

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for naturforvaltning

Masteroppgave 2014
30 stp

Avvirkning utført med beltegående gravemaskiner: En analyse av produktivitet og lønnsomhet.

Final Felling Performed with Tracked Excavators: an
Analysis of Productivity and Profitability.

Tim-Oliver Wenski

Sammendrag

Formålet med denne studien var å bestemme produktiviteten og lønnsomheten til to beltegående gravemaskiner av ulik størrelse som er utstyrt med et hogstaggregat. Det ble gjennomført en tidsstudie av driften med maskinene og økonomisk driftsanalyse for å beregne minimum krav til inntjening pr. m³. Denne studien er et bidrag for å vurdere om beltegående gravemaskiner utstyrt med hogstaggregat kan være et alternativ til hjulgående hogstmaskiner for sluttavvirkning i Norge.

Den ene basmaskinen som ble evaluert i tidsstudien var en fullt skogrigget «Volvo FC2121C» 25 tonns gravemaskin utstyrt med et valsematet «Log Max 7000 XT» hogstaggregat. Den andre basmaskinen var en standard sju tonns gravemaskin av merket «New Holland Kobelco E70SR». Denne maskinen var kun utstyrt med et stegmatet «Arbro-350 S» hogstaggregat. Maskinene ble valgt ut for å kunne vise ytterpunktene innenfor segmentet av beltegående gravemaskiner som er i bruk i sluttavvirkning i Norge.

Tidsforbruket på avvirkningsprosessen pr. tre ble studert i avhengighet av brysthøydiameter (dbh) og trehøyde. Resultatene viser at gjennomsnittsproduktiviteten til Volvo gravemaskinen var på 31 m³/ E0-time, for Kobelco gravemaskinen var gjennomsnittsproduktiviteten med 9 m³/ E0-time. For begge maskinene økte tidsbruken med økende trevolum. For Kobelco gravemaskinen var denne økningen større enn for Volvo gravemaskinen. Resultatene viser at produktiviteten øker med økende brysthøydiameter og trehøyde. Dette gjelder for begge maskinene for alle avvirkningsfasene samlet, så vel som begge aggregatene studert ved avvirkningsfasene opparbeiding og felling. Volvo gravemaskinen hadde kapasitet til å avvirke alle trestørrelser, likevel var det stor spredning i produktiviteten når brysthøydiameter og trehøyde var stor. Økonomiske beregninger for drift med maskinene viser at kravet til inntjening for entreprenøren av Volvo gravemaskinen er på 75 kr / m³ for å drive lønnsomt, mens kravet til inntjening for entreprenøren av Kobelco gravemaskinen er på 192 kr / m³ for å drive lønnsomt. Sammenlignet med en hjulgående hogstmaskin er dette henholdsvis 50 % og 300 % høyere. Dette viser at for å drive lønnsomt stilles det store krav til produktivitet, selv om fleksibiliteten i hogstdriftskonsepter med beltegående gravemaskin likevel kan være fordelaktig på andre måter i skogsdriften.

Nøkkelord: beltegående gravemaskin, basmaskin, hogstaggregat, sluttavvirkning, tidsstudie, produktivitet, lønnsomhet

Abstract

The aim of this study is to determine the productivity and profitability of two tracked excavators as base machines of different sizes equipped with a harvester head. A time-study of the cutting work phases performed by the excavators was undertaken, as well as an economic analysis to determine minimum income pr. m³. This study is a contribution to assess to what degree tracked excavators as base machines is a viable alternative to wheel based harvesters for final felling in Norway.

The base machines included were a fully forestry-equipped «Volvo FC2121C» 25 ton excavator equipped with a roll-fed «Log Max 7000 XT» harvester head, as well as a «New Holland Kobelco E70SR», which is a 7 ton standard excavator, equipped with a step fed «Arbro-350 S» harvester head. These machines were chosen in order to show the range within the segment of tracked, forestry equipped excavators as base machines used for final felling in Norway.

The time used for the logging process for each tree was analysed with breast height diameter (dbh) and tree height as independent variables. The results show that the productivity (mean) for the Volvo excavator was 31 m³/ “E0-time”, for the Kobelco excavator the productivity (mean) was 9 m³/ “E0-time”. For both machines the time used increased with increasing tree volume (m³). For the Kobelco excavator the increase was larger than for the Volvo excavator. The results show that the productivity increases when dbh and tree height increases. This is the case for both machines for the whole logging process, as well as for both harvester heads for the logging and processing phases. Analyses of productivity dependent on breast height diameter and tree height show that the Volvo excavator could log sizes of all trees, however, the productivity varied to a greater degree when dbh and tree height was high. The profitability calculations show that the entrepreneur of the Volvo excavator must have 75 NOK / m³ as income in order to make his entrepreneurship profitable, whereas the entrepreneur of the Kobelco excavator must have 192 NOK / m³ as income in order to make his entrepreneurship profitable. Compared with a wheel-based harvester, this is 50 % higher and 300 % higher. This shows that within the segment of tracked excavators, productivity vary largely. A profitable entrepreneurship demands high productivity, although the flexibility many operational concepts including tracked excavators can have many advantages in forest operations.

Key words: tracked excavator, base machine, harvesting head, final felling, timestudy, productivity, profitability

Forord

Denne masteroppgaven innenfor fagfeltet «Skogbrukets driftsteknikk» er avslutningen på mastergradsstudiet i skogfag ved Instituttet for naturforvaltning (INA) ved «Norges miljø- og biovitenskapelige universitet» (NMBU). Oppgaven ble utarbeidet i samarbeid med «Seksjon teknikk og økonomi» ved «Norsk institutt for skog og landskap» (Skog og landskap).

Jeg vil gjerne takke veiledere, førsteamanuensis ved INA og forsker ved Skog og landskap, Jan Bjerketvedt (hovedveileder) og forsker ved Skog og landskap Bruce Talbot (biveileder) for interessante diskusjoner rundt tematikken og gode innspill i arbeidet.

I tillegg vil jeg særlig rette en stor takk til gravemaskinentreprenørene for at jeg fikk være med de i skogen og gjøre registreringer mens de jobbet. Takk også for at dere tok dere tid til å svare på utallige spørsmål om maskinene og hogstinnngrepene. Uten dere hadde denne oppgaven aldri blitt noe av.

Ellers vil jeg takke overingeniør Morten Nitteberg og stipendiatene Giovanna Ottaviani Aalmo og Marek Pierzchała ved Skog og landskap og forskeren Ole Martin Bollandsås ved INA, for tips og råd underveis.

Til slutt vil jeg også takke kjæresten min, Gunvor for at hun tålmodig stilte opp for å passe sønnen vår slik at jeg fikk tid til å jobbe med denne oppgaven. Dessuten vil jeg takke henne for korrekturlesing av den ferdige oppgaven. Tusen takk: Kjersti, Verner, Magnhild, Rune, Ågot og Olav for barnepass og god støtte underveis. En stor takk går også til familien min i Tyskland. I tillegg vil jeg takke studieveilederen ved INA, Christina Qvam Heggertveit, alle hyggelige medstudentene og undervisende på skogfag som jeg har blitt kjent med i løpet av en inspirerende studietid ved UMB/NMBU. Jeg håper på gjensyn i en framtidig yrkeskarriere innenfor skognæringen.

Ås, 27. juni 2014

Tim-Oliver Wenski

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Abstract	2
Forord	3
1. Innledning	6
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Beltegående hogstmaskiner	8
1.3 Beltegående gravemaskiner med «hogstaggregat-pakke»	10
1.3.1 Beltegående gravemaskiner med fabrikkmontert «hogstaggregat-pakke»	10
1.3.2 Beltegående gravemaskiner med «hogstaggregat-pakke» som ikke er påmontert på fabrikken	11
1.4 Redskap til beltegående gravemaskiner til bruk i skogen	12
1.5 Uutnyttet potensiale for gravemaskinbasert hogst	14
1.5.1 Tilgjengelige beltegående gravemaskiner i Norge	14
1.5.2 Fordeler ved å utnytte gravemaskiner til hogst	14
1.5.3 Aktuelle bruksområder for gravemaskiner som er utstyrt med hogstaggregat	15
1.5.4 Prissammenligning mellom en hjulgående hogstmaskin og en gravemaskin	15
1.6 Tidligere forskning	17
1.7 Målsetning og problemstillinger	20
2. Materiale og metode	21
2.1 Studieområdene	22
2.1.1 Studieområdet tilknyttet «Volvo» gravemaskinen	23
2.1.2 Studieområdet tilknyttet «Kobelco» gravemaskinen	25
2.2 Gravemaskinbasert hogst	26
2.2.1 «Volvo» gravemaskin	26
2.2.2 «Kobelco» gravemaskin	31
2.2.3 Tremåling	36
2.2.4 Volumbestemmelse (kubering av enkelttrær)	36
2.2.5 Tidsstudie	38
2.3 Bearbeiding av datamateriale og analyse	42
2.4 Økonomisk analyse av de to driftene	42
3. Resultater	45
3.1 Deskriptiv statistikk	46
3.1.1 Bestandsdata	46
3.1.2 Tidsstudie	47
3.2 Avvirkningsproduktivitet til gravemaskinene	50

3.2.1 Produktivitet	51
3.2.2 Brysthøydiameter.....	53
3.2.3 Brysthøydiameter kontrollert for treslag.....	56
3.2.4 Trehøyde.....	57
3.3 Produktivitet for hogstaggregatene.....	59
3.3.1 Produktivitet	59
3.3.2 Brysthøydiameter.....	60
3.3.3 Trehøyde.....	61
3.4 Produktivitet og lønnsomhet i de to ulike driftskonseptene	61
3.4.1 Produktivitet og lønnsomhet for 25 tonns Volvo gravemaskin (Entreprenør 1)	62
3.4.2 Produktivitet og lønnsomhet for 7 tonns «Kobelco» gravemaskin (Entreprenør 2).....	67
3.4.3 Produktivitet og lønnsomhet for en hjulgående hogstmaskin.....	72
3.4.4. Produktivitetsberegning med hjelp av «Skogkalkulatoren» til Skog og landskap.	80
4. Diskusjon	83
4.1 Diskusjon av metode, materiale og analyse.....	83
4.2 Diskusjon av resultatene fra tidsstudiene	84
4.3 Sammenligning med hjulgående hogstmaskin	87
4.4 Produktivitet og lønnsomhet krever fleksible driftsopplegg og setter store krav til maskinenes fleksibilitet.....	88
5. Konklusjon	90
6. Referanser	91

1. Innledning

«Skaukall-visa»

*«Nå e de slutt på skauens ro, og møte av dens sjarm,
- og æ er grå i hår og sjegg, og stiv i rygg og arm.
Og Blakken han e borte, han har drat sitt siste lass.
- Ein stor og diger Timberjack har overtatt hans plass.»*

Lars Holte, Gjerstad
(Vevstad 1995)

De siste tiårene har skogsmaskiner i større og større grad tatt over for manuelt skogsarbeid i Norge og resten av verden. I dette skiftet fra «Blakken» dro sitt siste lass og til en «Timberjack» har overtatt hans plass, har det skjedd store endringer. Denne tekniske utviklingen har generert nye problemstillinger innenfor fagfeltet «Skogbrukets driftsteknikk», som denne masteroppgaven også skriver seg inn i.

I følge Skog og landskap defineres driftsteknikk som «de økonomiske, tekniske og menneskelige betingelsene som skal til for å oppnå et mest mulig effektivt og miljøvennlig skogbruk» (skogoglandskap.no (a)). I denne sammenhengen gjennomføres det «analyser av prosesser og beregning av produktivitet og lønnsomhet ved høsting av virkesressurser fra skogen» (skogoglandskap.no (a)).

I Skogmeldingen fra 1998-99 er det et uttalt ønske at «verdiskapningen fra skogbaserte næringer skal økes» (St. melding nr. 17, 1998-99). I lokalmiljø er verdiskapningen og sysselsettingen innenfor skognæringen viktig. Det er fundamentalt med en jevn og stabil virkestilgang for å sikre en levedyktig skogsindustri i Norge. Hovedutfordringene i et skogbruk der tømmerprisene lenge har vært lave, er å gjøre avvirkningen effektiv og lønnsom (Statistisk sentralbyrå 2014). For den enkelte skogeier må det være lønnsomt å hogge i skogen, selv om ingen gjennomsnittlig skogeier kan leve av hogstinntektene i dag. I tillegg må det være mulig for entreprenører å leve av hogstopdrag. Inntektene fra drift skal kunne oppveie utgiftene knyttet til drift og i tillegg generere et overskudd.

I følge forskning fra Finland kan det å erstatte en hjulgående standard hogstmaskin med en gravemaskin utstyrt med et hogstaggregat bidra til å redusere kostnadene ved hogsttiltak betydelig (Väätäinen m.fl. 2004).

I denne masteroppgaven er hovedmålsettingen derfor å analysere produktivitet ($\text{m}^3/\text{E0-time}$) og lønnsomhet ved avvirkning med beltegående gravemaskiner. Gravemaskinene som ble studert i denne sammenhengen var en «Volvo FC2121C» utstyrt med et valsematet «Log Max 7000 XT» hogstaggregat som er spesielt konstruert til bruk på beltegående basmaskiner (operert av «entreprenør 1») og en «New Holland Kobelco E70SR» utstyrt med et stegmatet «Arbro-350 S» hogstaggregat (operert av «entreprenør 2»). For å kunne vurdere maskinenes produktivitet ved avvirkning i skogen ble det gjennomført en tidsstudie. Det er i tillegg foretatt en økonomisk analyse for å beregne minimumskrav til inntjening pr m^3 for å drive et lønnsomt entreprenørskap.

1.1 Bakgrunn

I Skandinavia har det siden begynnelsen av 1980-tallet blitt mer og mer vanlig å utføre sluttavvirkningen og tynning med hjelp av helmekanisert hogst med hjulgående hogstmaskiner som ble konstruert utelukkende til dette formålet (Store Norske Leksikon). I sammenheng med avvirkningen har den såkalte kortvirkesmetoden (CTL – cut-to-length method) blitt vanlig (Aavestrud 2013). I dag blir hele 95 % av hogstinnngrepene i Norge gjennomført med hjelp av hogstmaskiner. Den påfølgende terrengtransporten gjennomføres for det meste med hjelp av lassbærere (Finstad & Kjellsen 2011).

Utviklings- og produksjonskostnadene til spesialbygde hogstmaskinene er veldig store. Dette skyldes en rask utskifting av modeller siden produsentene alltid vil være lengst fremme når det gjelder maskinenes tekniske stand for å være konkurransedyktige i et markedet med mange aktører. Dessuten blir hogstmaskinene bare produsert i små partier som ifølge den tyske økonomen Karl Bücher, som oppdaget den velkjente «masseproduksjonsloven» i 1910, også har en negativ effekt på produksjonskostnadene (Gabler Wirtschaftslexikon).

Hogstmaskiner er derfor veldig dyre i innkjøp. I tillegg har det vært usikre tider når det kommer til oppdragsmengden pga. raske svingninger i etterspørselen på tømmermarkedet. Hogstmaskinene bør helst være i kontinuerlig drift for å kunne betjene lån tatt opp for å kunne gå til innkjøp av maskinene. En svingende etterspørsel etter skogprodukter og faktumet at det også finnes marginale skogområder i Norge hvor det ikke blir avvirket nok til å kunne forsvare et kjøp av en spesialisert hogstmaskin krever alternative løsninger. Å ta i bruk en mer

fleksibel maskin som både kan avvirke trær og utføre andre oppgaver når oppdragsmengden for tømmerhogst er lav må antas å være en ideell løsning for å sikre at overskuddet til skogmaskinentreprenørene er tilstrekkelig stort (Johansson 1997).

I en del andre land er det vanlig praksis å bruke gravemaskiner utstyrt med et hogstaggregat i sammenheng med avvirkning i skogen (Just forest 2013). I f.eks. Canada, nord Amerika og New Zeeland har det vært vanlig praksis å utstyre gravemaskiner med et hogstaggregat i lang tid. I Storbritannia og Irland har det også vært en liknende trend de siste årene (Väättäinen m.fl. 2004). I Norge har det derimot vært lite fokus på gravemaskinbasert hogst (personlig informasjon av Morten Nitteberg 02.06.14).

1.2 Beltegående hogstmaskiner

Et utvidet søk på internett viser at det globalt sett er et stort mangfold av ulike fabrikkbygde beltegående hogstmaskiner tilgjengelige på markedet. Disse tjener akkurat som de hjulgående hogstmaskinene utelukkende det formålet å utføre avvirkning. Et eksempel på en stor maskin innenfor denne kategorien som er tenkt til sluttavvirkning er den nordamerikanske «John Deere 909 KH» som er vist i bilde 1 (Forst und Technik 2012). Den nordamerikanske «TimberPro TL735-B» (timberpro.com) og den japanske «Komatsu EX 10» (Just forest 2005) er andre eksempler innenfor dette segmentet.



Bilde 1. Den beltegående hogstmaskinen «John Deere 909 KH» (traktorodetal.ru)

Det eksisterer dessuten mindre beltegående hogstmaskiner som er konstruert for å utføre tynningshogst. En vanlig maskin av denne typen er den østerrikske «Neuson Ecotec 9002HV» som er vist i bilde 2 (euson-ecotec.com).



Bilde 2. Den beltegående tynningshogstmaskinen «Neuson Ecotec 9002HV» (specs.lectura.de)

I tillegg finnes det lette kombinasjonsmaskiner som kan konverteres fra hogstmaskin til lassbærer i løpet av kort tid. Eksempler innenfor denne kategorien er «Timbear Lightlogg C» fra Sverige som er vist i bilde 3 (timbear.se) og «Logbear FH4000» fra Finland (logbear.fi). Disse maskinene er ifølge produsentene konstruert til å kunne utføre tynning på bæresvak mark på en spesielt skånsom måte.

De nevnte småmaskinene passer godt inn i skogbruket i Skandinavia som har et økende miljøfokus (Edlund 2012).



Bilde 3. Den beltegående kombinasjonsmaskinen «Timbear Lightlogg C» (timbear.se (a))

1.3 Beltegående gravemaskiner med «hogstaggregat-pakke»

Ved siden av de fabrikkbygde beltegående hogstmaskinene som utelukkende ble konstruert for avvirkning er det i tillegg mulig å utstyre beltegående gravemaskiner som i utgangspunktet ble konstruert til bygge- og anleggsdrift med et hogstaggregat. Til dette formålet brukes det en «hogstaggregat-pakke» som gjør det mulig å forvandle gravemaskinen til en hogstmaskin. Dette blir gjort enten allerede på fabrikk eller i etterkant av leveransen til kunden (Just forest 2006).

1.3.1 Beltegående gravemaskiner med fabrikkmontert «hogstaggregat-pakke»

Det finnes fabrikkmonterte «hogstaggregat-pakker» fra noen produsenter av gravemaskiner som inkluderer nødvendig spesialutstyr til hogst. «Komatsu» gravemaskinmodellen «PC200F-8» som er vist i bilde 4 er et eksempel på det. «F» i betegnelsen står for «forest». Denne modellen er ferdig utstyrt med «en hogstaggregat-pakke» rett fra fabrikk som inkluderer et «Komatsu 370E» aggregat. Det følger også annet utstyr med for å tilpasse maskinen bedre til arbeidet i skogen. Utstyrspakken inkluderer bl.a. beskyttelsesdeler for å forhindre at enkelte maskindeler tar skade, beskyttende deksler for å øke brannsikkerheten og et apteringssystem for å kunne gjennomføre «en økonomisk optimal oppdeling (kapping) av

stammen i stokker» (Skog og landskap 2007). Videre er det inkludert arbeidsbelysning for å gjøre nattarbeid mulig. «PC200F-8» er i tillegg utstyrt med lange og brede belter for å redusere marktrykket og dermed gjøre maskinen bedre tilpasset til bæresvak skogsmark.

Et annet eksempel på en beltegraver som kan leveres ferdig utstyrt med et hogstaggregat rett fra fabrikk er modellen «FC2121C» til «Volvo» som ble studert i drift i sammenheng med den foreliggende masteroppgaven. Denne maskinen er fra fabrikk utstyrt med en lang liste med utstyr. For eksempel er det montert et apteringssystem og sikkerhetsutstyr som f.eks. kvistavledere rundt hele maskinen og sikkerhetsglass i frontrute og tak- og sidevindue (Volvo Construction Equipment 2010).



Bilde 4. Den beltegående gravemaskinen «Komatsu PC200F-8» med fabrikkmontert «hogstaggregat-pakke» (komatsuforest.cz)

1.3.2 Beltegående gravemaskiner med «hogstaggregat-pakke» som ikke er påmontert på fabrikk

Tilpasningen av maskinen og monteringen av hogstaggregatet må i dette tilfellet utføres av et eksternt mekanisk verksted.

