dag en, kan derfor bli vanskelig. Man må derfor ta høyde for at prestasjonen vil stige med arbeidstiden.

Videre er det knyttet en spørsmål til hvilke områder man skal prioritere. Fra landsskogtakseringen kan finne at hogstklasse 3 i Nord-Trøndelag fordeler seg som følgende i de ulike terrengklasser.

Tabell 49 Andel av hogstklasse 3 i Nord-Trøndelag i de ulike høydeklasser

Hellingsprosent (klasser)	Sum m3 u/bark i Hk 3	Prosent
< 20 %	3364299	53,40 %
20-32 %	1678344	26,60 %
33-49 %	833128	13,20 %
>= 50 %	422202	6,70 %
Sum	6297973	100,00 %

Av Tabell 49 ser vi at for Nord-Trøndelag i helhet er det kun 20 % av kubikkmassen i hk 3 som ligger i terreng med en bratthet på over 33 %. Sannsynligvis vil det derfor være lettere tilgjengelige områder hvor man i stedet kan oppnå en høyere nytte ved å først rette fokuset på tynning på disse arealene, tabellen gjelder dog for hele fylket så på lokalt plan vil det variere. Spesielt hos mindre skogeiere ser man ofte at tynningsbehovet forsømmes. Ved å rette en større innstats mot disse vil det kanskje gi en større samfunnsmessig gevinst.

Kombinasjons drifter kan allikevel være en løsning for de aktive skogeierne som ønsker å tynne og som ser at de eventuelt kan øke tynningsuttaket vesentlig ved å innlemme brattere terreng som grenser mot de bestand hvor det er aktuelt med ordinære tynningsdrifter. Spesielt aktuelt er dette for de skogeiere som selv er aktive i egen skog og innehar det utstyret og kunnskapen som trengs. Han kan ta selv tynne og vinsje ned det tømmeret som grenser mot eller står i nærheten av de områdene som skal tynnes helmekanisert. Hvis dette gjøres i forkant av den maskinelle tynningen og virket ligger i en akseptabel avstand, kan

entreprenøren ta seg av den videre håndteringen uten at marginalkostnadden som påløper som følge av dette blir for høy for lønnsomheten. Et annet alternativ er at skogeier selv står for utkjøring med traktor og tømmerhenger. Dette forutsetter sannsynligvis at det etableres en tilskuddsordning for at skogeieren skal lønne egen arbeidskraft og slitasje på eget utstyr. Spørsmålet blir da hvem som skal stå for denne ekstrakostnadden tilskuddet medfører, men en løsning kan være et samarbeid mellom kommune- eller fylkesadministrasjonen og skogindustrien.