Det er flere produsenter som tilbyr slike pakker. «Logset» tilbyr pakken under betegnelsen «THXtender» som er vist i bilde 5. Denne pakken har fordelen at den inkluderer en graveskuff slik at gravefunksjonen ikke faller bort, som tilfellet er hos mange andre produsenter (logset.se).

For å tilpasse gravemaskinen enda bedre til avvirkning er det også mulig å utstyre den med en lang liste med ekstrautstyr for å tilpasse den optimalt (at.no).

«New Holland Kobelco E70SR» som jeg studerte i sammenheng med denne masteroppgaven faller innenfor denne kategorien.



Bilde 5. Beltegående gravemaskin utstyrt med «Logset THXtender» «hogstaggregat-pakke» med skuff (logset.se)

1.4 Redskap til beltegående gravemaskiner til bruk i skogen

Ved siden av et hogstaggregat kan beltegående gravemaskiner som blir brukt i skogen også utstyres med annen type redskap til forskjellige formål. Det finnes et stort utvalg av redskap til bruk i skogen som er påtenkt montering på gravemaskiner (Johansson 1997). Dette gjør

maskinene veldig fleksible i forhold til innsatsmulighetene sammenlignet med en hjulgående hogstmaskin som utelukkende kan brukes i sammenheng med hogstinngrep.

Noen relevante eksempler på redskap til gravemaskiner fra ulike produsenter er for eksempel stubbeaggregatet til «Väkevä» fra Finland (Kärhä 2012). Andre eksempler er den horisontale krattknuseren «Brushcutter 48FH» til «Pro Mac» fra Canada (www.promac.bc.ca), markberedningsaggregatene til «Väkevä» (väkevä.fi) og plantemaskinen «Bracke Planter P11» som også er i stand til å utføre markberedning og gjødsling i tilknytting til planteprosessen (Ersson m.fl. 2014). Denne maskinen er vist i bilde 6.

I tillegg til et hogstaggregat kan eksempelvis de følgende redskapene være til stor nytte ved sluttavvirkning: For det første taubanen «Herzog Grizzly 400-Yarder» fra Sveits (herzog-forsttechnik.ch). For det andre tømmerkloen med betegnelsen «Tassie Devil» fra Australia som også inkluderer en gripsag. Dette redskapet egner seg også svært godt til å rydde opp i stormfelt skog (Biernath 2012).



Bilde 6. Beltegående gravemaskin utstyrt med plantemaskinen «Bracke Planter P11.a» (brackeforest.com)

1.5 Utnyttet potensiale for gravemaskinbasert hogst

Muligheten til å ta i bruk en gravemaskin til tømmerhogst i skogen har til tross for gravemaskinens store fleksibilitet fått lite oppmerksomhet i Skandinavia (Johansson 1997). I Finland var det vinteren 2003-2004 bare mellom ti og 15 slike maskiner i drift (Väätäinen m.fl. 2004). I følge Morten Nitteberg eksisterer det i Norge også bare et fåtall av slike maskiner (personlig informasjon 02.06.14). Dette kan bekreftes av utsagnet til «Entreprenør 1» under feltarbeidet som anslo at det gikk rundt ti maskiner av liknende type som hans i Norge.

1.5.1 Tilgjengelige beltegående gravemaskiner i Norge

I følge salgsstatistikken til «Maskingrossistenes forening» (MGF) ble det fra 1991 til 2013 solgt rundt 19 000 nye gravemaskiner på belter av medlemmene i foreningen (mgf.no). I tillegg kommer det salg av gravemaskiner på belter av leverandører som ikke er organiserte i MGF (Våre veger 2012). Dette viser at det i utgangspunktet er mange gravemaskiner på belter tilgjengelige i Norge.

1.5.2 Fordeler ved å utnytte gravemaskiner til hogst

Det er alltid perioder hvor det er redusert bygge- og anleggsaktivitet på grunn av f.eks. begrenset etterspørsel i markedet for nye boliger. I disse periodene har gravemaskinentreprenører ledig kapasitet (samfunnsøkonomisk-analyse.no).

Lav etterspørsel kan innebære et stort økonomisk tap for gravemaskinentreprenørene. Vinteren utgjør en slik periode hvor behovet for gravemaskiner til bygge- og anleggsarbeid er kraftig redusert. Ved graving på vinteren må det ofte utføres teletining for å gjøre graving mulig i det hele tatt (gots.no). Dette er en årsak til at gravemaskinene kan brukes i mindre grad på vinteren. Samtidig er hogstaktiviteten i skogen på denne årstiden størst. Derfor er også behovet for hogstmaskiner størst på denne årstiden (Väätäinen m. fl. 2004).

Å utstyre en gravemaskin med et hogstaggregat når det er dårlige tider i bygge- og anleggsbransjen kan bidra til optimal utnyttelse av maskinen i løpet av dens levetid. Dermed kan et økonomisk tap til gravemaskinentreprenøren bli redusert.

En annen økonomisk fordel som taler for bruken av beltegående gravemaskiner til skogsdrift er at servicenettet til gravemaskinprodusentene er mye bedre utbygget enn det til hogstmaskinprodusentene. For eksempel omfatter serviceapparatet til «Volvo Maskin Service» hele 19 spesialverksteder og reservedelslagre. Supplerende er det 160 servicebiler stasjonert fordelt over hele Norge (volvoce.com). I motsetning til det må importørene for

hogstmaskinene ofte henvise kundene til «samarbeidspartnere som har tilgang på verksteder» siden de ikke har et eget serviceapparat (skogteknikk.no).

Et godt utbygget serviceapparat kan bidra til å redusere driftsstans på maskinene og servicekostnadene betydelig fordi lange transportavstander til maskinimportørens verksted ved større reparasjoner kan falle bort.

Disse fordelene ved beltegående gravemaskiner til skogdrift gjør at det bør overveies om det under bestemte betingelser kan være lønnsomt for en skogsmaskinentreprenør å gå direkte til innkjøp av en gravemaskin utrustet med et hogstaggregat istedenfor en standard hogstmaskin.

1.5.3 Aktuelle bruksområder for gravemaskiner som er utstyrt med hogstaggregat

Enkelte gravemaskiner med hogstaggregat kan som nevnt også beholde skuffen på, og dermed enkelt veksle mellom f.eks. å lage vei i skogen og å felle trær.

I bratt terreng langs hele den norske kysten har det i sammenheng med volumøkningen av hogstmoden skog blitt tatt i bruk et nytt og, i sammenlignet med taubanedrift, kostnadsgunstig driftssystem som har fått betegnelsen «gravedrift» (Skog og Landskap 2013). Ved denne driftsmetoden brukes det først en gravemaskin som lager en driftsvei inn i det bratte terrenget på ca. en kranlengde. Etterpå bytter maskinen plass med en standard hogstmaskin som avvirker alle trær som den kan nå med ca. en kranlengde for så å bytte plass med gravemaskinen igjen. Denne framgangsmåten innebærer at det oppstår store driftstekniske tapstider pga. flytting og venting. Blir begge maskinene erstattet av en beltegående gravemaskin som forener funksjonen til hver av maskinene i samme maskin, kan kostnadene antagelig reduseres kraftig siden standard hogstmaskinen faller fullstendig ut av beregningen (Talbot 2013).

1.5.4 Prissammenligning mellom en hjulgående hogstmaskin og en gravemaskin

Det blir som tidligere nevnt produsert et mye større antall gravemaskiner enn hogstmaskiner. Derfor er gravemaskiner også billigere i produksjonen (waldwissen.net). I følge skogsforsker Bruce Talbot har det i en upublisert finsk studie blitt funnet at kostnadene ved tømmerhogst under finske driftsforhold kan bli halvert ved bruk av en gravemaskin pga. den reduserte innkjøpsprisen til maskinen sammenliknet med prisen på en hogstmaskin (personlig informasjon av Bruce Talbot 16.01.14).

Dette styrkes også av de finske skogforskerne Väättäinen, Sikanen og Asikainen. Forskerne har undersøkt tynningshogst med hjelp av en gravemaskin utstyrt med et hogstaggregat. De

studerte den kostnadmessige konkurranseevnen til gravemaskinen i sammenligning med en tynninghogstmaskin og en mellomstor hogstmaskin. De fant at det var lønnsomt å utstyre gravemaskinen med et hogstaggregat når den blir brukt i minimum fire arbeids måneder til hogst ved siden av 6 til 8 måneder med konvensjonell gravemaskininnsetning. I dette regnestykket ble det tatt hensyn til ekstrakostnadene ved å rigge gravemaskinen til bruk i skogen, som ble anslått til å øke innkjøpsprisen til maskinen med 25 % (Väätäinen m. fl. 2004).

Pris på nye maskiner

Hjulgående hogstmaskin

Forskeren Birger Vennesland ved Skog og landskap forutsatte i de økonomiske kalkulasjonene han gjorde i sammenheng med prosjektrapporten «Klimatre» fra 2013 en pris på 3,8 mill. kroner for en gjennomsnittlig hogstmaskin som er i bruk i Norge (Vennesland m. fl. 2013).

Gravemaskin

En nesten ny «New Holland Kobelco E265B» gravemaskin fra 2012 som bare har gått tre timer med 195 hk og en vekt på 28 tonn koster i Tyskland ifølge internettsiden «www.mascus.no» 932 288 kroner eks. merverdiavgift (mascus.no). Tar man i tillegg hensyn til de økte ekstrakostnadene som oppstår ved å utruste gravemaskinen til bruk i skogen på 25 % av innkjøpsprisen ender man opp med et beløp på 1 165 360 mill. kroner.

Dette viser at en ny gravemaskin rigget til bruk i skogen koster betydelig mindre enn en ny hogstmaskin.

Pris på brukte maskiner

Hjulgående hogstmaskin

Et tilfeldig søk på brukte hogstmaskiner på internettsiden «www.mascus.no» viser at prisen (ekskludert merverdiavgift) på en 6 år gammel «Valmet 911.4» hogstmaskin med 231 hk og 10 600 utførte arbeidstimer, utrustet med et «Valmet 350» hogstaggregat er på 1 121 875 kroner (mascus.no).

Gravemaskin

En skogrigget beltegående «Volvo EC210BLC» gravemaskin fra 2002 med 9 300 utføre arbeidstimer inkludert hogstaggregat selges for 615 000 kroner (eks. merverdiavgift) (finn.no). Et «Log Max 9000» aggregatet inkludert tilbehør til montasje på en gravemaskin med 7 600 fullførte arbeidstimer selges separat for NOK 270 000 (eks. merverdiavgift) (finn.no).

Selv om hogst- og gravemaskinene ikke er så lett å sammenligne pga. bl. a. ulik motoreffekt kan det konkluderende fastslås at både ny- og bruktpreisene som ble funnet viser at en skogrigget gravemaskin utrustet med et hogstaggregat er betydelig billigere i innkjøp enn en hjulgående hogstmaskin.

1.6 Tidligere forskning

Norsk forskningsaktivitet innenfor fagområdet

Norge har det tidligere blitt utført flere studier som er relevante for denne studien. Den første er beskrevet i en prosjektrapporten «Beltegående gravemaskin som basmaskin for skogsdrift» (Dale m.fl. 1991) fra Skog og landskap.

Prosjektet som er beskrevet i rapporten hadde som målsetning å bedømme tilleggsutstyr som var montert på en gravemaskin til bruk ved drift av forhåndsfelte og kvistede helstammer.

Denne gravemaskinen var utstyrt med tømmerklo og vinsj. Dale m.fl. utførte tidsstudier og oppfølging av driften, inkludert føring av driftsstatistikk, over en tidsperiode på rundt et halvt år. I sammenheng med driften ble maskinen brukt til ulike formål. Den ble benyttet som basmaskin for vinsjen og til lunning og framkjøring av virke. Dessuten ble den brukt til lasskjøring med hjelp av en slede på traktorvei. Videre ble den brukt til kapping av virke på velteplassen. Forskerne konkluderte med at prestasjonen til maskinen ikke var tilfredsstillende. Dette skyldtes den veldig saktegående vinsjen som var montert på gravemaskinen (Dale m. fl. 1991).

En annen viktig studie er studien til Morten Nitteberg og Jørn Lileng ved Skog og landskap. Den omhandler mekanisert hogst i bratt terreng (over 40 % helning) med hjelp av den mellomstore terrenggående gravemaskinen «Menzi Muck A71» som var utrustet med et hogstaggregat. Maskinen ble brukt i kombinasjon med en taubanedrift. Målet var å finne et alternativ til motormanuell hogst i bratt terreng. I denne studien ble det registrert hvor mange lass som ble kjørt ut per dag og antall kubikkmeter. Forskerne så også på effekten av læringskurven hos maskinoperatørene ved bruk av maskinen. Hovedfunnet til Nitteberg og

Lileng var at maskinoperatøren trenger en viss tilvenningstid til maskinen, men at den har et stort potensiale (Nitteberg og Lileng 2004).

Disse studiene viser forskningsaktivitet her til lands som har gjort produktivitetsstudier på ulike gravemaskiner som blir brukt i skogen.

Nordisk forskning innenfor fagområdet

Når det gjelder nordisk forskning har det vært et nordisk samarbeidsprosjekt under betegnelsen «Earth-moving equipment as base machines in forest work» som gikk fra 1993 til 1995. I dette prosjektet var også avdelingsdirektøren Øystein Dale og Morten Nitteberg ved «Skog og landskap» involverte. I rammen av dette prosjektet skulle forskerne skaffe et overordnet bilde over bruksmulighetene til gravemaskiner i skogbruket.

Hovedinteressen i dette samarbeidsprosjektet var å undersøke maskinenes framkommelighet i terrenget inkludert skadeinnvirkning på miljøet. Videre ble det sett på ulike aspekter rundt maskinenes produktivitet, økonomi, ergonomi og på nye potensielle bruksområder for maskinene innenfor skogbruket (Johansson 1997).

I Norden har det dessuten blitt gjennomført flere relevante studier for masteroppgaven min som gikk direkte ut på gravemaskinbasert hogst. Forskerne J. X. Wang og R. Haarlaa har skrevet en forskningsartikkel med tittelen «Production analysis of an excavator-based harvester: A case study in Finish forest operations». Forskerne undersøkte gravemaskinens produktivitet per time, enhetskostnader og arbeidsmønster. De fant at maskinens produktivitet var like stor som produktiviteten til hjulgående hogstmaskiner (Wang & Haarla 2002).

Laitila & Väätäinen (2014) har publisert en forskningsartikkel med tittelen «The Cutting Productivity of the Excavator-based Harvester in Integrated Harvesting of Pulpwood and Energy Wood». Formålet med studien var å undersøke produktiviteten til en gravemaskin utstyrt med et flertreaggregat ved flertrefelling i masse- og energivirke. I denne sammenhengen ble tidsforbruket i de enkelte hogstfasene registrert. Med hjelp av tidsstudiedata ble modeller for tidsforbruk per tre og for produktiviteten utviklet. Forskerne fant at produktiviteten til gravemaskinen var like høy og delvis til og med større enn produktiviteten til hjulgående hogstmaskiner utstyrt med et flertreaggregat.

Internasjonal forskning utenfor Norden

Internasjonalt har det også blitt forsket på produktivitet til gravemaskin med hogstaggregat. Det er gjort forskning i Sør-Afrika, Sør-Amerika og Japan, som ligger nært opp til denne studien.

Ramantswana m. fl. (2012) så på effekten av trestørrelse, adhesjon mellom bark og ved (bark-wood bond strenght) og treform på produktiviteten til en gravemaskin med hogstaggregat i Sør-Afrika. Resultatene fra denne studien viser at trestørrelse spiller en viktig rolle i produktiviteten til hogstmaskinen, men at adhesjonen mellom bark og ved og treform også påvirker produktiviteten, men i mindre grad. Produktiviteten til skogsmaskinen var heller ikke påvirket av forskjellige stammeformer ved felling av små trær, men når trestørrelsen økte var det større produktivetsvariasjon mellom de ulike stammeformene (formklassene).

Skogsmaskinens produktivitet varierte fra 5,5 m³ per produktive maskin time (PMH) i 0,05 m³ trær til 16,9 m³ per PMH i 0,25 m³ trær. Adhesjonen mellom bark og ved påvirket ikke skogsmaskinens produktivitet når den håndterte trær som var mindre enn 0,1 m³.

Spinelli m. fl. (2002) studerte produktiviteten og kostnader ved bruk av kortvirkesmetoden (CTL) ved avvirkning i eukalyptusbestand ved bruk av en gravemaskin med hogstaggregat. Tidsbruken på tidsfasene er påvirket av terrengforhold, driftsopplegg (operational layout), trevolum og form, trelengde og sortiment. Kvisting og kapping var hovedsakelig påvirket av antall stokker per tre (log yield) og trevolum/ form. De estimerte at en gravemaskin med hogstaggregat kan drive lønnsomt i bestand med gjennomsnittlig trevolum på større enn 0,07 m³.

Nakagawa m. fl. (2010) studerte effekten av trestørrelse på tidsbruken av hver arbeidsfase ved opparbeiding ved bruk av en gravemaskin utstyrt med hogstaggregat på velteplassen. De fant i studien at brysthøydiameter (dbh) påvirket disse arbeidsfasene: «swinging with the tree, determining the butt-end cut, cutting the butt end, feeding and measuring, and cross-cutting». For større trær var tidsbruken signifikant større. Men med større volum økte også produktiviteten. Slik økte opparbeidingsproduktiviteten med økende brysthøydiameter for trærne. De fant at 68 % av den totale tiden brukt på arbeidsprosessen, var påvirket av størrelsen på trærne som ble avvirket.

Likevel er det ikke sikkert disse studiene er direkte sammenlignbare med den foreliggende studien, fordi produktiviteten er avhengig av hva slags gravemaskin som er benyttet, så vel som hvordan oljekapasitet og aggregatstørrelse passer til trestørrelsen.

1.7 Målsetning og problemstillinger

I denne masteroppgaven skal jeg undersøke produktiviteten ($\text{m}^3/\text{E0-time}$) til to beltegående hogstmaskiner, ved å gjøre en produktivitetsstudie og se spesielt på både maskinenes og hogstaggregatenes produktivitet ved avvirkning. Hovedmålsettingen i studien er å få kunnskap om spennet i produktivitet blant beltegående hogstmaskiner utstyrt med hogstaggregat. I tillegg er det et mål å beregne minimumskrav til inntjening per kubikkmeter for driften med de to gravemaskinene og sammenligne dette med hjulgående hogstmaskiner.

Hovedproblemstilling i denne studien er: Hva er produktiviteten og lønnsomheten til gravemaskiner utstyrt med hogstaggregat ved sluttavvirkning? Hvordan kan maskinenes produktivitet og lønnsomhet si noe om hvorvidt gravemaskiner utstyrt med hogstaggregat er egnet for bruk ved sluttavvirkning?

Delproblemstillinger:

1. Hva er gjennomsnittlig tidsbruk pr. tre og E0-tid for de to gravemaskinene ved avvirkning?
2. a) Hva er gravemaskinenes produktivitet ved sluttavvirkning?
b) Hvordan påvirker brysthøydediameter og trehøyde gravemaskinenes produktivitet ved sluttavvirkning?
3. a) Hva er hogstaggregatenes produktivitet ved sluttavvirkning?
b) Hvordan påvirker brysthøydediameter og trehøyde hogstaggregatenes produktivitet ved felling og opparbeiding ved sluttavvirkning?
4. a) Hva er minimumskrav til inntjening pr m^3 for entreprenør 1 og 2, sammenlignet med en entreprenør for en hjulgående hogstmaskin for å kunne drive et lønnsomt entreprenørskap?
b) Hva er produktiviteten E(0)-time ved drift med en hjulgående hogstmaskin på de to ulike hogstflatene sammenlignet med de beltegående gravemaskinene som inngikk i studien?

2. Materiale og metode

For å gjøre analyser av produktiviteten til gravemaskinene er det utført en tidsstudie for hver av de to maskinene.

2.1. Feltarbeid

Det ble gjort to feltarbeid for å samle inn data til tidsstudiene på gravemaskinene.

Feltarbeid 1

Tabell 1. Feltarbeid 1.

Maskinoperatør	Entreprenør 1
Lokalitet	Østerholtheia
Gravemaskin	Volvo (25 tonn)
Hogstaggregat	Log Max (valsematet)

Feltarbeid 2

Tabell 2. Feltarbeid 2.

Maskinoperatør	Entreprenør 2
Lokalitet	Gampmyra
Gravemaskin	Kobelco (7 tonn)
Hogstaggregat	Arbro (stegmatet)

Det første som ble gjort i skogen var å gjøre tremålinger, det innebar å gjøre registreringer knyttet til de uavhengige variablene. Det var brysthøydiameter, treslag og trehøyde.

Dessuten ble kronehøyden og barktykkelsen til furu målt for senere å kunne regne ut volumet til disse trærne. Dette ble gjort med hjelp av en volumfunksjon som også har kronehøyde og dobbelt bark som inngangsverdier. Hvert tre som ble registrert fikk et «ID-nummer» sprayet på stammen for senere å kunne tilordne registreringene til det aktuelle treet.

Etter at registreringene tilknyttet til de uavhengige variablene var gjennomført, filmet jeg avvirkningen av enkeltrærne jeg hadde gjort registreringer på. Jeg filmet avvirkningen framfor å gjøre registreringer direkte i en bærbar feltdatamaskin som f.eks. «Allegro CE».

Dette var på grunn av at jeg ville registrere de enkelte avvirkningsfasene som delvis består av

komplekse og sammensatte prosesser nøye. Med hjelp av «Allegro CE» hadde det vært vanskelig å registrere de enkelte fasene nøyaktig mens avvirkningen foregikk, fordi jeg delvis var nødt til å stå bak gravemaskinen pga. sikkerhetsmessige hensyn mens jeg var ute i skogen og observerte. Dette gjorde at jeg delvis ikke fikk observert hogstaggregatet med egne øyne. Volvo gravemaskinen hadde f.eks. en risikosone på 70 meter (dobbelt trelengde). Dette gjorde at jeg bestemte meg for å i stedet gjøre filmopptak fra utsiden og fra innsiden av maskinen med hjelp av to forskjellige kamera og gjøre tidsregistreringene i etterkant av feltarbeidet. I tidsstuderingen etterpå var en stoppeklokke et tilstrekkelig verktøy. Registreringene i etterkant med stoppeklokke var likevel en svært tidkrevende fremgangsmåte fordi det krevde mye skrivearbeid, men jeg har til gjengjeld fått svært nøyaktige målinger av fasene i hogstprosessen. Samtidig gav studien av filmopptakene muligheten til å få en veldig god forståelse for hvordan gravemaskinoperatøren betjener maskinen og hvordan apteringen blir gjennomført siden også displayet til apteringsdatamaskinen («dxPC») ble filmet. Dessuten fikk jeg studert hogstaggregatets funksjon på nært hold, noe som gjør at jeg fikk sett det vanligvis bare hogstmaskinoperatører får sett.

For å få kunnskap og forståelse for arbeidet med gravemaskinene med hogstaggregat, prioriterte jeg også å snakke mye med operatørene. Slik var det enklere å finne ut av utfordringer med maskinen, slik de vurderte det. I disse samtalene fikk jeg også deres gjennomsnittstall på produktiviteten mer overordnet, per dag.

2.1 Studieområdene

Flatene hvor det ble gjennomført hogst og som utgjør studieområdene i denne oppgaven, utgjorde på mange måter nokså like betingelser for hogsten. Begge hogstområdene kan nok likevel karakteriseres som nokså utypiske hogstområder. I det ene tilfellet dreide det seg om flater inntil et beite. I det andre tilfellet dreide det seg om en nesten ferdighugget hogstflate, der det bare sto igjen enkelte trær i en gruppe midt på flaten og trær som stod i grupper i kanten av hogstflaten. Disse spesielle betingelsene hadde konsekvenser for driften, fordi det ble veldig mye belting med gravemaskinene mellom de enkelte arealene hvor de enkelte hogstiltakene skulle gjennomføres. Dette betydde at hogsten i seg selv tok mye lenger tid på grunn av all beltingen, enn det som er vanlig på en normal hogstflate. I sammenheng med tidsstudien ble det sett bort fra tapstidene som stod i sammenheng med denne type uvanlig forflytting.

Hogstområdene hadde også nokså like betingelser når det gjaldt treslagssammensettingen og spredningen innenfor trærnes dimensjoner. I begge hogstområdene var det nokså stor variasjon. Det var både små og store trær. Gjennomsnittsdimensjonen på trærne som Kobelco gravemaskinen avvirket var likevel betydelig mindre.

2.1.1 Studieområdet tilknyttet «Volvo» gravemaskinen

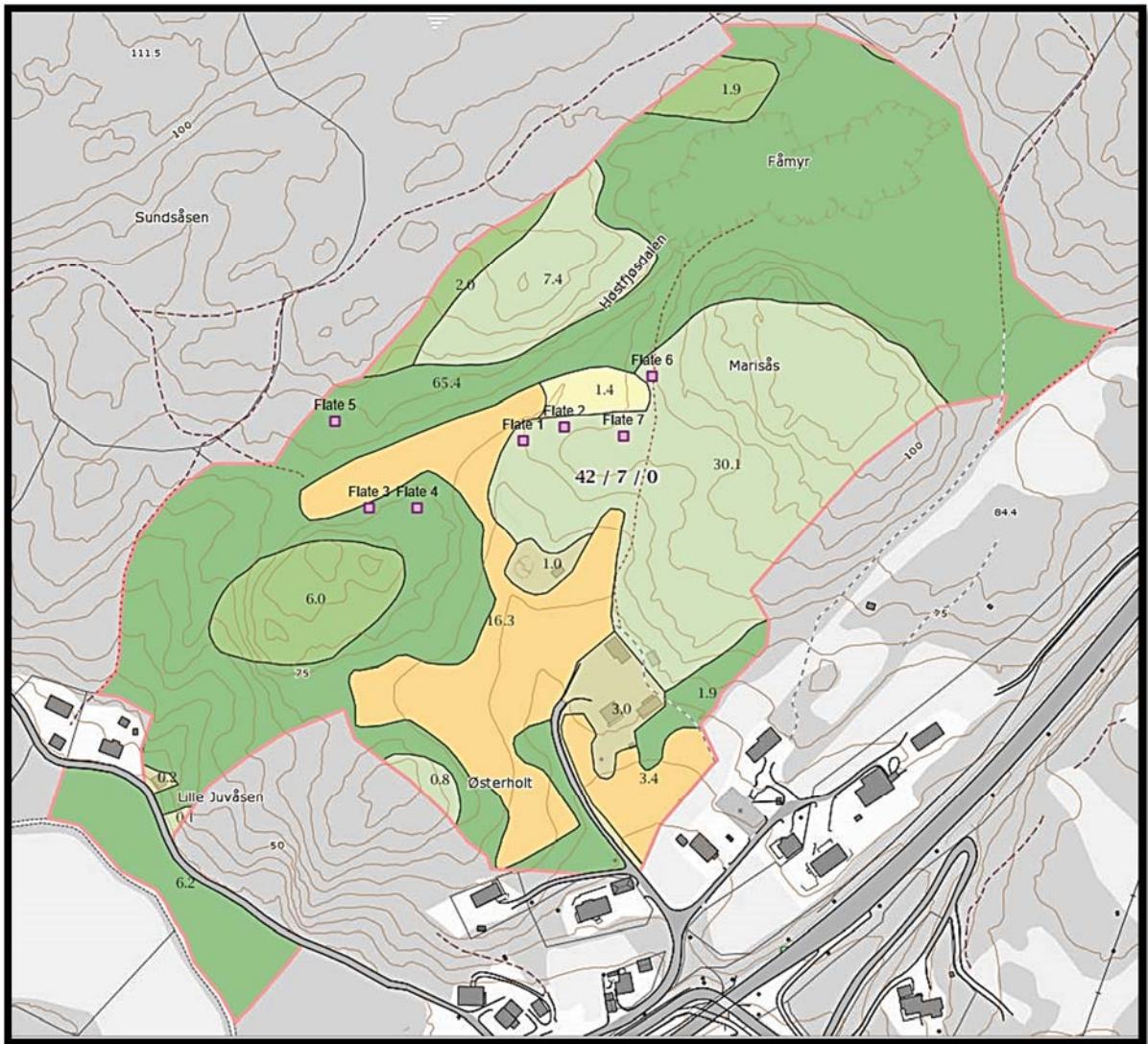
Registreringene til tidsstudien ble gjennomført i fire dager fra 8. til 12. april på en skogseiendom på «Østerholtheia» sørøst i Gjerstad kommune i Aust-Agder fylke.

Koordinatene er:

Ø: 506127

N: 6523134

Den aktuelle skogseiendommen er tilknyttet gårdsbruket med gårdsnummer 42 og bruksnummer 7. Det var høy bonitet på 3 av flatene og lav bonitet på 4 av flatene (gardskart.skogoglandskap.no (a)).



Kart 1. «Østerholtheia» (gardskart.skogoglandskap.no (a))

Hogstinnngrepene ble gjennomført på flatene som er markert med lilla kvadrat 1 til 7.

Hogstfeltene var snøfrie. Hogstterrenget var flatt, bare innkjøringene til felt 4 og 5 var bratte.

«Entreprenør 1» hadde fått i oppdrag å pusse rundt et beiteareal. Skogen rundt beitearealet var en blandingsskog av gran og furu, hvor gran var det dominerende treslaget. I tillegg var det en mindre innblanding av lauvtrearter som osp, eik og bjørk.

Tidsstudien ble utført på sju ulike felt som ble plukket ut på forhånd. Felt 1, 2, 3 og 6 var rett ved beitekanten. Ved felt 4, 5 og 7 dreide det seg om mindre hogstflater lengre inn i skogen.

Disse hogstflatene var bestokket med trær av grove dimensjoner opp til en brysthøydiameter på 56 cm på flate 5.

2.1.2 Studieområdet tilknyttet «Kobelco» gravemaskinen

Registreringene til tidsstudien ble gjennomført i to dager fra 20. til 21. mars på en skogseiendom på «Gampmyra» nordøst i Vegårshei kommune i Aust-Agder fylke.

Koordinatene er:

Ø: 498350

N: 6518848

Den aktuelle skogseiendommen er tilknyttet gårdsbruket med gårdsnummer 28 og bruksnummer 1 (gardskart.skogoglandskap.no).

Hogstinngrepet ble gjennomført i bestand nr. 13. I følge skogbruksplanen var det en F11 bonitet.



Kart 2. «Gampmyra» (gardskart.skogoglandskap.no (b))

Under tidsstudien ble gravemaskinen brukt på hogstflaten som er markert med lilla kvadrat.

Entreprenør 2 hadde fått i oppdrag å sluttavvirke et bestand. Skogen i bestandet var en blandingsskog av gran og furu, hvor furu var det dominerende treslaget. I tillegg var det en mindre innblanding av bjørk.

Hogstfeltene var nesten snøfrie. Hogstterrenget var flatt.

Registreringen til tidsstudien ble utført på fem ulike felt som ble plukket ut på forhånd. Felt 1 var midt på hogstflaten. Feltene 2, 3, 4 og 5 var ved hogstflatens kant.

2.2 Gravemaskinbasert hogst

Begge gravemaskinene som ble observert inngikk i et entreprenørskap. Det vil si at den respektive operatøren eide maskinen selv og tok avvirkningsoppdrag på vinteren og graveoppdrag i sommerhalvåret. De ble begge betalt pr. kubikkmeter avvirket tømmer. Slik sett er begge entreprenørkonseptene nokså like. Samtidig var det noen viktige forskjeller. Den ene maskinen (Volvo) var mye større enn den andre (Kobelco). I driften med den lille gravemaskinen ble det i tillegg drevet aktivt med motormanuell hogst for å kunne hjelpe og supplere driften med gravemaskinen, siden fellediameteren til det stegmatete hogstaggregatet var begrenset. I følge produsenten var den begrenset til 40 cm (anderssskordare.se).

2.2.1 «Volvo» gravemaskin

Beskrivelse av utstyret

I den maskinelle hogsten ble det brukt en stor beltegående gravemaskin. Det dreide seg om en «Volvo FC2121C» (evocon.rs) utstyrt med et valsematet «Log Max 7000 XT» hogstaggregat (logmax.com). Gravemaskinen er vist i bilde 7.



Bilde 7. Gravemaskin «Volvo FC2121C» utstyrt med et «Log Max 7000 XT» hogstaggregat (foto: Tim-Oliver Wenski)

Det var ingen som gikk med motorsag for å støtte hogsten med gravemaskinen.

Til terrengtransporten av tømmeret ble det brukt en «Rottne SMV Rapid» lassbærer.



Bilde 8. Lassbærer «Rottne SMV Rapid» (foto: Tim-Oliver Wenski)

Beskrivelse av gravemaskinen

«Entreprenør 1» kjøpte gravemaskinen brukt fra Sverige i 2013. Innkjøpspris var ca. NOK 1 000 000. Gravemaskinen brukes til både bygge- og anleggsarbeid og til tømmerhogst.

«Volvo FC2121C» - spesifikasjoner

Basismodell med «Roll over protection system» (ROPS) hytte, standardbom og «hogstaggregat-pakke» med skuff

Produksjonsår 2007

Tabell 3. Teknisk spesifikasjon for «Volvo FC2121C» (volvoce.com).

Operasjonell vekt (uten «hogstaggregat-pakke»)	24,5 tonn
Operasjonell vekt (med «hogstaggregat-pakke»)	ca. 27 tonn
Motorprodusent	Volvo
Motorstyrke	123 kW (167 hk)
Utstyrsmålennjoner l/b/h	9,65x2,73x3,05 m
Beltesko bredde	600 mm
Rekkevidde horisontalt (uten «hogstaggregat-pakke»)	8,08 m

Rekkevidde horisontalt (med «hogstaggregat-pakke»)	ca. 11 m
---	----------

Beskrivelse av hogstaggregatet

Dette aggregatet blir primært brukt til sluttavvirkning.

Den maksimale fellediameteren er 65 cm og den maksimale kvistediameteren er 77 cm (logmax.com).

Hogstaggregatet tilhører «XTreme» serien til Log Max. I denne serien inngår det spesielt kraftige aggregater som ble utviklet til bruk på beltegående basmaskiner (logmax.com).

«Log Max 7000 XT» - spesifikasjoner

Teknisk spesifisering

Tabell 4. Teknisk spesifisering for «Log Max 7000 XT» (logmax.com).

Høyest produktivitet	16 til 50 cm
Vekt (inkl. «V-Stål Export» matervalser)	2080 kg
Sagmotor	30 cm ³
Sverd	75 cm
Max. fellediameter	65 cm
Matehastighet	5,2 m/sec ved en oljeforsyning på 350 l/min
Største matervalseåpning	713 mm
Minste matervalseåpning	13 mm
Antall kvistekniver	4
Største kvistknivsåpning	772 mm
Maximalt trykk	320 bar
Maximal oljeforsyning	350 l/min
Minste anbefalte oljeforsyning ved arbeidsomdreining	250 l/min

«Hogstaggregat-pakken» bestod av hogstaggregatet «Log Max 7000 XT», og en skuff med forlegningsbom («jibb») av ukjent produsent (logmax.com). Skuffen kan brukes til utgravingsarbeid, flytting av steiner og jevning av marken (logset.com). Skuffen kan også

brukes til å dra maskinen oppover i bratt terreng og til å grave vei. Skuffen kan dessuten brukes når det blir nødvendig å gjøre en skarp sving for å skåne skogsmarken eller når en grøft eller bekk skal krysses. Forlengningsbommen øker rekkevidden til kranen med ca. tre meter (logset.com). Det tar ca. 20 sekunder å bytte mellom hogstaggregat og skuffefunksjonen. Dette ble også målt under feltarbeidet. Når skuffen blir brukt eller ved lengre forflytting av maskinen griper hogstaggregatet rundt forlengningsbommen slik at aggregatet ikke gynger. Dette er vist i bilde 9. Forlengningsbommen blir også klappet inn mot stikkeren til gravemaskinen ved forflytting. Dette fører til at gravemaskinen kan forflyttes raskere i terrenget.



Bilde 9. «Log Max 7000 XT» hogstaggregat ved forflytting (foto: Tim-Oliver Wenski)

Arbeidslaget

Arbeidslaget bestod av «entreprenør 1» som fungerte som maskinoperatør på «Volvo» gravemaskinen. Terrengtransporten ble utført av en gravemaskinoperatør med hjelp av «Rottne» lassbæreren.

«Entreprenør 1» tilbyr utføring av tynning og sluttavvirkning. Han har jobbet med gravemaskin i 14 år. Han hadde liten erfaring med motormanuell hogst.

2.2.2 «Kobelco» gravemaskin

Driften med hjelp av denne maskinen ble observert i to omganger. Først tre dager i slutten av februar 2014, der det ble gjort noen videoopptak. Disse dagene ble også brukt som utgangspunkt for å planlegge hvordan det var mest hensiktsmessig å legge opp studien videre og da særlig hvordan en tidsstudie best kunne gjennomføres. To dager i slutten av mars 2014 ble det gjort et målrettet feltarbeid, der det ble gjort tremåling på forhånd og tidsstudie av avvirkning av enkelttrær. Sluttavvirkningen ble gjennomført av «Entreprenør 2».

Beskrivelse av utstyret

I denne studien ble det brukt en mellomstor beltegående gravemaskin. Det dreide seg om en «New Holland Kobelco E70SR» midigraver (nyaasmaskin.no) utstyrt med et stegmatet «Arbro-350 S» hogstaggeregat (anderssskordare.se).



Bilde 10. Gravemaskin «New Holland Kobelco E70SR» utstyrt med et «Arbro-350 S» hogstaggregat (foto: Tim-Oliver Wenski)

Den motormanuelle hogsten ble gjennomført av skogeieren. Gravemaskinoperatøren disponerte i tillegg en motorsag for å kunne felle trær som ikke hogstaggregatet klarte mens den maskinelle avvirkingen foregikk. I tillegg ble motorsagen brukt til å fjerne kvist som var for grove for hogstaggregatet.

For terrengtransporten av tømmeret ble det brukt en «Valtra Valmet 6400» traktor og en «FTG Moheda M101/4WD» tømmervogn (mohedasystem.se (a)).



Bilde 11. «Valtra Valmet 6400» traktor og «FTG Moheda M101/ 4WD» tømmervogn (foto: Tim-Oliver Wenski)

Beskrivelse av gravemaskinen

«Entreprenør 1» kjøpte gravemaskinen ny i 2006 til en pris på NOK 565 000 (nyaasmaskin.no). Gravemaskinen var bare tenkt til graving da den ble kjøpt inn og ble utelukkende brukt til dette formålet fram til november 2012 da det ble montert et «Tapio» hogstaggregat. «Arbro» aggregatet kom først i september 2013.

«New Holland Kobelco E70SR» - spesifikasjoner

Basismodell med «ROPS» hytte, standardbom og «hogstaggregat-pakke» med «vandrefot»

Produksjonsår 2006

Tabell 5. Teknisk spesifikasjon for «New Holland Kobelco E70SR» (mascus.no (c))

Operasjonell vekt (uten «hogstaggregat-pakke»)	7 tonn
Operasjonell vekt (med «hogstaggregat-pakke»)	ca. 7,5 tonn
Motorprodusent	Isuzu
Motorstyrke	41 kW (55 hk)
Utstyrsdimensjoner l/b/h	5,78x2,32x2,6 m
Beltesko bredde	450 mm

Rekkevidde horisontalt (uten «hogstaggregat-pakke»)	6,31 m
Rekkevidde horisontalt (med hogstaggregat-pakke)	ca. 8 m

Kilde: lectura-specs.com

Beskrivelse av hogstaggregatet

«Arbro-350 S» - spesifikasjoner

Tabell 6. Teknisk spesifikasjon for «Arbro-350 S».

Vekt	340 kg
Sagmotor	Volvo 5"
Sverd	16"
Max. fellediameter	45 cm
Antall kvisteknivar	2
Største kvistknivsåpning	40 cm
Maximalt trykk	200 bar
Maximal oljeforsyning	90 l/min
Minste anbefalte oljeforsyning ved arbeidsomdreining	45 l/min

Kilder: blocket.se og andersskordare.se

«Hogstaggregat-pakken» bestod av hogstaggregatet «Arbro-350 S» og en «Kranman J280» forlegningsbom med «vandrefot» (andersskordare.se). Vandrefoten kan brukes til å dra maskinen oppover i bratt terreng. «Vandrefoten» kan dessuten brukes når det blir nødvendig å gjøre en skarp sving for å skåne skogsmarken eller når en grøft eller bekk skal krysses. Forlengningsbommen øker rekkevidden til kranen med ca. 1,5 meter. Det tar ca. 15 sekunder å bytte mellom hogstaggregat og «vandrefotfunksjonen». Dette ble også målt under feltarbeidet. Vekten på «hogstaggregatpakken» er på ca. 450 kg.



Bilde 12. «Arbro-350 S» hogstaggregat (foto: Tim-Oliver Wenski)

«Arbro-350 S» hogstaggregat (stegmater) ble kjøpt i september 2013. Aggregatet ble primært kjøpt til bruk til tynningshogst men åpnet dessuten muligheten for å gjennomføre foryngelseshogst pga. en stor nok fellediameter (anderssskordare.se).

Innkjøpsprisen til aggregatet var på ca. NOK 300 000 inkludert montasje og tilpasning av gravemaskinen og display (personlig informasjon av «entreprenør 2», 14.02.14).