6 Konklusjon

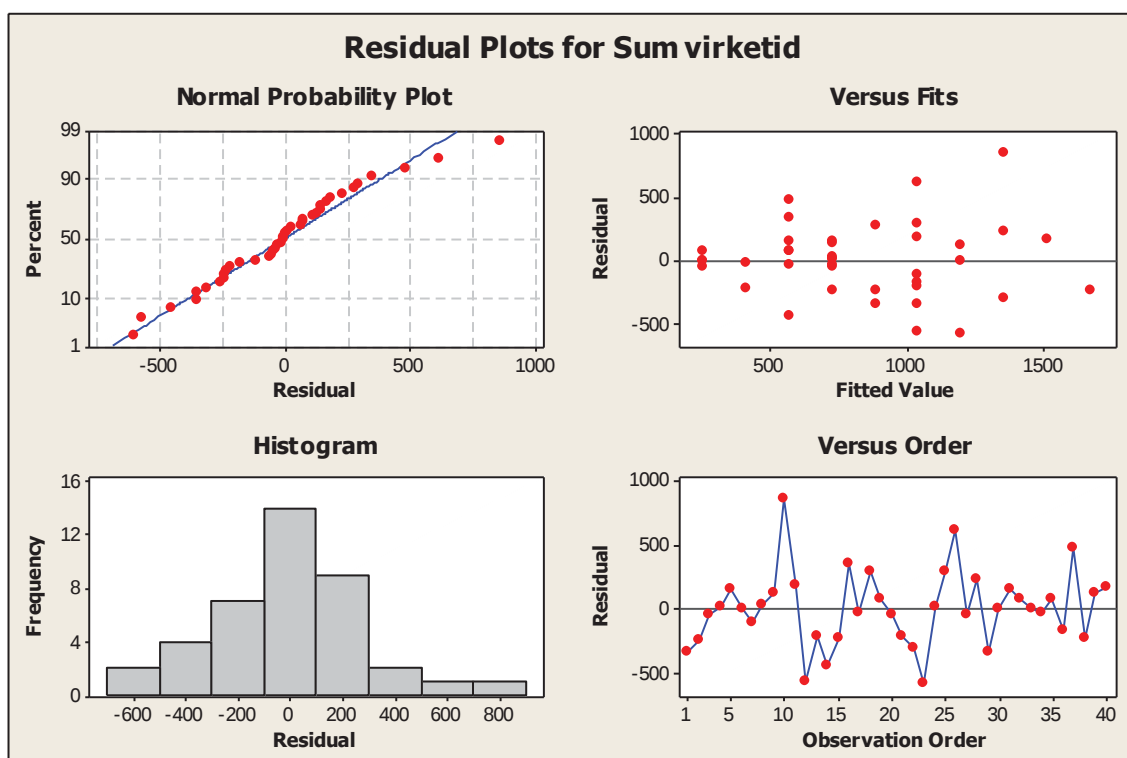
Studiet viste at man ved å innlemme motormanuelle tynninger i helmekaniserte tynningen er sterkt avhengig av at middeltreuttaket $> 100 \text{ dm}^3$ og at man oppnår maksimal prestasjon som forutsetter riktig tilpasset utstyr. Tømmerprisen må dessuten være høyere enn det her ble tatt utgangspunkt i, samtidig som at man er avhengig av økte tilskudd. I kommersiell sammenheng vil det derfor i større grad være mulig å oppnå økt nytte ved å rette fokuset mot uutnyttede tynningspotensial i lettere tilgjengelige områder. For å gå løs på de større terrengmessige utfordringene når disse er fullt utnyttet.

Det vil derimot kunne ha en større anvendelsesgrad for de skogeierne som har mulighet til å utføre det manuelle arbeidet selv i forkant av ordinere tynninger men dette vil nok i stor grad være avhengig av at det kan søkes om større tilskudd for lønne egen arbeidsinnsats. De bestand man ser det som aktuelt å tynne motormanuelt må ligge i umiddelbar nærhet av de bestand som tynnes helmekanisert og optimalt sett tilknyttet utkjøringsveg. For å få en optimal flyt i arbeidet og minimere stillestående maskiner bør det legges tid i planleggingsfasen og man bør ha en viss oversikt av over uttaksvolumet er tilstrekkelig og at det tynnes hardt nok.

Vedlegg 1. Kontroll av forutsetningene for regresjonsestimering.

Regresjonsanalyse for Virketid som funksjon av treantall.

Tabell 50. Residualplott for virketid som funksjon av treantall i hivet

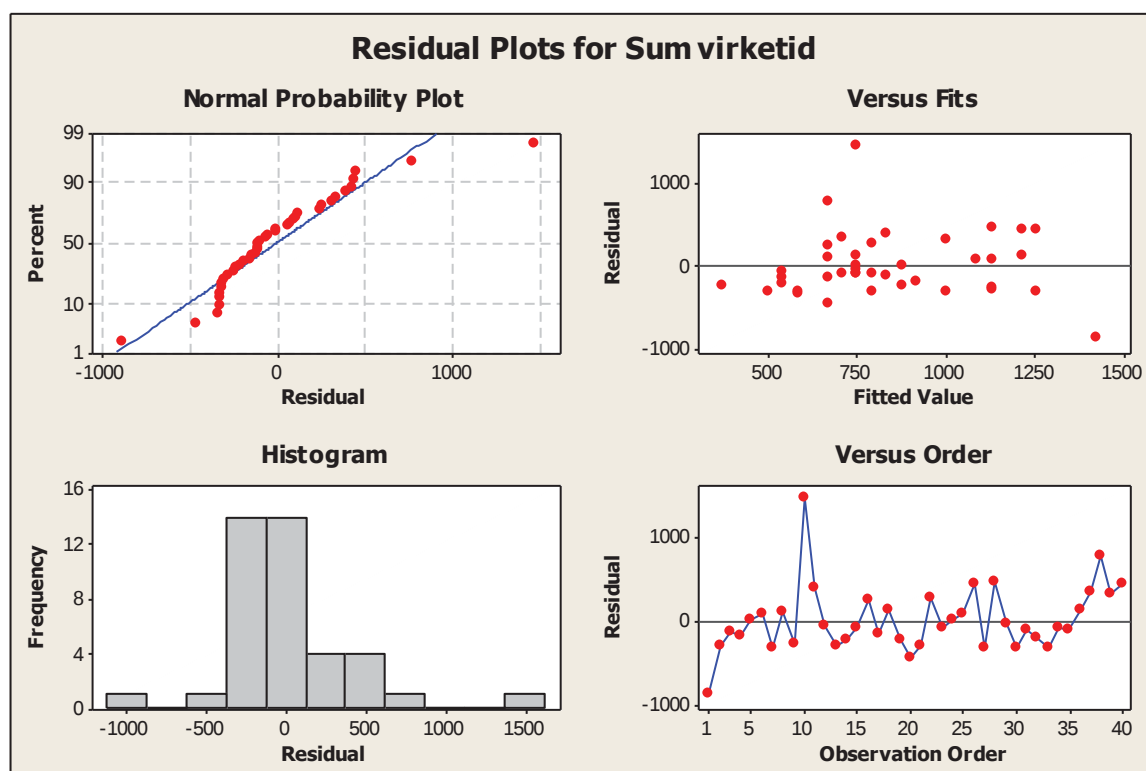


Normalfordeling vil aldri forekomme med 100 % nøyaktighet, og man må som regel nøye seg med tilnærming av normalfordelingen. Histogrammet nederst til venstre viser fordelingen av residualene som er noe venstreskjev, men allikevel har vi en god tilnærming til en normalfordeling med et datasett bestående av 40 observasjoner. Dette kan vi også se av P-plottet øverst til venstre der punktene følger linjen bare et litt større avvik. Vi kan derfor anta en normalfordeling.

Øverst til høyre ser vi residualene som en funksjon av x-verdiene. Plottet forteller oss hvorvidt variansen endrer seg i forhold til en endring i x-verdiene. Nederst til venstre er residualene inn etter den registrerte rekkefølgen. Kurven går opp og ned noenlunde tilfeldig noe som tyder på at residualene er uavhengig.