Arbeidslaget

Arbeidslaget bestod av «entreprenør 2» som fungerte som maskinoperatør på «Kobelco» gravemaskinen. Terrengtransporten ble utført av skogeieren med hjelp av traktor og tømmervogn.

Skogeieren leier inn «entreprenør 2» til å utføre tynning og sluttavvirkning på eiendommen sin. Entreprenøren blir betalt per m³. Han hadde kjørt gravemaskin i 34 år og hadde tilsammen ca. 30 000 timer erfaring med gravemaskindrift. Han hadde tilsammen 1 års erfaring med

gravemaskinbasert hogst hvorav et halvt år med «Arbro-350S» aggregatet som ble brukt i studien. I tillegg hadde han over 45 års erfaring med motormanuell hogst.

Skogeieren tok seg først av den motormanuelle hogsten av alle trær med en fellediameter på over 40 cm. Dessuten felte han alle trær uavhengig av fellediameteren som stod utenfor rekkevidden til gravemaskinen. Noen trær ble opparbeidet delvis. I slike tilfeller ble ofte den første sagtømmerstokken (f.eks. 4,5 m) til treet opparbeidet.

2.2.3 Tremåling

Før hogstinnngrepet ble forskjellige bestandsvariabler registrert i et registreringsskjema for tremåling. Følgende variabler ble registrert: «Treets ID-nr.», treslag, brysthøydediameter, barktykkelse, trehøyde og kronehøyde

Dette skjemaet ble brukt i sammenheng med registreringene:

Tabell 7. Registreringsskjema for tremåling.

Treets ID-nr.	Treslag	Brysthøydediameter	Barktykkelse	Trehøyde	Kronehøyde
1					
2					
3					

Alle trær som senere skulle avvirket ble klavet i brysthøyde, som er 1,3 meter over midlere marknivå (Fitje 1989). Dette ble gjort med en toarmet ståklave. For å finne riktig brysthøydediameter ble det brukt en kjepp med en markering på 1,3 meter. Videre ble barktykkelsen målt i brysthøyde med hjelp av en barkmåler. Etterpå ble trærnes høyde målt med hjelp av en forhåndskalibrert «Vertex III» høydemåler. Samtidig med målingen av trehøyden ble også kronehøyden målt. Etter hver enkel tremåling ble treets «ID-nr.» sprayet på treet med hjelp av flammerød spraylakk.

I studien tilknyttet Volvo gravemaskinen ble det registrert 128 trær. I studien tilknyttet Kobelco gravemaskinen ble det registrert 45 trær.

2.2.4 Volumbestemmelse (kubering av enkelttrær)

Etter at tremålingene var gjennomført ble trærnes volum i m³ beregnet med hjelp av norske volumfunksjoner. For gran og furu ble dette gjort i «Excel». Bruk av volumfunksjonene krever kjennskap til diameter i brysthøyde (dbh) og høyde. Nøyaktigheten ved

volumberegningen av furu øker hvis verdier for kronehøyde og dobbelt bark også er tilgjengelige.

Følgende variabler ble satt inn i volumfunksjonene for gran og furu for å finne fram til volum med bark (dm³):

d = diameter (cm) ved 1,3 m over bakken

h = høyden (m) (lengden) av treet over stubben

For furu ble i tillegg følgende variabler satt inn:

k = kronehøyde (cm)

B = dobbelt bark (mm)

For gran ble volumfunksjonene til Vestjordet fra 1967 brukt. For trær mellom 10 og 13 cm ble følgende funksjon brukt:

$$V = -31,57 + 0,0016 dh^2 + 0,0186 h^2 + 0,63 dh - 2,34 h + 3,20 d$$

For trær større enn 13 cm ble følgende funksjon brukt:

$$V = 10,14 + 0,01240 d^2h + 0,03117 dh^2 - 0,36381 h^2 + 0,28578 dh$$

For furu ble volumfunksjonene til Brantseg også fra 1967 brukt. For trær over 10 cm ble følgende funksjon brukt:

$$V = -9,9793 + 0,204787 d^2 + 0,029966 d^2h + 0,003539 d^2k - 0,002918 d^2B$$

(Norsk skoghåndbok 1996)

Volum til bjørk, osp og eik ble bestemt med hjelp av en skogkalkulator for volumberegning av enkelttrær som er tilgjengelig på internettssidene til Skog og landskap. Skogkalkulatoren har trehøyde (meter) og trediameter (cm) som inngangsverdier. Den beregner volum med bark i dm³ som jeg regnet om til m³ etterpå.

Bruk av denne kalkulatoren var ikke mulig for gran og furu i mitt tilfelle, fordi jeg hadde for mange observasjoner for de nevnte treslagene. Kalkulatoren krever at inngangsverdiene blir skrevet inn manuelt for hvert enkelt tre. For bjørk bruker den volumfunksjonen til Braastad fra 1966, for osp bruker den volumfunksjonen til Børset fra 1954 og for eik volumfunksjonen til Hagberg & Martern fra 1975 (skogoglandskap (c)).

2.2.5 Tidsstudie

Tidsstudie

Tidsstudier er et av de viktigste hjelpemidler til måling av det sekundære produksjonsforløpet i skogbruket (Nordisk avtale om Skoglig Arbeidsstudienomenklatur 1978). Tidsstudier deles gjerne inn i tidsregistreringer (kontinuitetsmetoden og nullpunktmetoden) og frekvensregistrering. I denne tidsstudien var det formålstjenlig å gjøre en manuell tidsregistrering etter nullpunktmetoden. Nullpunktmetoden går ut på at «tidsstudieuret nullstilles samtidig som tiden for en deloperasjon avleses. Hver avlesning gir direkte tiden for den enkelte operasjon» (Norsk avtale om Skoglig Arbeidsstudienomenklatur 1978).

I tidsstudien ble det målt effektiv tid (E0). Den effektive tiden er summen av alle tidselementer knyttet til arbeidsprosessen til et objekt, for eksempel, avvirkningsprosessen til et enkelt tre (Samset, 1990). I avvirkningsprosessen er for eksempel de ulike arbeidsfasene «forflytting», «ta bort snø», «felling», «oppkvisting» og «kapping» integrert. Tidselementene kan variere med ulike påvirkende faktorer. For eksempel, forflyttingen mellom trær varierer med avstanden mellom trærne, mens selve fellingene ikke er påvirket av denne avstanden, derimot påvirker tredimensjonen selve fellingene (Samset 1990).

Effektiv tid (E0-time) kalles også virketid. Virketid defineres som «tid som direkte eller indirekte medgår til å forandre arbeidsobjektet i beliggenhet, tilstand eller form. Virketiden kan inndeles i hovedtid og hjelpetid (Norsk avtale om skoglig arbeidsstudienomenklatur 1978).

Tidsstudier er svært arbeidskrevende og foregår over forholdsvis korte tidsrom (Nitteberg & Lileng, 2004). Man kan gjøre tidsstudier på mange av operasjonene i skogen. Det kan gjøres på et overordnet nivå, der man for eksempel konsentrerer seg om driftsstatistikk og ser på for eksempel antall kubikkmeter pr. uke, pr. dag eller pr. time og bruker dette tallet som et produktivitetsmål (se for eksempel Nitteberg & Lileng, 2004, Dale m.fl., 1991), eller man kan gå inn på et detaljnivå og se på de enkelte fasene i avvirkningsprosessen.

Samset (1990) beskriver at man kan studere hvordan den totale effektive tiden på hvert tre (summen av alle tidselementene) varierer med ulike faktorer som påvirker ulike tidselementer. Når man gjør dette er det en fare for at påvirkningen på noen av de mindre arbeidselementene er mindre eller større enn variasjonene i den totale effektive tiden. Hvis det er tilfelle blir ikke påvirkningen på disse mindre tidsarbeidselementene synlige i analysen. En detaljert tidsstudie registrerer tiden for hvert tidselement. Slik vil det også være mulig å

identifisere og synliggjøre større og mindre variasjoner i de mindre arbeidselementene. Dette var utgangspunktet for å gjøre nøyaktige registreringer av de ulike fasene i avvirkningsprosessen, slik at også aggregatenes produktivitet kunne studeres.

Siden hogstflatene var så spesielle, inntil et beite og et nesten ferdig avvirket hogstområde, så jeg det som lite hensiktsmessig å registrere tall på produktiviteten pr. dagsverk i hogstflatene der mye mindre tid gikk med til avvirkning enn ved «normal» drift. Derfor valgte jeg å se på operasjonene knyttet til enkelttrær som var igjen på hogstflatene.

Maskinoperatørene hadde ført egen driftsstatistikk over gjennomsnittlig antall kubikkmeter avvirket per dag over en tidsperiode. Disse tallene var gode nok for å ta med i en mindre økonomisk analyse, som ble inkludert i oppgaven.

Filming av avvirkningsprosessen

Avvirkningen av de forhåndsregistrerte trærne ble filmet med hjelp av to kameraer. Det ene var et håndholdt digital kamera. Dette ble brukt til å filme avvirkningsprosessen fra utsiden. Det andre kameraet var et «Action-kamera». Dette ble montert i gravemaskinens førerhytte. Dette kameraet ble brukt for å filme hogstaggregatet fra nært hold.



Bilde 13. «Action-kamera» montert i Kobelco gravemaskinen (foto: Tim-Oliver Wenski)

Formålet med filmingen var å kunne analysere avvirkningsprosessen på dataskjermen i etterkant. Ved analyseringen ble opptakene fra utsiden og fra innsiden spilt av synkront. Ved forflytting var det viktig å ha opptaket fra utsiden, ved felling og opparbeiding var det viktig å ha opptak fra innsiden, fordi aggregatet ble filmet på nært hold. Ved filming fra utsiden ble «ID-nr.» til det enkelte tre sagt høyt, slik at de ble fanget opp på lydsporet til filmen. Dette var nødvendig fordi lysforholdene tidvis var dårlige og det var vanskelig å se det påskrevne ID-nr. på treet på filmopptakene ved den senere analysen på dataskjermen.

Registrering av filmopptak

Ved analysen av avvirkningsprosessen som var filmet ble det brukt et registreringsskjema. I dette skjemaet ble følgende arbeidsfaser i avvirkningsprosessen registrert:

1. for Volvo: «Treet ID-nr.», «treslag», «forflytting», «kran ut», «felling», «kran inn», «opparbeiding» og «antall stokker»

Tabell 8. Registreringsskjema for tidsstudien (Volvo).

Treets ID-nr.	Treslag	Forflytting	Kran ut	Felling	Kran inn	Opparbeiding	Antall stokker
1							
2							
3							

2. for Kobelco: «Treets ID-nr.», «treslag», «forflytting», «kran ut», «felling», «opparbeiding» og «antall stokker»

Tabell 9. Registreringsskjema for tidsstudien (Kobelco).

Treets ID-nr.	Treslag	Forflytting	Kran ut	Felling	Opparbeiding	Antall stokker
1						
2						
3						

De studerte arbeidsfasene inneholdt det følgende:

1. Forflytting: fra gravemaskinen belter vekk fra det ferdig opparbeidede treet til den kommer fram ved neste tre som skal avvirkes.
2. Kran ut: fra kranen begynner å røre på seg til treet er omgrepet.
3. Felling: fra sagens start til treet treffer bakken.
4. Kran inn: fra treet har truffet bakken til opparbeidingen starter.
5. Opparbeiding: fra matervalsene begynner å gå, til toppen er kappet av

Differensieringen i registreringsskjemaene for driften med de to ulike gravemaskinene ble gjort fordi fasen «kran inn» falt bort hos Kobelco gravemaskinen. Spesielle problemer som forsinket avvirkningsprosessen ble også registrert i skjemaet, som for eksempel dobbeltopp eller at treet hang seg opp ved felling.

2.3 Bearbeiding av datamateriale og analyse

Siden det er gjort lite forskning på gravemaskin med hogstaggregat i Norge var det hensiktsmessig å ha uavhengige variabler som har stor overføringsverdi til andre typer skog i Norge. De uavhengige variablene er brysthøydediameter og trehøyde.

De avhengige variablene er de ulike fasene i avvirkningsprosessen: «Forflytting», «kran ut», «felling», «kran inn» og «opparbeiding». Registreringene fra registreringsskjemaene ble etterpå overført til «Excel» for videre analyse.

Trevolumet ble beregnet ved hjelp av volumfunksjoner og «skogkalkulatoren» som ligger under skogbruksfanen på internettsidene til Skog og landskap.

Det ble laget x – y diagrammer som viste produktiviteten ($m^3 / E0\text{-time}$).

Produktiviteten ble også studert i avhengighet av brysthøydediameter og trehøyde for å studere hvordan det enkelte treets diameter og høyde påvirker produktiviteten til maskinene.

Ved hjelp av regresjonsanalyse fant jeg ut hvilken sammenheng det er mellom variablene mine. Jeg gjorde for det første enkle lineære regresjonsanalyser for å studere hvordan de uavhengige variablene (x-akse) brysthøydediameter og trehøyde påvirker den avhengige variabelen (y-akse) produktiviteten ($m^3 / E0\text{-time}$) ved sluttavvirkning utført av to ulike gravemaskiner med hogstaggregat. Jeg ville se i hvilken grad produktiviteten kunne forklares med en lineær sammenheng med brysthøyde og trehøyde (Løvås 2004).

Med enkel lineær regresjon kan jeg predikere verdier også for brysthøydediameter og trehøyder jeg ikke har så mange observasjoner på. Jeg kan si noe om hvilken produktivitet jeg kan forvente ved f.eks. en bestemt brysthøydediameter.

Det ble utført korrelasjonsanalyser der R^2 ble bestemt. R^2 uttrykker hvor mye av variasjonen som forklares med en lineær sammenheng i prosent (Løvås 2004).

2.4 Økonomisk analyse av de to driftene

I den siste delen av presentasjonen av resultatene har jeg vist en økonomisk beregning for hver av gravemaskinene og for en gjennomsnittlig hjulgående hogstmaskin. I analysen så jeg på forholdet mellom produktivitet og lønnsomhet. Det har ikke vært et mål at beregningene skal overensstemme hundre prosent med virkeligheten. Målet har vært å kunne sammenligne driften med de enkelte maskinene for videre å kunne vurdere om beltegående gravemaskiner utstyrt med hogstaggregat kan være et alternativ til hjulgående hogstmaskiner. Tall for

produktiviteten og for de faste- og variable kostnadene til en gjennomsnittlig hjulgående hogstmaskinen har jeg hentet fra «Prosjektrapport Klimatre» fra 2013 til «Skog og landskap». Denne rapporten tar bl.a. for seg energiforbruk og «verdiskaping i operasjoner som inngår i forsyningskjeden fra skog til industri» (Vennesland m. fl. 2013). Siden entreprenør 1 og 2 ikke hadde nøyaktig oversikt over alle kostnadene tilknyttet gravemaskinene har jeg også supplert med kostnadstall fra samme prosjektrapport for å kunne gjøre mest mulig realistiske beregninger for gravemaskinene.

Jeg begynte den økonomiske analysen for hver av de tre maskinene med en beregning av avskrivningene. Gravemaskinene og hogstmaskinen er anleggsmidler. De utgjør grunnlaget for virksomhetens verdiskaping over flere år (Hoff 2009). I mitt eksempel satte jeg maskinenes økonomiske levetid til seks år. I løpet av denne tiden er maskinene utsatt for slitasje, og taper derfor verdi. Dette forbruket over tid utgjør avskrivninger.

Kostnadene forbundet med maskinenes anskaffelse skal ikke belastes på tidspunktet for innkjøpet av maskinene, de skal belastes over en rekke år (Hoff 2009). Derfor må avskrivningene for hvert år beregnes som «årets avskrivning».

For å beregne avskrivningene til gravemaskinene brukte jeg «saldometoden» som er en form for degressive avskrivninger. Degressive avskrivninger innebærer at avskrivningenes årlige størrelse blir redusert hvert år (Hoff 2009). Jeg valgte degressive avskrivninger fordi entreprenørene da får de største kostnadmessige belastningene samtidig som verdifallet på maskinene er størst. Dette er tilfellet i de første årene etter maskinenes anskaffelse. Disse større kostnadmessige belastningene i de første årene fører til at bedriftens resultat (dekningsbidrag minus faste kostnader) blir lavere og dette fører igjen til en mindre skattemessig belastning de første årene. Når den skattemessige belastningen er redusert de første årene blir det lettere for entreprenørene å betale renter og avdrag på lånet som ble tatt opp da maskinene ble kjøpt inn. Dette er gunstig siden nedbetalingen på lånet ved bruk av serielån er størst når låneperioden begynner (Hoff 2009).

Saldometoden som jeg brukte i beregningene av avskrivningene innebærer en årlig avskrivning som tilsvarer en konstant prosent av maskinenes verdi (Hoff 2009). I beregningene satte jeg denne prosenten til 20. I sammenhengen med beregningene beregnet jeg «uavskrevet restverdi ved årets begynnelse», «årets avskrivning» og «uavskrevet restverdi ved årets slutt» (Hoff 2009).

Etter at avskrivningene var beregnet var det mulig å kalkulere banklånet. Som lånetype valgte jeg serielån. Denne lånetypen innebærer at det betales samme avdrag hvert år.

Rentebelastningen blir derimot redusert hvert år. Jeg beregnet «renter», «avdrag» og «restgjeld» for hvert av årene i låneperioden som var satt til seks år. Dessuten beregnet jeg «terminbeløpet» som er sammensatt av «renter» og «avdrag» (Larsen 2008). Til slutt kunne jeg addere alle terminbeløpene for å finne fram til den totale kostnadsbelastningen for entreprenørene som står i sammenheng med kjøpet av maskinen.

Etter beregningen av banklånet ble driftskostnadene (bedriftens totale kostnader) beregnet. I denne sammenhengen ble kostnadstall fra «Prosjektrapport klimatre» brukt (Vennesland 2013). Driftskostnadene er satt sammen av de faste- og variable kostnader ved skogsdriften (Larsen 2008). De faste kostnadene er uavhengige av hvor mange trær som hogges og påløper hver eneste dag (Hoff 2009). I mine beregninger av driftskostnadene ble det tatt hensyn til følgende faste kostnader: Banklån, forsikringskostnader og lønnskostnader.

Variable kostnader er avhengige av hvor mange trær som hogges (Hoff 2009). I regneeksemplene mine ble det brukt de følgende variable kostnadene: Intervallservicer, reparasjonskostnader, kostnader for girolje, hydraulikkolje, motorolje, drivstoff, sverd og kjeder.

Jeg har etterpå beregnet hvor mye entreprenørene må minimum ta betalt per arbeidstime for å dekke driftskostnadene sine inkludert lønn.

Videre har jeg brukt produktivitetstall som entreprenørene har oppgitt fra driftsstatistikken de hadde ført selv. For «Entreprenør 1» brukte jeg 8 m³ per arbeidstime og for «Entreprenør 2» brukte jeg 2,8 m³ per arbeidstime. For den hjulgående hogstmaskinen brukte jeg 17 m³ per arbeidstime. Dette tallet er fra «Prosjektrapport klimatre» (Vennesland m.fl. 2013).

Arbeidsdagen ble satt til å være i 7,5 timer. Jeg kunne ikke bruke produktivitetstallene som jeg hadde funnet fram til i tidsstudiene siden disse ikke inkluderte tapstidene og dermed ga et urealistisk høyt tall for produktiveten.

Med hjelp av driftskostnadene og antall timer i maskinenes økonomiske levetid var det mulig å beregne timeprisen som entreprenørene minimum må få betalt for å dekke driftskostnadene sine. Antall timer i den økonomiske levetiden ble satt til 10 000 i beregningene.

Til slutt var det mulig å beregne minimumskravet til inntjening per kubikkmeter entreprenørene må ha for å dekke driftskostnadene (inkl. lønn). Dette ble gjort ved å dele minimums timespris med tallet for produktiviteten.

Etter at beregningene var gjennomført kunne minimumskravet til inntjening per kubikkmeter for de enkelte maskinene sammenliknes med minimumskrav til inntjening per kubikkmeter beregnet for Aust-Agder fylke og med gjennomsnittsprisen for hele landet.

Avsluttende ble også «kalkulatoren for mekanisert hogst» til Skog og landskap brukt for å beregne forventet produktivitet ($\text{m}^3/\text{E0-time}$) og forventede kostnader (kr/m^3) som er knyttet til begge hogstområdene ved avvirkning med hjelp av en hjulgående hogstmaskin. Denne kalkulatoren er tilgjengelig via internettsidene til Skog og landskap. Kalkulatoren har timepris ($\text{kr}/\text{E0-time}$), trestørrelse (liter) og prosentandelen av arbeidsdagen som er uproduktiv som inngangsverdier (skogoglandskap.no (b)).

Timespris for hogstmaskinene ble satt til kr 601 for Østerholtheia og 538 for Gampmyra som tilsvarte timesprisene ved hogst med de beltegående gravemaskinene for å sammenligne gravemaskinen med en hjulgående hogstmaskin. Trestørrelse ble satt til 770 liter for Østerholtheia og 300 liter for Gampmyra.

Andel uproduktiv tid ble valgt til å utgjøre 1 % for begge hogstområdene. Dette tallet ble valgt fordi jeg ville være i stand til å sammenligne avvirkningen med hjulgående hogstmaskiner med avvirkning med gravemaskinene som jeg har studert selv. I mine observasjoner for gravemaskinene ble det ikke tatt hensyn til tapstider. Tallet et ble valgt, fordi kalkulatoren ikke aksepterer 0 som inngangsverdi.

3. Resultater

Resultatene fra oppgavens fire delprosjekter presenteres hver for seg i denne delen av oppgaven. Først presenteres deskriptiv statistikk for analysene som er gjort, så presenteres resultatene for gravemaskinenes produktivitet for hele avvirkningsprosessen sett under ett, og resultatene for hogstaggregatenes produktivitet for felling og opparbeiding. Til slutt presenteres resultatene fra en økonomisk analyse for å beregne minimum krav til inntjening pr m^3 for gravemaskinentreprenørene.

3.1 Deskriptiv statistikk

Under vises tremålingen og tidsstudiene som deskriptiv statistikk. Her er det tatt med minimumsverdi, maksimumsverdi, gjennomsnittsverdi og standardavvik for hver variabel.

3.1.1 Bestandsdata

I tabellene for bestandsdata er det tatt med høyde, brysthøydediameter (dbh), trevolum med bark, antall stokker per tre og produktivitet.

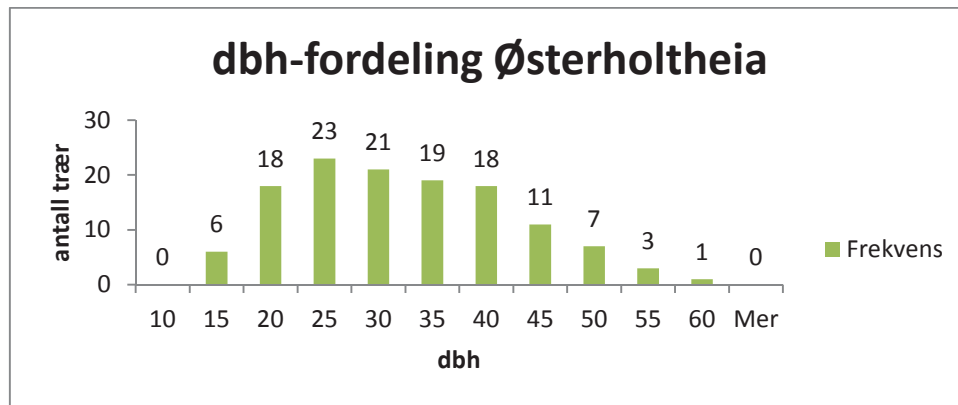
Tabell 10. Deskriptiv statistikk for tremåling (Østerholtheia/ Volvo).

	min.	maks.	gjennomsnitt	standardavvik
høyde (m)	8,60	28,10	20,40	4,85
dbh (cm)	13,40	56,00	29,75	10,12
trevolum med bark (m³)	0,08	2,67	0,77	0,57
antall stokker per tre	1	6	3	1,08
produktivitet (m³/ E0-time)	8,45	82,20	30,99	15,77

Tabell 11. Deskriptiv statistikk for tremåling (Gampmyra/ Kobelco).

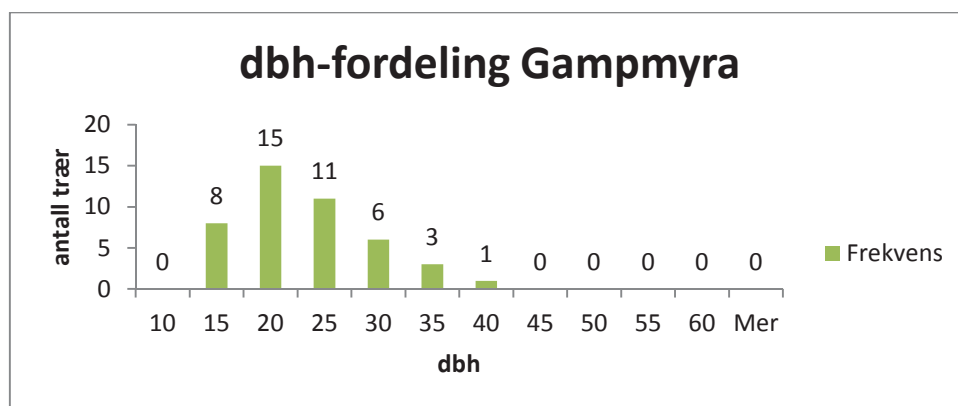
	min.	maks.	gjennomsnitt	standardavvik
høyde (m)	8,20	19,50	13,24	3,16
dbh (cm)	11,90	38,00	21,18	6,63
trevolum med bark (m³)	0,06	1,13	0,30	0,25
antall stokker per tre	1	4	2	0,79
produktivitet (m³/ E0-time)	1,97	28,87	8,92	5,84

Gjennomsnittsverdiene er jevnt over større for trærne som ble felt på Østerholtheia, sammenlignet med trærne som ble felt i Gampmyra. Gjennomsnittlig trehøyde i bestandet på Østerholtheia var på 20 meter. I Gampmyra var det 13 meter. Gjennomsnittlig brysthøydediamter på Østerholtheia var på 30 cm. I Gampmyra var det 21 cm. Gjennomsnittlig trevolum på Østerholtheia var på 0,8 kubikkmeter. I Gampmyra var det 0,3 kubikkmeter. Gjennomsnittlig antall stokker per tre på Østerholtheia var 3. I Gampmyra var det 2 stokker per tre. Gjennomsnittlig produktivitet på Østerholtheia var på 31 kubikkmeter per E0-time. I Gampmyra var det 9 kubikkmeter per E0-time.



Figur 1. Brysthøydiameterfordeling på Østerholtheia / Volvo.

Histogrammet viser brysthøydiameterfordelingen på Østerholtheia. Brysthøydiameterne gikk fra 13,4 cm til 56 cm. De fleste trær befant seg i intervallet mellom 20 og 25 cm hvor frekvensen var på 23 trær. Brysthøydiameterfordelingen var tilnærmet normalfordelt.

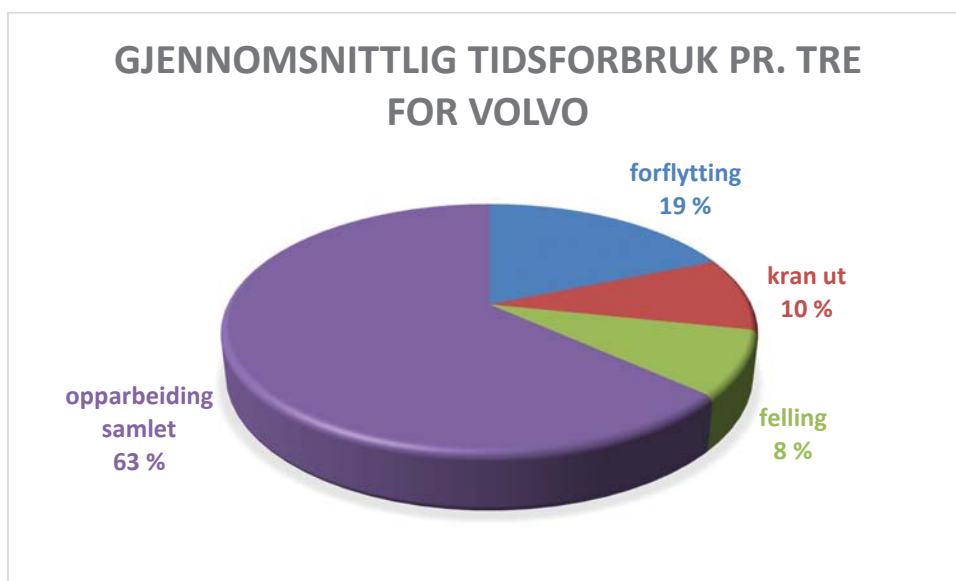


Figur 2. Brysthøydiameterfordeling på Gampmyra / Kobelco.

Histogrammet viser brysthøydiameterfordelingen i Gampmyra. Brysthøydiameterne gikk fra 11,9 cm til 38 cm. De fleste trær befant seg i intervallet mellom 15 og 20 cm hvor frekvensen var på 15 trær. Brysthøydiameterfordelingen var også her tilnærmet normalfordelt.

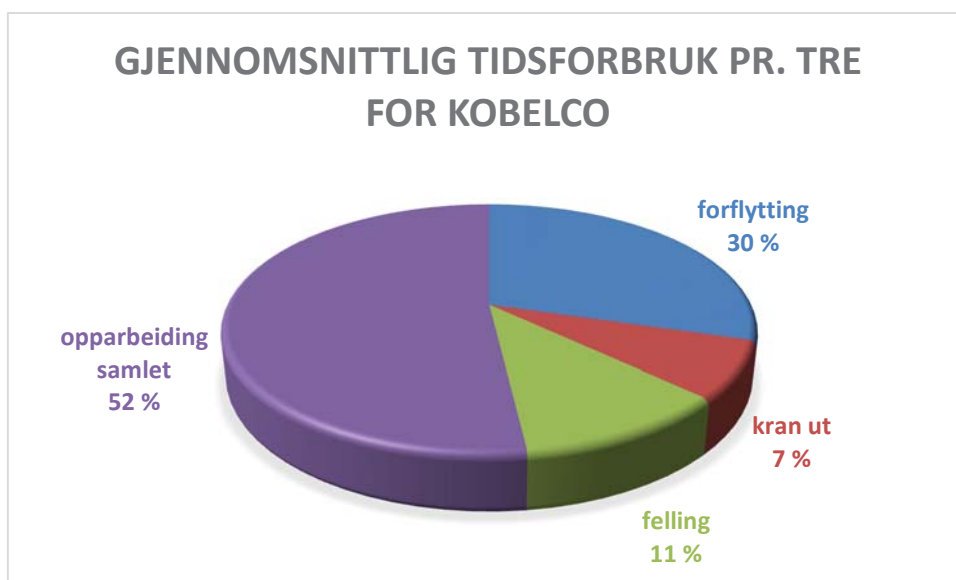
3.1.2 Tidsstudie

I tidsstudien ble tidsforbruket pr. tre registrert for senere å kunne beregne produktiviteten ($\text{m}^3/\text{E0-time}$). Fasene «forflytting», «kran ut», «felling», «kran inn» og «opparbeiding» er tatt med. Dessuten ble «opparbeiding samlet» («kran inn» og «opparbeiding») for Volvo gravemaskinen beregnet. Videre ble antall stokker per tre registrert.



Figur 3. Gjennomsnittlig tidsforbruk pr. tre for Volvo i prosent.

I figur 3 er gjennomsnittlig tidsforbruk per tre for Volvo gravemaskinen i prosent av den samlede tiden visualisert. Det kommer tydelig fram at kategorien «opparbeiding samlet» med 63 % av samlet tidsforbruk utgjorde den største andelen. Felling tok minst tid. Det utgjorde bare 8 % av den samlede tiden.



Figur 4. Gjennomsnittlig tidsforbruk pr. tre for Kobelco i prosent.

I figur 4 er gjennomsnittlig tidsforbruk per tre for Kobelco gravemaskinen vist i prosent av den samlede tiden. Det kommer tydelig fram at kategorien «opparbeiding samlet» med 52 % av samlet tidsforbruk, akkurat som hos Volvo gravemaskinen, utgjorde den største andelen.

Fasen «kran ut» var den fasen som tok minst tid for Kobelco gravemaskinen. Den tok bare 7 % av den samlede tiden.

Tabell 12. Deskriptiv statistikk for tidsstudien målt i sekunder pr. tre (Volvo på Østerholtheia).

	min.	maks.	gjennomsnit t	standardavvi k
forflytting (sekunder)	0,00	93,00	15,78	16,76
kran ut (sekunder)	0,00	36,00	8,05	4,34
felling (sekunder)	2,00	31,00	7,10	4,42
kran inn (sekunder)	0,00	57,00	4,69	6,74
opparbeiding (sekunder)	8,00	151,00	48,62	31,32
opparbeiding samlet (sekunder)	10,00	179,00	53,30	34,26
antall stokker	1	6	3	1,08
samlet tidsforbruk (sekunder)	25,00	196,00	84,24	43,07
tidsforbruk uten forflytting (sekunder)	17,00	192,00	68,46	36,59
produktivitet (m ³ / E0-time)	8,45	82,20	30,99	15,77

Tabell 13. Deskriptiv statistikk for tidsstudien målt i sekunder pr. tre (Kobelco i Gampmyra).

	min.	maks.	gjennomsnit t	standardavvi k
forflytting (sekunder)	0,00	307,00	37,49	50,69
kran ut (sekunder)	0,00	22,00	9,44	4,48
felling (sekunder)	4,00	117,00	14,07	23,15
opparbeiding samlet (sekunder)	16,00	208,00	65,80	45,64
antall stokker	1	4	2	0,79
samlet tidsforbruk (sekunder)	37,00	481,00	126,80	87,25
tidsforbruk uten forflytting (sekunder)	29,00	335,00	89,31	65,08
produktivitet (m ³ / E0-time)	1,97	28,87	8,92	5,84

Gjennomsnittlig produktivitet for entreprenør 1 (Volvo) var på 31 m³ per E0-time.

Gjennomsnittlig produktivitet for entreprenør 2 (Kobelco) var 9 m³ per E0-time.

Gjennomsnittlig tidsforbruk per tre var 84 sekunder for entreprenør 1. For entreprenør 2 var det 127 sekunder. Entreprenør 1 brukte gjennomsnittlig 53 sekunder per tre på «opparbeiding samlet». Entreprenør 2 brukte gjennomsnittlig 65,80 sekunder per tre i denne kategorien.

Tabell 14. Tapstider, faktorer som førte til at det samlede tidsforbruket per tre for Volvo gravemaskinen økte.

Forflytting	Felling	Opparbeiding
maskinen gikk over en bekk	ståltråd i treet, måtte ta det lengre opp	treet knakk i to
tok et mindre tre først	fikk ikke skjært helt gjennom treet med en gang	dobbelttopp
tok to små trær først	treet hang seg opp ved felling	«trippeltopp»
skjærte av stubben		skjærte bort råte
		grove kvist

I tabell 14 er faktorene oppført som forsinket avvirkningen på Østerholtheia sortert etter de enkelte fasene i avvirkningsprosessen. Det oppstod forsinkelser i fasene forflytting, felling og opparbeiding.

Tabell 15. Faktorer som førte til at det samlede tidsforbruket per tre for Volvo gravemaskinen ble redusert.

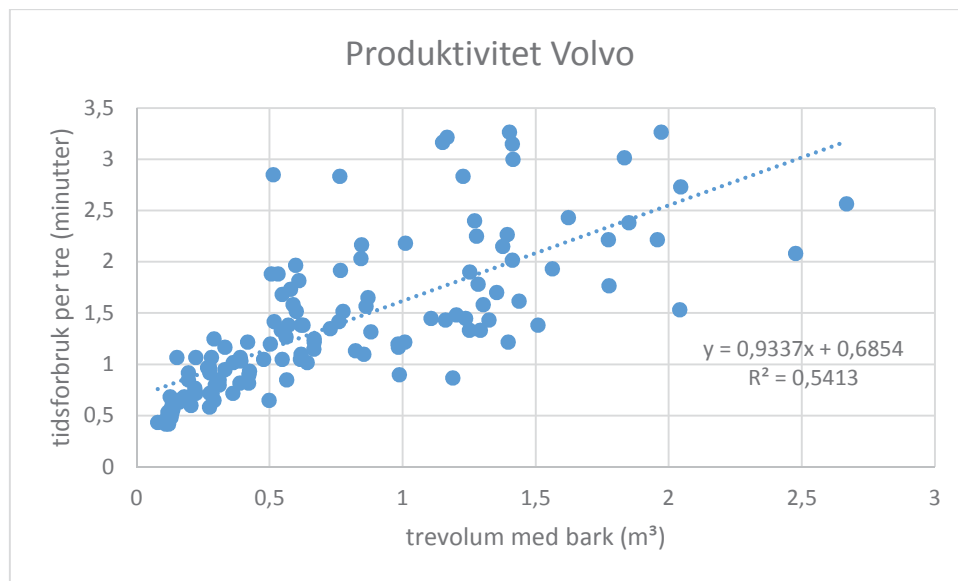
Forflytting	Felling	Opparbeiding
		ståltråd i treet, måtte ta det lengre opp
		toppen brakk av ved felling

I tabell 15 er faktorene oppført som påskyndte avvirkningen på Østerholtheia sortert etter de enkelte fasene i avvirkningsprosessen. Avvirkningshastigheten ble bare økt i opparbeidingsfasen.

3.2 Avvirkningsproduktivitet til gravemaskinene

I denne delen av oppgaven har jeg sett på produktiviteten til hver av maskinene i forhold til hele avvirkningsprosessen. Avhengig variabel er samlet tidsforbruk per tre i minutter.

3.2.1 Produktivitet

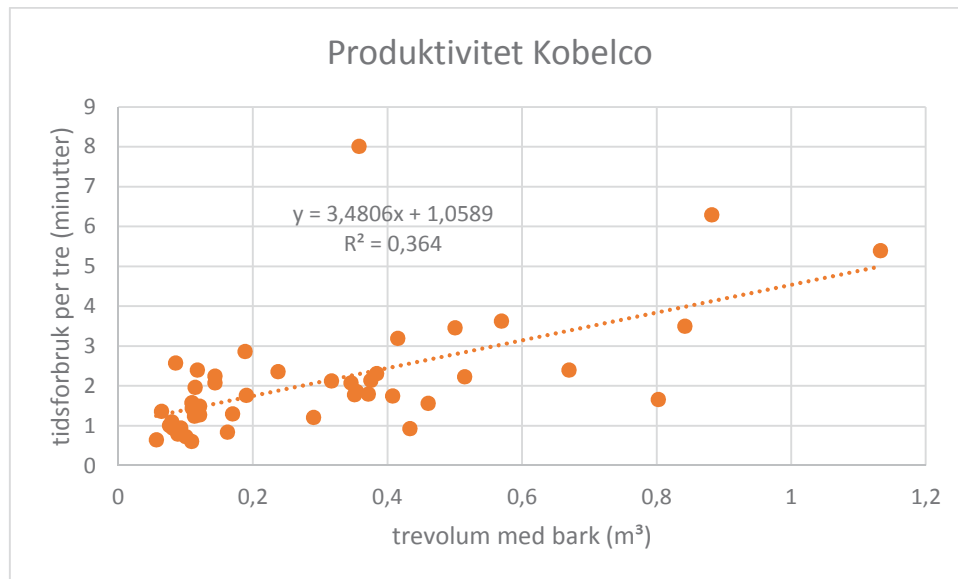


Figur 3. Produktivitet for Volvo, tidsforbruk (minutter / tre) i forhold til trevolum (m³).

Grafen viser tidsforbruket per tre (minutter) i avhengighet av trevolumet med bark (m³) for Volvo gravemaskinen.

Regresjonslinjen viser at tidsforbruket øker med økende trevolum. Jo større trevolumet er, desto større er tidsforbruket. Stigningstallet på regresjonslinjen er på 0,93. Det blir tydelig at sammenhengen mellom tidsforbruk og trevolum er sterkest ved lav trevolum. Med økende trevolum begynner tidsforbruket å variere kraftig mellom de enkelte trærne. I grafen ser man tydelig den store spredningen blant de grove trærne.

R^2 er på 0,54. Dette betyr at 54 % av variasjonen i tidsforbruk forklares ved en lineær sammenheng med trevolum (Løvås 2004).