Regresjonsanalyse for virketid som funksjon av lengden på vinsjestrekket

Tabell 51. Residualplott for Virketid som funksjon av vinsjelengde

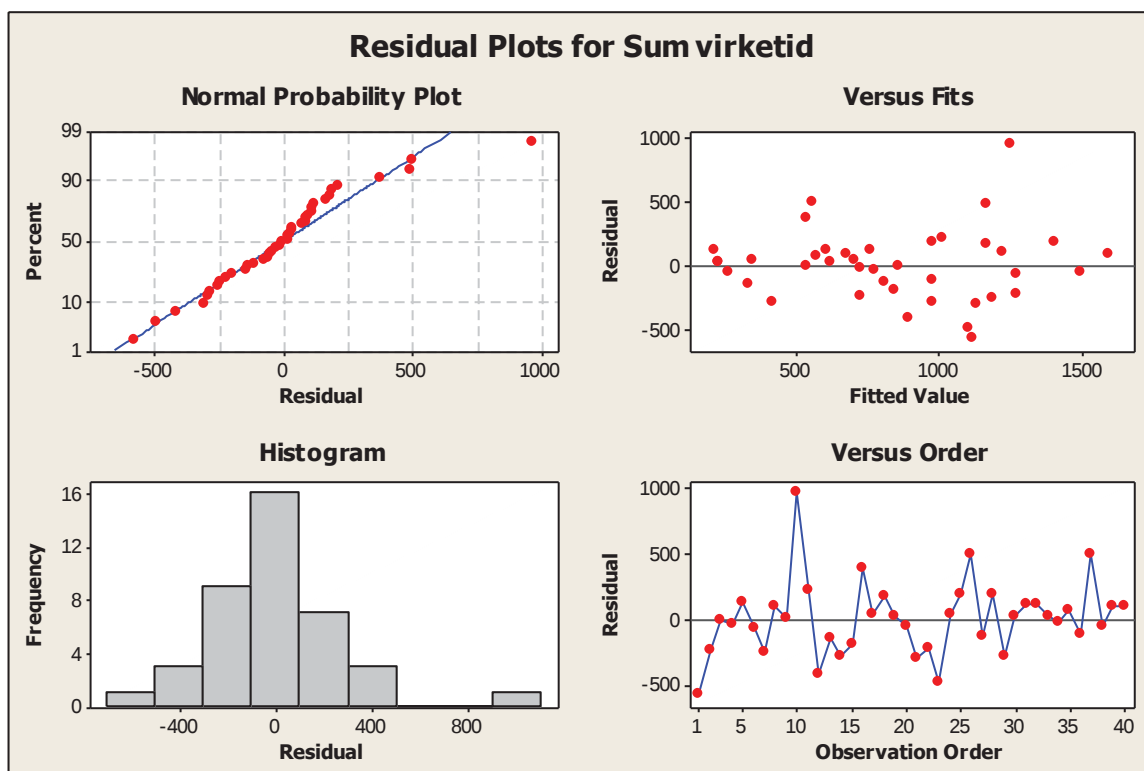


Histogrammet nederst til venstre gir ingen klarhet i om residualene utgjør en normalfordeling. Dette kan imidlertid skyldes at datasettet kun består av 40 observasjoner. P-plottet følger linjen bra, men flertallet av residualene ligger på oversiden av linjen. Vi kan derfor ikke anta at vi har normalitet.

For variansen ser vi at residualene ligger forholdsvis spredt og kurven ser ut til å gå opp og ned "tilfeldig".

Regresjonsanalyse for virketid som funksjon av lengden på vinsjestrekket og treantall

Tabell 52. Residualplott for virketid som funksjon av treantall og vinsjestrekning



Av figuren kan vi se at residualene er tilnærmet normalfordelt samtidig som at residualene er tilnærmet uavhengige.

Referanser

- Bergkvist, I. (2007). Flertrådshantering i granbestand. *Arbetsrapport från Skogforsk*, 637.
- Bjørndal, J. (2013). Tidenes laveste massevirkepris. *Norsk Skogbruk*.
- Braastad, H. (1982). Naturlig avgang i grambestand. *Rapport fra skogforskningen*, 12.
- Braastad, H. & Tveite, B. (2000). Tynning i granbestanf. *Rapport fra skogforskningen*, 4.
- Børset, O. (1985). *Skogskjøtsel 1, Skogøkologi*, b. 1: Landbruksforlaget.
- Børset, O. (1986). *Skogskjøtsel Bind 2, Skogskjøtselens teknikk*.
- Fitje, A. (1989). *Tre måling*, b. 1: Landbruksforlaget.
- Furuberg, A. M. & Bjerketvedt, J. (2003). *Driftsteknikk*, b. 1: Gan Forlag.
- Hohle, A. E., Kjøstelsen, L., Venneslanf, B. & Gobakken, L. R. (2013). *Energoforbruk og kostnader - Skog og bioenergi: Klima Tre* Norsk institutt for skog og landskap. Upublisert manuskript.
- Kjesbu, V. (2013). *Supply-Direktør Norske Skog Skogn* (February 8, 2013) Pers med.
- Krogstad, I. (1985). Tynning av tredeler med motormanuell felling og sammenføring. *Driftstekniskrapport*, 27.
- Krogstad, I. & Kjøstelsen, L. (1985). Sammenføring av heltrevirke til stikkveg med fjernkontrollert vinsj. *Driftsteknisk rapport*, 27.
- Løvås, G. G. (2008). *Statistikk for universiteter og høyskoler*, b. 3: Universitetsforlaget.
- Skog Industri. (2013). Dystert for Norske Skog. *Skog Industri*.
- Skognæringa i Indre Namdal. (2011). Prosjektbeskrivelse Skognæringa i Indre Namdal. I: Sklett, K. (red.): Indre Namdal Regionråd.
- SSB. (2013). I: *Statistisk sentralbyrå*. Tilgjengelig fra: <http://ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogav>.
- Winsents, A. (2000). Driftsforhold i Skogen. *Aktuelt fra skogforskningen*.
- Øyen, B.-H. (2000). Naturlig avgang i gran- og furuskog. *Rapport fra skogforskningen*, 3.
- Øyen, B.-H. (2003). Tynning i granskog på Sørlandet -effekter på tilvekst, dimensjoner og økonomi. *Rapport fra skogforskningen*, 2.
- Øyen, B.-H. (2005). Mangel på hogstmoden skog de nærmeste tiårene -har man noen alternativer i påvente av at kulturskogen modnes ? *Aktuelt fra skogforskningen*, 5: 42.