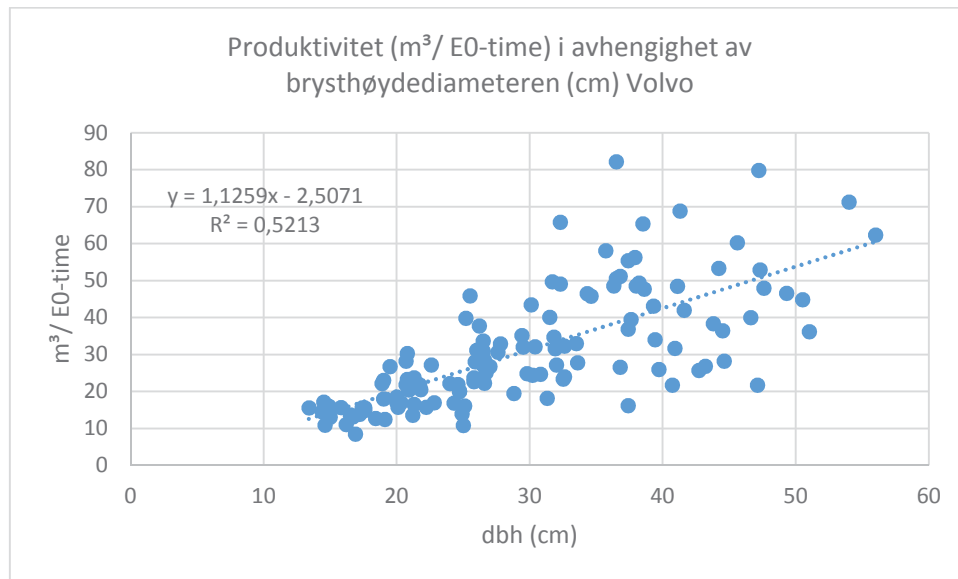
Figur 4. Produktivitet for Kobelco, tidsforbruk (minutter /tre) i forhold til trevolum (m³).

Grafen viser tidsforbruket per tre (minutter) i avhengighet av trevolumet med bark (m³) for Kobelco gravemaskinen.

Regresjonslinjen viser akkurat som hos Volvo gravemaskinen at tidsforbruket øker med økende trevolum. Jo større trevolumet er, desto større er tidsforbruket. Stigningstallet på regresjonslinjen er på 3,48. Det blir også i dette tilfellet tydelig at sammenhengen mellom tidsforbruk og trevolum er sterkest ved lav trevolum. Med økende trevolum begynner tidsforbruket å variere kraftig.

R^2 er på 0,36. Dette betyr at 36 % av variasjonen i tidsforbruk kan forklares ved en lineær sammenheng med trevolum (Løvås 2004).

3.2.2 Brysthøydiameter



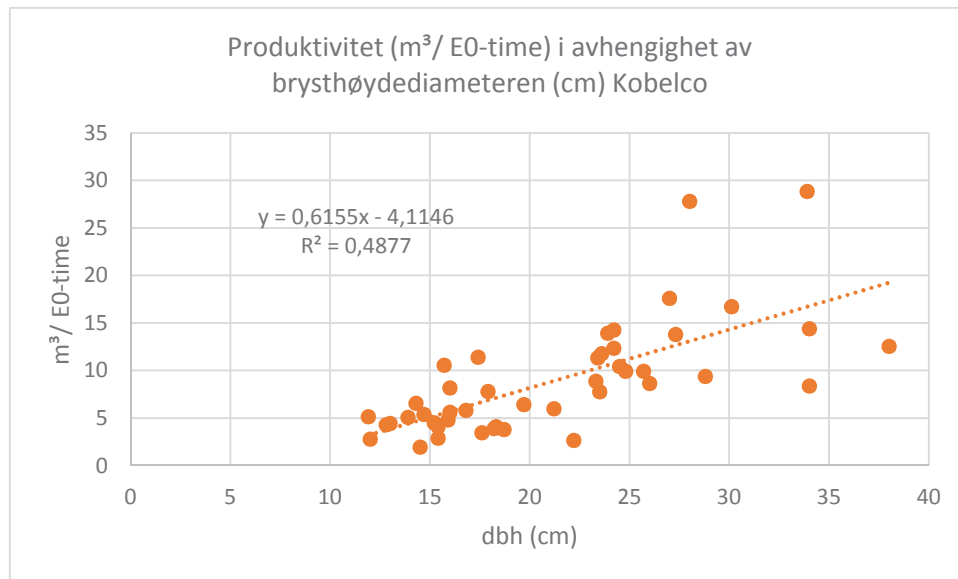
Figur 5. Produktivitet i avhengighet av brysthøydiameteren for Volvo.

Grafen viser produktiviteten (m³/ E0-time) i avhengighet av brysthøydiameteren (cm) for Volvo gravemaskinen.

Regresjonslinjen viser at produktiviteten øker med økende brysthøydiameter. Jo større brysthøydiameteren er, desto større er produktiviteten. Stigningstallet på regresjonslinjen er på 1,13.

Spredningen i produktivitet er minst ved avvirkning av trær med liten brysthøydiameter. Spredningen i produktiviteten er størst ved avvirkning av trær med stor brysthøydiameter.

R^2 er på 0,52. Dette betyr at 52 % av variasjonen i produktivitet forklares ved en lineær sammenheng med brysthøydiameter (Løvås 2004).



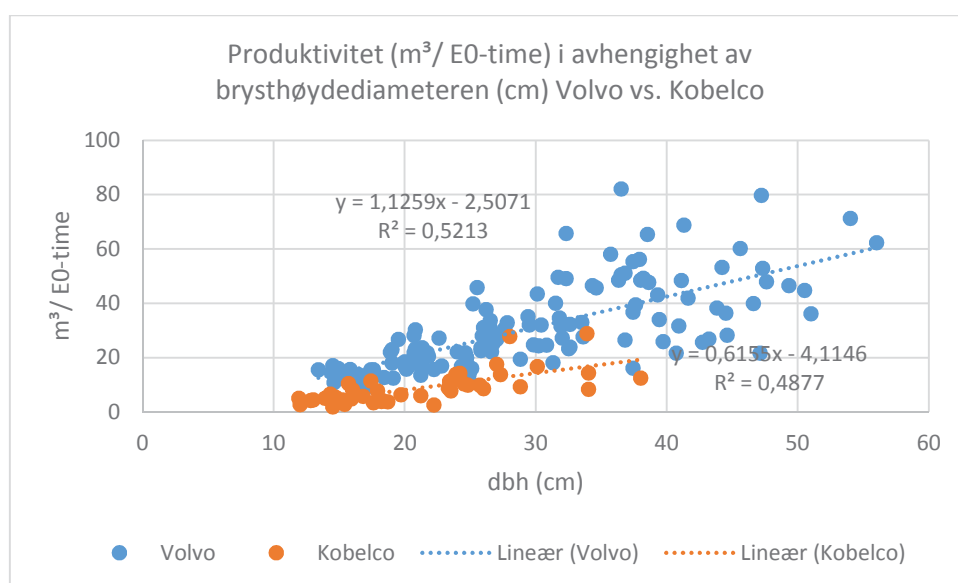
Figur 6. Produktivitet i avhengighet av brysthøydiameteren for Kobelco.

Grafen viser produktiviteten (m³/E0-time) i avhengighet av brysthøydiameteren (cm) for Kobelco gravemaskinen.

Regresjonslinjen viser at produktiviteten øker med økende brysthøydiameter. Jo grovere trærne er, jo større er produktiviteten. Stigningstallet på regresjonslinjen er på 0,62.

Spredningen i produktivitet er minst ved avvirkning av trær med liten brysthøydiameter. Spredningen i produktivitet er størst ved avvirkning av tykke trær.

R^2 er på 0,49. Dette betyr at 49 % av variasjonen i produktivitet forklares ved en lineær sammenheng med brysthøydiameter (Løvås 2004).

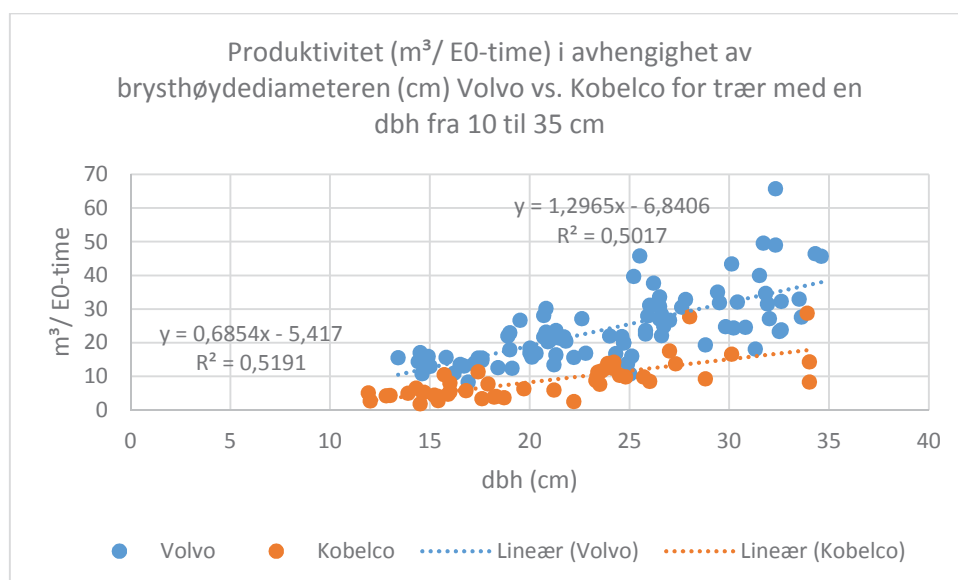


Figur 7. Produktivitet (m³/ E0-time) i avhengighet av brysthøydiameteren (cm) Volvo vs. Kobelco.

Grafen i figur 17 viser produktiviteten i avhengighet av brysthøydiameteren for begge gravemaskinene.

I denne grafen er det også tydeligere at økningen i produktivitet i avhengighet av brysthøydiameter er mye høyere for driften med Volvo gravemaskinen, enn for driften med Kobelco gravemaskinen. I denne grafen kommer det tydeligere fram at Volvo gravemaskinen har felt veldig grove trær, opptil en brysthøydiameter på 56 cm. Kobelco gravemaskinen har prøvd å felle trær opp til en brysthøydiameter på 38 cm.

Maskinoperatøren for Kobelco gravemaskinen, «Entreprenør 2», fortalte også at han ikke kunne felle trær med en større fellediameter enn 40 cm. Aggregatets produsent oppgir en fellediameter på 45 cm.

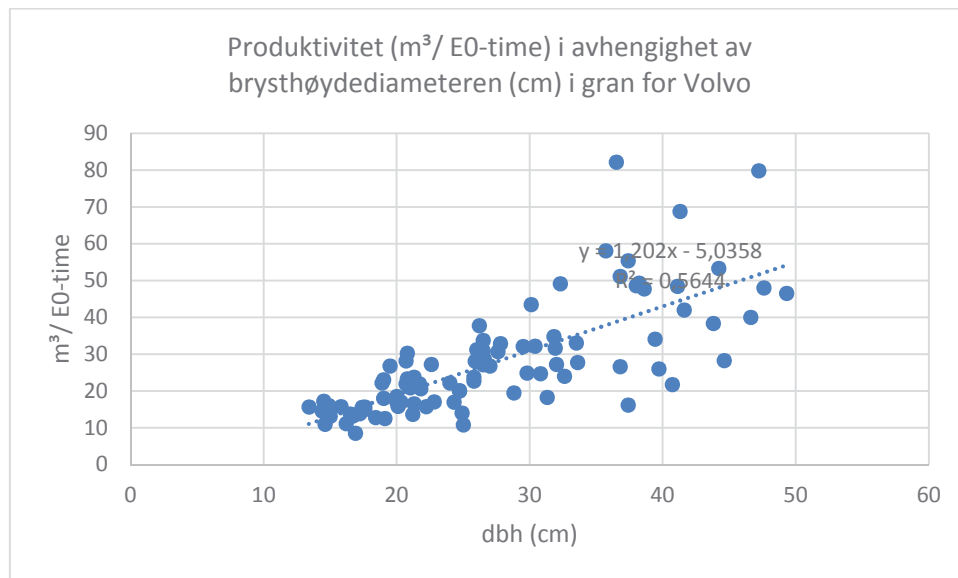


Figur 8. Produktivitet (m³/ E0-time) i avhengighet av brysthøydiameteren (cm) Volvo vs. Kobelco for trær med en dbh fra 10 til 35 cm.

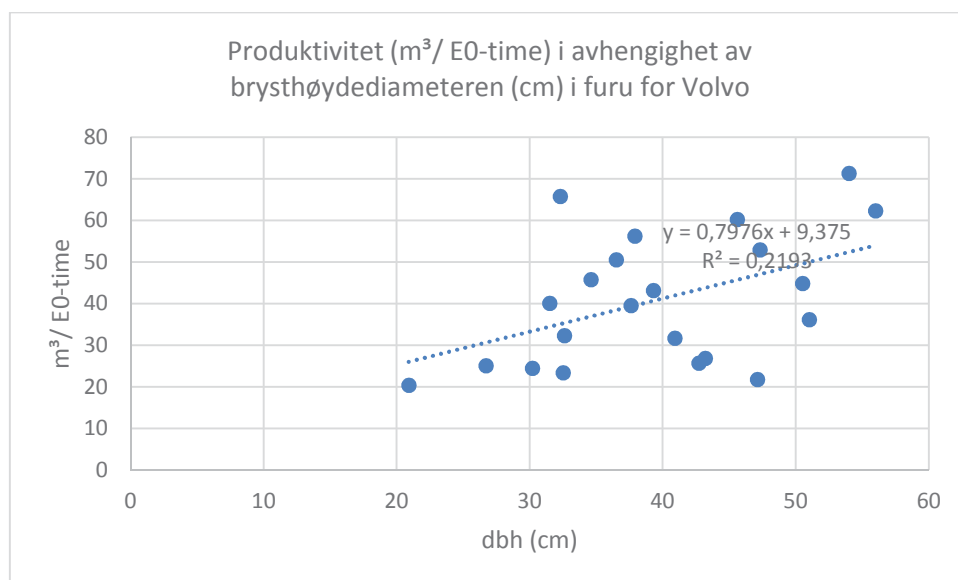
I figur 8 er kun avvirkningen av trær i spekteret 10 – 35 cm i brysthøydiameter for begge maskiner vist. Dette ble gjort for å gjøre maskinene bedre sammenlignbare. Regresjonslinjene til begge maskinene forløper nesten parallelt, men økningen i produktivitet i avhengighet av brysthøydiameter er større for Volvo gravemaskinen sammenlignet med Kobelco gravemaskinen. Regresjonslinjen til Volvo gravemaskinen ligger et godt stykke over regresjonslinjen til Kobelco gravemaskinen. Dette betyr at produktiviteten til Volvo gravemaskinen er større også i det utvalgte spekteret. I dette spekteret er spredningen mindre enn ved avvirkning av trær med større brysthøydiameter.

Stigningstallet på regresjonslinjen for Volvo gravemaskinen er på 1,3, og for Kobelco gravemaskinen på 0,7. Dette utgjør en forskjell på 0,6.

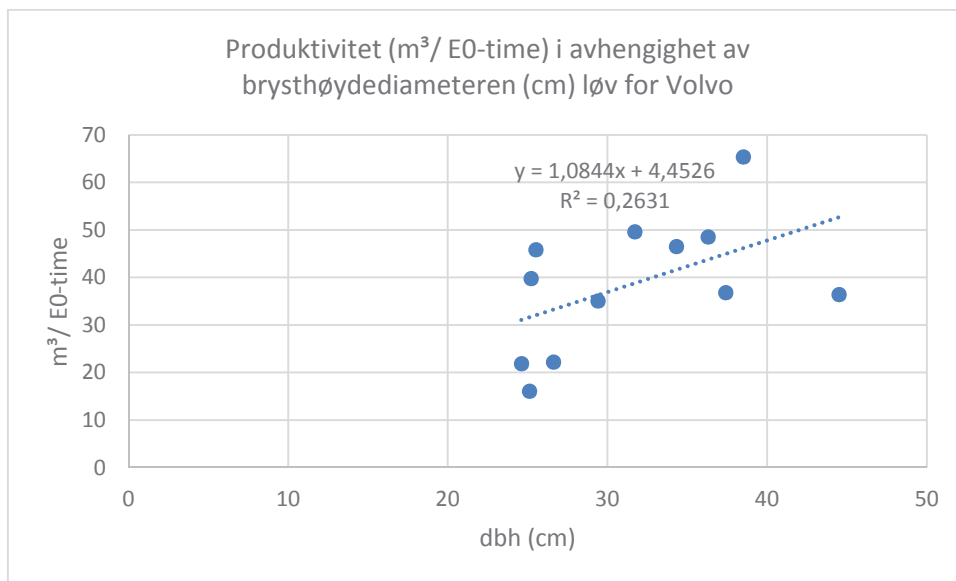
3.2.3 Brysthøydiameter kontrollert for treslag



Figur 9. Produktivitet ($\text{m}^3/\text{E0-time}$) i avhengighet av brysthøydiameteren (cm) i gran for Volvo.



Figur 10. Produktivitet ($\text{m}^3/\text{E0-time}$) i avhengighet av brysthøydiameteren (cm) i furu for Volvo.

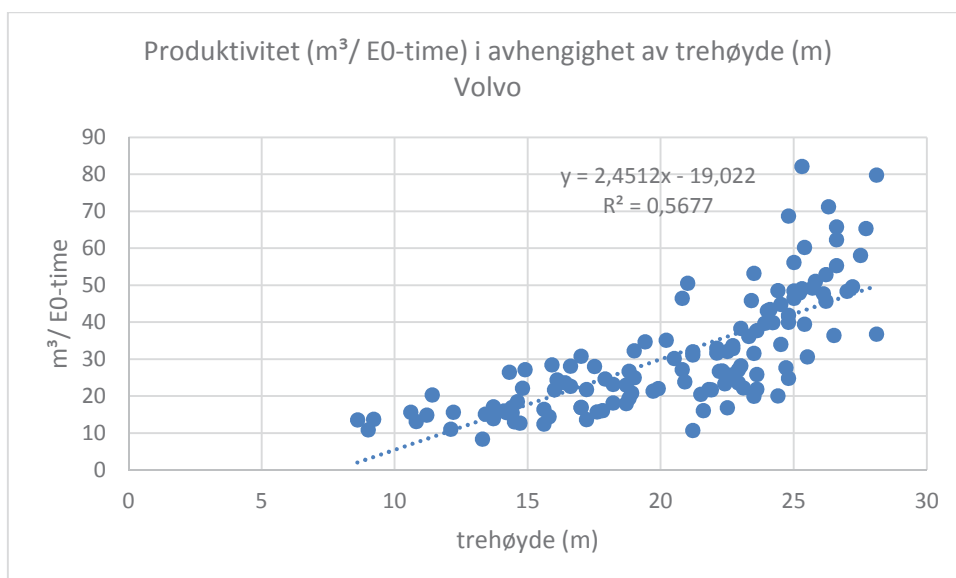


Figur 11. Produktivitet (m³/ E0-time) i avhengighet av brysthøydiameteren (cm) i løv for Volvo. Analysen av produktiviteten i avhengighet av brysthøydiameteren for gran viser et nokså likt bilde som for alle treslag samlet. Produktiviteten øker med økende brysthøydiameter. Spredningen i produktivitet er stor for trær med stor brysthøydiameter. Produktiviteten i avhengighet av brysthøye for furu og løv gir et mer tilfeldig bilde med stor spredning på trær med ulike brysthøydiameter.

R^2 for gran er på 0,56, R^2 for furu er på 0,22 og R^2 for løv er på 0,26. Det er få observasjoner på furu- og løvtrær. Dette kan være en medvirkende årsak til lav R^2 .

(Analyser av kontroll for treslag ble ikke gjort på driften med Kobelco gravemaskinen grunn av få observasjoner).

3.2.4 Trehøyde

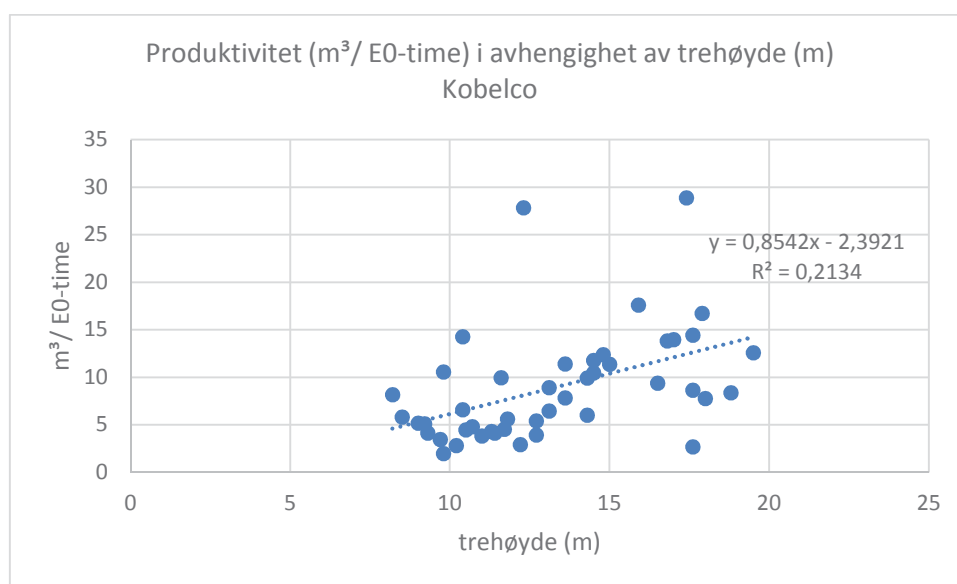


Figur 12. Produktivitet ($\text{m}^3/\text{E0-time}$) i avhengighet av trehøyde (m) Volvo.

Regresjonslinjen viser at produktiviteten ved drift med Volvo gravemaskinen øker med økende trehøyde. Jo større trehøyde, desto større er produktiviteten. Stigningstallet på regresjonslinjen er på 2,45.

På trær opp til ca 20 meter er det lav spredning. Ved felling av høye trær er det stor spredning i produktivitet. For eksempel ved felling av trær på ca 25 meter varierer produktiviteten fra ca $20 \text{ m}^3/\text{E0-time}$ til ca $80 \text{ m}^3/\text{E0-time}$.

R^2 er på 0,57. Dette betyr at 57 % av variasjonen i produktiviteten forklares ved en lineær sammenheng med trehøyde (Løvås 2004).



Figur 13. Produktivitet ($\text{m}^3/\text{E0-time}$) i avhengighet av trehøyde (m) Kobelco.

Regresjonslinjen viser at produktiviteten ved drift med Kobelco gravemaskinen øker med økende trehøyde. Jo større trehøyde, desto større er produktiviteten. Stigningstallet på regresjonslinjen er på 0,85. Til forskjell fra Volvo gravemaskinen, er det i denne analysen ikke så stor forskjell i spredning på små og store trær. For avvirkning av trær på ca 10 meter varierte produktiviteten knyttet til denne maskinen med $2 \text{ m}^3/\text{E0-time}$ – $15 \text{ m}^3/\text{E0-time}$.

R^2 er på 0,21. Dette betyr at 21 % av variasjonen i produktivitet forklares ved en lineær sammenheng med trehøyde (Løvås 2004).

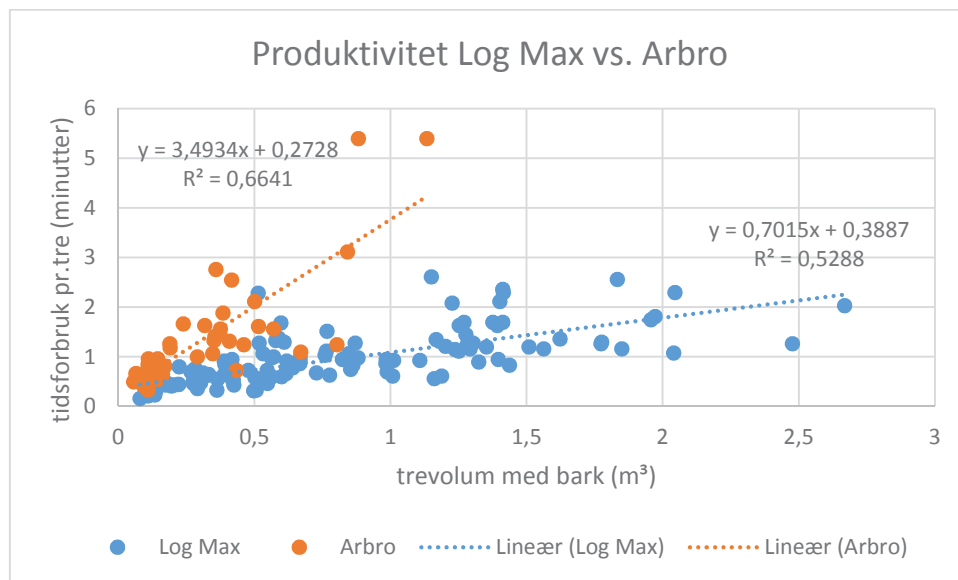
3.3 Produktivitet for hogstaggregatene

I denne delen presenteres resultatene for delproblemstilling 3 i masteroppgaven.

De ulike fasene ble tidsstudert i avvirkningsprosessen, og for å vurdere hogstaggregatenes produktivitet er fasene i avvirkningsprosessen som er direkte knyttet til hogstaggregatene vurdert her. Det vil si at det er bare felling og opparbeiding samlet som er tatt med her som avhengige variabler.

Hovedfunnet i disse analysene er at aggregatenes produktivitet for felling og opparbeiding samlet viser samme mønster som for produktiviteten for hogstmaskinene på hele avvirkningsprosessen. Produktiviteten øker med økende trestørrelse, men med økende trestørrelse er det også stor spredning i produktivitet.

3.3.1 Produktivitet



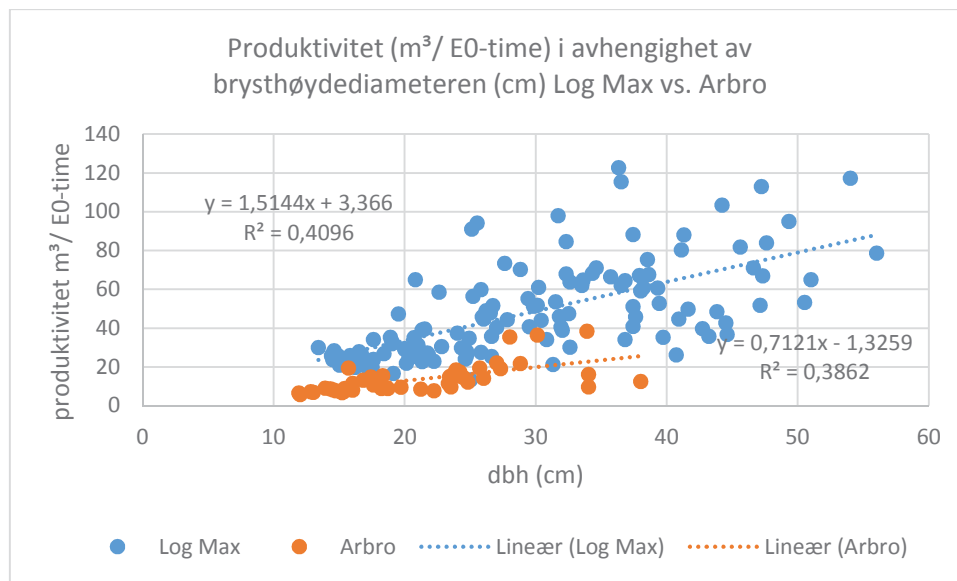
Figur 14. Produktivitet Log Max vs. Arbro, tidsforbruk (minutter / tre) i forhold til trevolum (m³).

Denne grafen viser produktiviteten til aggregatene. Her vises sammenhengen mellom tidsforbruk og trevolum. For «Log Max» aggregatet (Volvo) er det en svak økning i tidsforbruket når trevolumet øker. Dette indikerer at aggregatutnyttelsen er best på store trær. For «Arbro» aggregatet (Kobelco) er det en sterk økning i tidsforbruket når trevolumet øker. Dette indikerer at aggregatutnyttelsen er best på trær med ca. 0,5 m³ eller mindre.

R^2 for Log Max aggregatet er 0,53. Dette betyr at 53 % av variasjonen i tidsforbruket kan forklares med en lineær sammenheng med trevolum (Løvås 2004).

R^2 for Arbro aggregatet er 0,66. Dette betyr at 66 % av variasjonen i tidsforbruket kan forklares med en lineær sammenheng med trevolum (Løvås 2004).

3.3.2 Brysthøydiameter



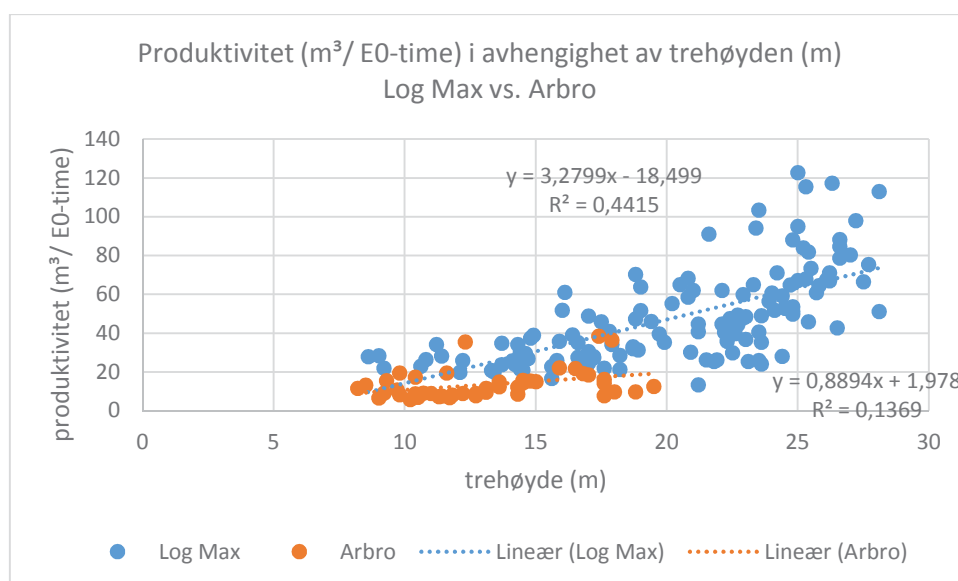
Figur 15. Produktivitet ($\text{m}^3/\text{E0-time}$) i avhengighet av brysthøydiameteren (cm) Log Max vs. Arbro. Regresjonslinjene viser at produktiviteten øker med økende brysthøydiameter for begge maskinene. Jo større brysthøydiameteren er, desto større er produktiviteten. Stigningstallet på regresjonslinjen til Log Max aggregatet er på 1,51. Stigningstallet på regresjonslinjen til Arbro aggregatet er på 0,71. Stigningstallet er altså dobbelt så stort for Log Max. Dette betyr at økningen i produktivitet når brysthøydiameter øker er mye større for Log Max aggregatet enn for Arbro aggregatet.

Forskjellen i produktivitet er minst på trær med liten brysthøydiameter. Forskjellen i produktiviteten er størst ved felling av trær med stor brysthøydiameter. I tillegg viser spredningsplottet at det er stor spredning i produktivitet på trær med stor brysthøydiameter. For Volvo gravemaskinen varierer produktiviteten på trær med ca 55 cm i brysthøydiameter mellom $80 \text{ m}^3/\text{t}$ – $120 \text{ m}^3/\text{t}$.

Korelasjonsanalysen til Log Max aggregatet viser en R^2 på 0,41. Dette betyr at 41 % av variasjonen i produktivitet kan forklares ved en lineær sammenheng med brysthøydiameter (Løvås 2004).

Korelasjonsanalysen til Arbro-aggregatet viser en R^2 på 0,39. Dette betyr at 39 % av variasjonen i produktivitet kan forklares ved en lineær sammenheng med brysthøydiameter (Løvås 2004).

3.3.3 Trehøyde



Figur 16. Produktivitet ($\text{m}^3/\text{E0-time}$) i avhengighet av trehøyde (m) Log Max vs. Arbro.

Regresjonslinjene viser at produktiviteten øker med økende trehøyde. Jo større trehøyden er, desto større er produktiviteten. Stigningstallet på regresjonslinjen til Log Max aggregatet er på 3,28. Stigningstallet på regresjonslinjen til Arbro aggregatet er på 0,89.

For Log Max aggregatet er det tydelig at produktiviteten øker med økende trehøyde. For Arbro aggregatet er økningen i produktivitet i forhold til trehøyde mye mindre.

For Log Max aggregatet er det likevel stor variasjon i produktivitet for trær over ca. 20 m. På trær over ca. 27 meter varierer produktivitet fra $60 \text{ m}^3/\text{t}$ til $115 \text{ m}^3/\text{t}$.

Korrelasjonsanalysen for Log Max aggregatet viser R^2 på 0,44. Dette betyr at 44 % av variasjonen i produktivitet forklares ved en lineær sammenheng med trehøyde (Løvås 2004).

Arbro aggregatet felte ikke trær over ca. 20 m i sammenheng med denne tidsstudien.

Korelasjonsanalysen for Arbro aggregatet viser R^2 på 0,14. Dette betyr at 14 % av variasjonen i produktivitet kan forklares ved en lineær sammenheng med trehøyde (Løvås 2004).

3.4 Produktivitet og lønnsomhet i de to ulike driftskonseptene

For å kunne sammenligne de to gravemaskinene i forhold til krav om inntjening for å dekke driftskostnader, inkludert arbeidslønn, er det foretatt økonomiske beregninger ut i fra produktiviteten ved driften med de to maskinene. Det er tatt utgangspunkt i tall på maskinenes produktivitet per dag. «Entreprenør 1» oppgav at dagsprestasjonen ifølge hans egen driftsstatistikk viste 60 m^3 . Ved en 7,5 timers arbeidsdag utgjør dette 8 m^3 per time.

«Entreprenør 2» oppgav en dagsprestasjon på 21 m³. Dette utgjør en produktivitet på 2,8 m³ per time Disse tallene inkluderer alle tapstider.

I tillegg er det også foretatt en økonomisk beregning av en gjennomsnittlig hjulgående hogstmaskin basert på tall på produktivitet hentet fra Vennesland m. fl. (2013). Dette gir et sammenligningsgrunnlag for beregningene av krav om inntjening ved avvirkning med drift med beltegående hogstmaskiner versus hjulgående hogstmaskiner.

3.4.1 Produktivitet og lønnsomhet for 25 tonns Volvo gravemaskin (Entreprenør 1)

1. Faste kostnader for «Entreprenør 1»

Disse forutsetningene er tatt med i beregningene:

Tabell 16. Forutsetninger for beregning av de faste kostnadene for «entreprenør 1».

Innkjøpspris (brukt)	kr 1 000 000
Rente	4 %
Avskrivninger	20 %
Økonomisk levetid	6 år, eller 10 000 timer
Forsikringskostnader	kr 40 000 per år
Lønnskostnader	kr 241,80 per time

Kilde: Vennesland m. fl. 2013

a) Beregning av avskrivningen (saldometode)

Tabell 17. Beregning av avskrivningen for «entreprenør 1».

År	Uavskrevet restverdi ved årets begynnelse (kr)	Avskrivningsprosent	Årets avskrivning (kr)	Uavskrevet restverdi ved årets slutt (kr)
1	1 000 000	20	200 000	800 000
2	800 000	20	160 000	640 000
3	640 000	20	128 000	512 000
4	512 000	20	102 400	409 600

5	409 600	20	81 920	327 680
6	327 680	20	65 536	262 144

Kilde: Hoff 2009

b) Beregning av banklån (serielån)

Tabell 17. Beregning av banklån for «entreprenør 1».

År	Terminbeløp (renter og avdrag)	Renter	Avdrag	Restgjeld
1	162 976	40 000	122 976	877 024
2	158 056,96	35 080,96	122 976	754 048
3	153 137,92	30 161,92	122 976	631 072
4	148 218,88	25 242,88	122 976	508 096
5	143 299,84	20 323,84	122 976	385 120
6	138 380,80	15 404,80	122 976	262 144
Totalt	kr 904 070,40			

Kilde: Larsen 2008

c) Beregning av forsikringskostnader

Tabell 18. Beregning av forsikringskostnader for «entreprenør 1».

Forutsetning	Beregning	Kostnader
Kostnad per år: kr 40 000	40 000*6	= kr 240 000
Maskinens levetid: 6 år		

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

d) Beregning av lønnskostnader

Tabell 19. Beregning av lønnskostnader for «entreprenør 1».

Forutsetning	Beregning	Kostnader
Lønn per time: 241,80	241,80*10 000	= kr 2 418 000
Maskinens levetid: 10 000 timer		

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

Tabell 20. Beregning av de totale faste kostnadene for «entreprenør 1».

Faste kostnader	
Banklån	kr 904 070
Forsikringskostnader	kr 240 000
Lønnskostnader	kr 2 418 000
Totalt	<u>kr 3 562 070</u>

Anmerkning: I tillegg kommer kostnader for planlagt aggregatskifte, husleie til kontorlokaler og verksted og strømkostnader som det ikke ble tatt hensyn til ved beregning av de faste kostnadene (Vennesland m. fl. 2013).

2. Variable kostnader for «entreprenør 1»

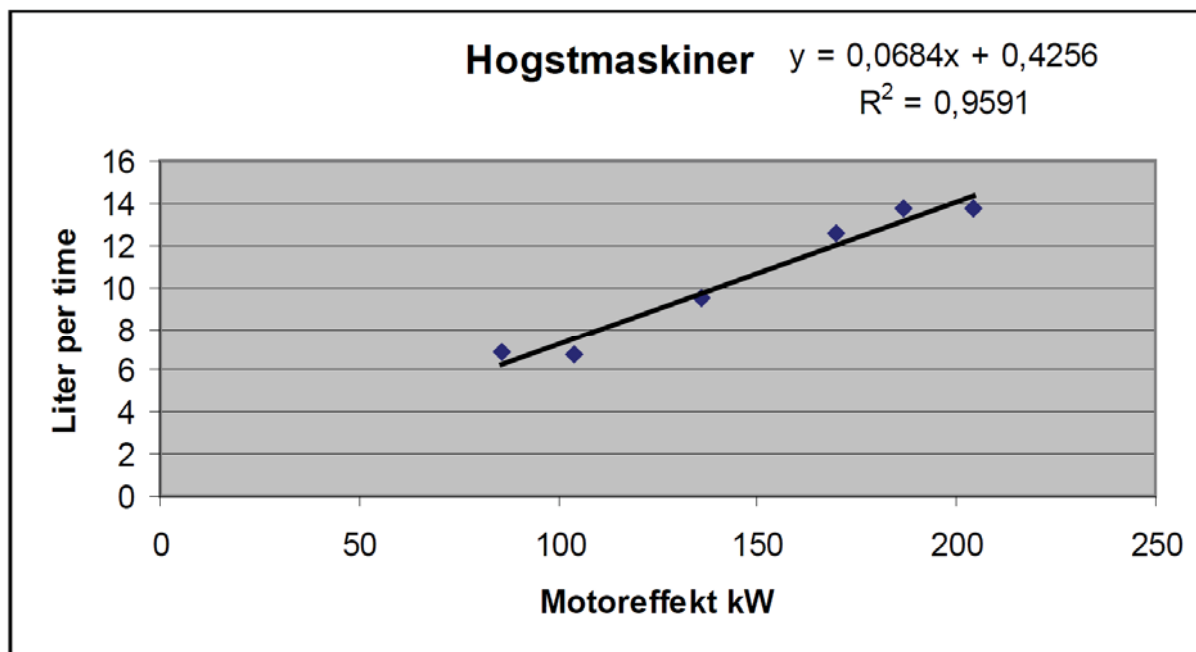
Disse forutsetningene er tatt i beregningene:

Tabell 21. Forutsetninger for beregning av de variable kostnadene for «entreprenør 1».

Økonomisk levetid	6 år, eller 10 000 timer
Produktivitet	8 m ³ per arbeidstime
Motoreffekt	123 kW
Intervallservice	kr 15 000 per intervallservice
Reparasjonskostnader	kr 150 per time
Girolje	kr 60 per liter, kr 6 per time
Hydraulikkolje	kr 25 per liter, kr 5 per time
Motorolje	kr 25 per liter, kr 2,5 per time

Diesel	kr 6 per liter
Sverd	kr 450 per stykk
Kjede	kr 100 per stykk

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)



Figur 17. Hogst og forbruk av diesel med hogstmaskiner med forskjellig motorstyrke (Vennesland m. fl. 2013).

Tabell 22. Beregning av de variable kostnadene for «entreprenør 1».

Utgiftspost	Forutsetninger	Kostnader per time	Kostnader for maskinens levetid
a) Intervallservice	Kostnad: kr 15 000 hver 1 000 timer	kr 15	10*15 000 = kr 150 000
b)		kr 150	kr 1 500 000
Reparasjonskostnader			
c) Girolje		kr 6	kr 60 000
d) Hydraulikkolje		kr 5	kr 50 000

e) Motorolje		kr 2,5	kr 25 000
f) Drivstoff	Motoreffekt: 123 kW Dieselpri: 6 kroner/ liter Liter per time= $0,0684 \cdot 123 + 0,4256 =$ 8,84 liter per time	$8,84 \cdot 6 =$ kr 53,04	kr 530 400
g) Sverd	80 000 m ³ avvirket i løpet av 10 000 timer 1000 m ³ per sverd Stykkpris: kr 450 $80\,000\text{ m}^3 / 1000\text{ m}^3$ = 80 sverd i løpet av maskinens levetid	kr 3,6	80 sverd * kr 450 = kr 36 000
e) Kjeder	80 000 m ³ avvirket i løpet av 10 000 timer 80 m ³ per kjede Stykkpris: kr 100 $80\,000\text{ m}^3 / 80\text{ m}^3 =$ 1000 kjeder i løpet av maskinens levetid	kr 10	1000 kjeder * kr 100 = kr 100 000
Totalt		<u>kr 245,14</u> per time	<u>kr</u> <u>2 451 400</u> i maskinens levetid

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

Anmerkning: I tillegg kommer kostnader for skiftning av belter og maskinflytting som det ikke ble tatt hensyn til ved beregning av de variable kostnadene (Vennesland m. fl. 2013).

3. Beregning av totale kostnader (faste og variable) for maskinens levetid

Tabell 23. Beregning av de totale kostnadene for «entreprenør 1».

Faste kostnader	kr 3 562 070
Variable kostnader	kr 2 451 400
Totale kostnader	<u>kr 6 013 470</u>

4. Beregning av minimum timepris for «Entreprenør 1»

Tabell 24. Beregning av minimum timepris for «entreprenør 1».

Totale kostnader	kr 6 013 470
Maskinens levetid	10 000 timer
Minimum timespris	<u>kr 601,35</u>

5. Beregning av minimumskrav til inntjening per kubikkmeter for «Entreprenør 1»

Tabell 25. Beregning av minimum krav til inntjening per kubikkmeter for «entreprenør 1».

Minimum timepris	kr 601,35
Produktivitet	8 m ³ per time
Minimum pris per kubikkmeter	<u>kr 75,17</u>

Resultat: «Entreprenør 1» bør ha et minimumskrav til inntjening på kr 75 per kubikkmeter for å dekke de totale kostnadene sine.

3.4.2 Produktivitet og lønnsomhet for 7 tonns «Kobelco» gravemaskin (Entreprenør 2)

1. Faste kostnader for «Entreprenør 2»

Disse forutsetningene er tatt med i beregningene:

Tabell 26. Forutsetninger for beregning av de faste kostnadene for «entreprenør 2».

Innkjøpspris (ny)	865 000 kroner
Rente	4 %
Avskrivninger	20 %

Økonomisk levetid	6 år, eller 10 000 timer
Forsikringskostnader	kr 40 000 per år
Lønnskostnader	kr 241,80 per time

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

a) Beregning av avskrivningen

Tabell 27. Beregning av avskrivningen for «entreprenør 2».

År	Uavskrevet restverdi ved årets begynnelse (kr)	Avskrivningsprosent	Årets avskrivning (kr)	Uavskrevet restverdi ved årets slutt (kr)
1	865 000	20	173 000	692 000
2	692 000	20	138 400	553 600
3	553 600	20	110 720	442 880
4	442 880	20	88 576	354 304
5	354 304	20	70 860,80	283 443,20
6	283 443,20	20	56 688,64	226 754,56

Kilde: Hoff 2009

b) Beregning av banklån (serielån)

Tabell 28. Beregning av banklån for «entreprenør 2».

År	Terminbeløp (renter, avdrag)	Renter	Avdrag	Restgjeld
1	140 974,24	34 600	106 374,24	758 625,76
2	136 719,27	30 345,03	106 374,24	652 251,52
3	132 464,30	26 090,06	106 374,24	545 877,28
4	128 209,33	21 835,09	106 374,24	439 503,04
5	123 954,36	17 580,12	106 374,24	333 128,80
6	119 699,39	13 325,15	106 374,24	226 754,56
Totalt	782 020,90			

Kilde: Larsen 2008

c) Beregning av forsikringskostnader

Tabell 29. Beregning av forsikringskostnader for «entreprenør 2».

Forutsetning	Beregning	Kostnader
Kostnad per år: kr 40 000	40 000*6	= kr 240 000
Maskinens levetid: 6 år		

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

d) Beregning av lønnskostnader

Tabell 30. Beregning av lønnskostnader for «entreprenør 2».

Forutsetning	Beregning	Kostnader
Lønn per time: 241,80	241,80*10 000	= kr 2 418 000
Maskinens levetid: 10 000 timer		

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

Tabell 31. Beregning av de totale faste kostnadene for «entreprenør 2».

Faste kostnader	
Banklån	kr 782 021
Forsikringskostnader	kr 240 000
Lønnskostnader	kr 2 418 000
Totalt	<u>kr 3 440 021</u>

Anmerkning: I tillegg kommer kostnader for planlagt aggregatskifte, husleie til kontorlokaler og verksted og strømkostnader som det ikke ble tatt hensyn til ved beregning av de faste kostnadene (Vennesland m. fl. 2013).

2. Variable kostnader for «entreprenør 2»

Disse forutsetningene er tatt med i beregningene:

Tabell 32. Forutsetninger for beregning av de variable kostnadene for «entreprenør 2».

Økonomisk levetid	6 år, eller 10 000 timer
Produktivitet	2,8 m ³ per arbeidstime
Motoreffekt	41 kW
Intervallservice	kr 15 000 per intervallservice
Reparasjonskostnader	kr 150 per time
Girolje	kr 60 per liter, kr 2 per time
Hydraulikkolje	kr 25 per liter, kr 1,67 per time
Motorolje	kr 25 per liter, kr 0,83 per time
Diesel	kr 6 per liter
Sverd	kr 450 per stykk
Kjede	kr 100 per stykk

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

Tabell 33. Beregning av de variable kostnadene for «entreprenør 2».

Utgiftspost	Forutsetninger	Kostnader per time	Kostnader for maskinens levetid
a) Intervallservice	Kostnad: kr 15 000 hver 1 000 timer	kr 15	10*15 000 = kr 150 000
b) Reparasjonskostnader		kr 150	kr 1 500 000
c) Girolje		kr 2	kr 20 000
d) Hydraulikkolje		kr 1,67	kr 16 700
e) Motorolje		kr 0,83	kr 8300
f) Drivstoff	Motoreffekt: 41 kW Dieselpris: 6 kroner/ liter	3,23*6= kr 19,38	kr 193 800

	Liter per time= $0,0684 \cdot 41 + 0,4256 =$ 3,23 liter per time	
g) Sverd	28 000 m ³ avvirkes i kr 1,26 løpet av 10 000 timer 1000 m ³ per sverd Stykkpris: kr 450 $28\,000\text{ m}^3 / 1000\text{ m}^3$ = 28 sverd i løpet av maskinens levetid	28 sverd * kr 450 = kr 12 600
e) Kjeder	28 000 m ³ avvirkes i kr 3,5 løpet av 10 000 timer 80 m ³ per kjede Stykkpris: kr 100 $28\,000\text{ m}^3 / 80\text{ m}^3 =$ 350 kjeder i løpet av maskinens levetid	350 kjeder * kr 100 = kr 35 000
Totalt	<u>kr 193,64</u> per time	<u>kr 1 936</u> <u>400</u> i maskinens levetid

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

Anmerkning: I tillegg kommer kostnader for skiftning av belter og maskinflytting som det ikke ble tatt hensyn til ved beregning av de variable kostnadene (Vennesland m. fl. 2013).

3. Beregning av totale kostnader (faste og variable) for maskinens levetid

Tabell 34. Beregning av de totale kostnadene for «entreprenør 2».

Faste kostnader	kr 3 440 021
Variable kostnader	kr 1 936 400
Totalte kostnader	<u>kr 5 376 421</u>

4. Beregning av minimum timespris for «Entreprenør 2»

Tabell 35. Beregning av minimum timepris for «entreprenør 2».

Totale kostnader	kr 5 376 421
Maskinens levetid	10 000 timer
Minimum timespris	<u>kr 537,64</u>

5. Beregning av minimumskrav til inntjening per kubikkmeter for «Entreprenør 2»

Tabell 36. Beregning av minimumskrav til inntjening per kubikkmeter for «entreprenør 2».

Minimum timespris	kr 537,64
Produktivitet	2,8 m ³ per time
Minimum pris per kubikkmeter	<u>kr 192,01</u>

Resultat: «Entreprenør 2» bør ha et minimumskrav til inntjening på kr 192 per kubikkmeter for å dekke de totale kostnadene sine.

3.4.3 Produktivitet og lønnsomhet for en hjulgående hogstmaskin

For å kunne skape et sammenligningsgrunnlag for de to gravemaskinene med en hjulgående hogstmaskin, ble det gjort en tilsvarende økonomisk analyse av en hjulgående hogstmaskin der tall på produktivitet for en gjennomsnittlig hjulgående hogstmaskin ble hentet fra Vennesland m.fl. (2013).

1. Faste kostnader for entreprenøren

Disse forutsetningene er tatt med i beregningene:

Tabell 37. Forutsetninger for beregning av de faste kostnadene for entreprenøren.

Innkjøpspris (ny)	Kr 3 800 000
Rente	4 %
Avskrivninger	20 %
Økonomisk levetid	6 år, eller 10 000 timer
Forsikringskostnader	kr 40 000 per år
Lønnskostnader	kr 241,80 per time

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

a) Beregning av avskrivningen (saldometode)

Tabell 38. Beregning av avskrivningen for entreprenøren.

År	Uavskrevet restverdi ved årets begynnelse (kr)	Avskrivningsprosent	Årets avskrivning (kr)	Uavskrevet restverdi ved årets slutt (kr)
1	3 800 000	20	760 000	3 040 000
2	3 040 000	20	608 000	2 432 000
3	2 432 000	20	486 400	1 945 600
4	1 945 600	20	389 120	1 556 480
5	1 556 480	20	311 296	1 245 184
6	1 245 184	20	249 036,80	996 147,20

Kilde: Hoff 2009

b) Beregning av banklån (serielån)

Tabell 39. Beregning av banklån for entreprenøren.

År	Terminbeløp (renter, avdrag)	Renter	Avdrag	Restgjeld
1	619 308,80	152 000	467 308,80	3 332 691,20
2	600 616,45	133 307,65	467 308,80	2 865 382,40
3	581 924,10	114 615,30	467 308,80	2 398 073,60
4	563 231,74	95 922,94	467 308,80	1 930 764,80
5	544 539,39	77 230,59	467 308,80	1 463 456
6	525 847,04	58 538,24	467 308,80	996 147,20
Totalt	3 435 467,52			

Kilde: Larsen 2008

c) Beregning av forsikringskostnader

Tabell 40. Beregning av forsikringskostnader for entreprenøren.

Forutsetning	Beregning	Kostnader
Kostnad per år: kr 40 000	$40\,000 \cdot 6$	= kr 240 000
Maskinens levetid: 6 år		

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

d) Beregning av lønnskostnader

Tabell 41. Beregning av lønnskostnader for entreprenøren.

Forutsetning	Beregning	Kostnader
Lønn per time: 241,80	$241,80 \cdot 10\,000$	= kr 2 418 000
Maskinens levetid: 10 000 timer		

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

Tabell 42. Beregning av de totale faste kostnadene for entreprenøren.

Faste kostnader	
Banklån	kr 3 435 468
Forsikringskostnader	kr 240 000
Lønnskostnader	kr 2 418 000
Totalt	<u>kr 6 093 468</u>

Anmerkning: I tillegg kommer kostnader for planlagt aggregatskifte, husleie til kontorlokaler og verksted og strømkostnader som det ikke ble tatt hensyn til ved beregning av de faste kostnadene.

2. Variable kostnader for entreprenøren

Disse forutsetningene er tatt med i beregningene:

Tabell 43. Forutsetninger for beregning av de variable kostnadene for entreprenøren.

Økonomisk levetid	6 år, eller 10 000 timer
Produktivitet	17 m ³ per arbeidstime
Motoreffekt	123 kW
Intervallservice	kr 15 000 per intervallservice
Reparasjonskostnader	kr 150 per time
Girolje	kr 60 per liter, kr 6 per time
Hydraulikkolje	kr 25 per liter, kr 5 per time
Motorolje	kr 25 per liter, kr 2,5 per time
Diesel	kr 6 per liter
Sverd	kr 450 per stykk
Kjede	kr 100 per stykk

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

Tabell 44. Beregning av de variable kostnadene for entreprenøren.

Utgiftspost	Forutsetninger	Kostnader per time	Kostnader for maskinens levetid
a) Intervallservice	Kostnad: kr 15 000 hver 1 000 timer	kr 15	10*15 000 = kr 150 000
b) Reparasjonskostnader		kr 150	kr 1 500 000
c) Girolje		kr 6	kr 60 000
d) Hydraulikkolje		kr 5	kr 50 000
e) Motorolje		kr 2,5	kr 25 000
f) Drivstoff	Motoreffekt: 123 kW Dieselpris: 6 kroner/ liter	8,84*6= kr 53,04	kr 530 400

	Liter per time= $0,0684 \cdot 123 + 0,4256 =$ 8,84 liter per time		
g) Sverd	170 000 m ³ avvirkes i løpet av 10 000 timer 1000 m ³ per sverd Stykkpris: kr 450 $170\,000\text{ m}^3 / 1000\text{ m}^3$ = 170 sverd i løpet av maskinens levetid	kr 7,65	170 sverd * kr 450 = kr 76 500
e) Kjeder	170 000 m ³ avvirkes i løpet av 10 000 timer 80 m ³ per kjede Stykkpris: kr 100 $170\,000\text{ m}^3 / 80\text{ m}^3 =$ 2125 kjeder i løpet av maskinens levetid	kr 21,25	2125 kjeder * kr 100 = kr 212 500
Totalt		kr 260,44 per time	kr 2 604 400 i maskinens levetid

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

Anmerkning: I tillegg kommer kostnader for skifting av dekk og kjettinger og maskinflytting som det ikke ble tatt hensyn til ved beregning av de variable kostnadene (Vennesland m. fl. 2013).

3. Beregning av totale kostnader (faste og variable) for maskinens levetid

Tabell 45. Beregning av de totale kostnadene for entreprenøren.

Faste kostnader	kr 6 093 468
Variable kostnader	kr 2 604 400
Totale kostnader	<u>kr 8 697 868</u>

4. Beregning av minimum timespris for entreprenøren

Tabell 46. Beregning av minimum timepris for entreprenøren.

Totale kostnader	kr 8 697 868
Maskinens levetid	10 000 timer
Minimum timespris	<u>kr 869,79</u>

5. Beregning av minimumskrav til inntjening per kubikkmeter for entreprenøren

Tabell 47. Beregning av minimumskrav til inntjening per kubikkmeter for entreprenøren

Minimum timespris	kr 869,79
Produktivitet	17 m ³ per time
Minimumskrav til inntjening per kubikkmeter	<u>Kr 51,16</u>

Resultat: Entreprenøren bør ha et minimumskrav til inntjening på kr 51 per kubikkmeter for å dekke de totale kostnadene sine.

Sammenligning av resultatene for 25 tonns gravemaskin, 7 tonns gravemaskin og gjennomsnittlig hjulgående hogstmaskin

Tabell 48. Sammenligning av resultatene for 25 tonns gravemaskin, 7 tonns gravemaskin og gjennomsnittlig hjulgående hogstmaskin.

	25 tonns gravemaskin	7 tonns gravemaskin	Hjulgående hogstmaskin
Minimum timepris for å dekke de totale kostnadene	kr 601,35	kr 537,64	kr 869,79
Minimum pris per kubikkmeter	kr 75,17	kr 192,01	kr 51,16
Resultat	Middels prisgunstig	Minst prisgunstig	Mest prisgunstig

Sammenligning av resultatene for 25 tonns gravemaskin, 7 tonns gravemaskin og gjennomsnittlig hjulgående hogstmaskin med priser for Aust-Agder og landsgjennomsnittet (Vennesland m. fl. 2013)

Tabell 49. Sammenligning av resultatene for 25 tonns gravemaskin, 7 tonns gravemaskin og gjennomsnittlig hjulgående hogstmaskin med priser for Aust-Agder og landsgjennomsnittet funnet i litteraturen.

	25 tonns gravemaski n	7 tonns gravemaski n	Hjulgående hogstmaski n	Gjennomsnit t for hjulgående hogstmaskin er i Aust- Agder	Gjennomsnit t for hjulgående hogstmaskin er for hele Norge
Minimum timepris for å dekke de	kr 601,35	kr 537,64	kr 869,79		

totale kostnadene					
Minimum	kr 75,17	kr 192,01	kr 51,16	Kr 41,60	kr 57,40
pris per kubikkmeter					
r					

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

Tabell 50. Driftskostnader for avvirkning (kr/ m³) inkl. lønnskostnder.

	Inkl. lønnskostnader
	Driftskostnader avvirkning
	kr/m ³
Fylke	
Østfold	41,5
Akershus, Oslo	38,5
Hedmark	48,3
Oppland	48,3
Buskerud	44,8
Vestfold	33,5
Telemark	44,8
Aust-Agder	41,6
Vest-Agder	48,5
Rogaland	61,7
Hordaland	44,7
Sogn og Fjordane	48,5
Møre og Romsdal	67,1
Sør-Trøndelag	52,2
Nord-Trøndelag	87,5
Nordland	95,9
Troms	128,2
Sum / gj.snitt	57,4

Kilde: Vennesland m. fl. (2013)

3.4.4. Produktivitetsberegning med hjelp av «Skogkalkulatoren» til Skog og landskap.

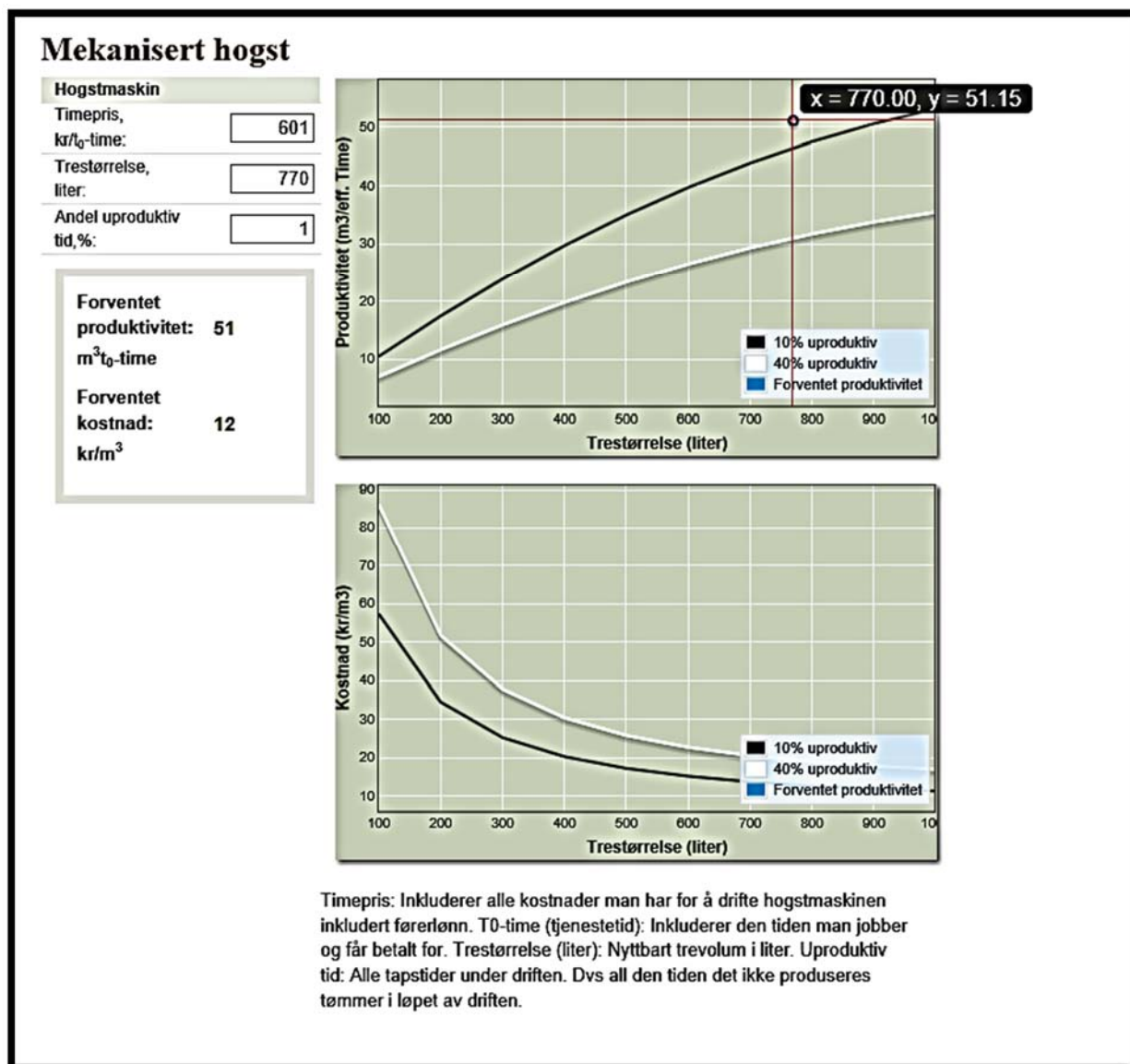
Inngangsverdier for «Skogkalkulator» for hjulgående hogstmaskin

Tabell 51. Inngangsverdier for «Skogkalkulator» for hjulgående hogstmaskin.

	Østerholtheia	Gampmyra
Timespris	601	538
Trestørrelse (liter)	770	300
Tapstid (%)	1	1

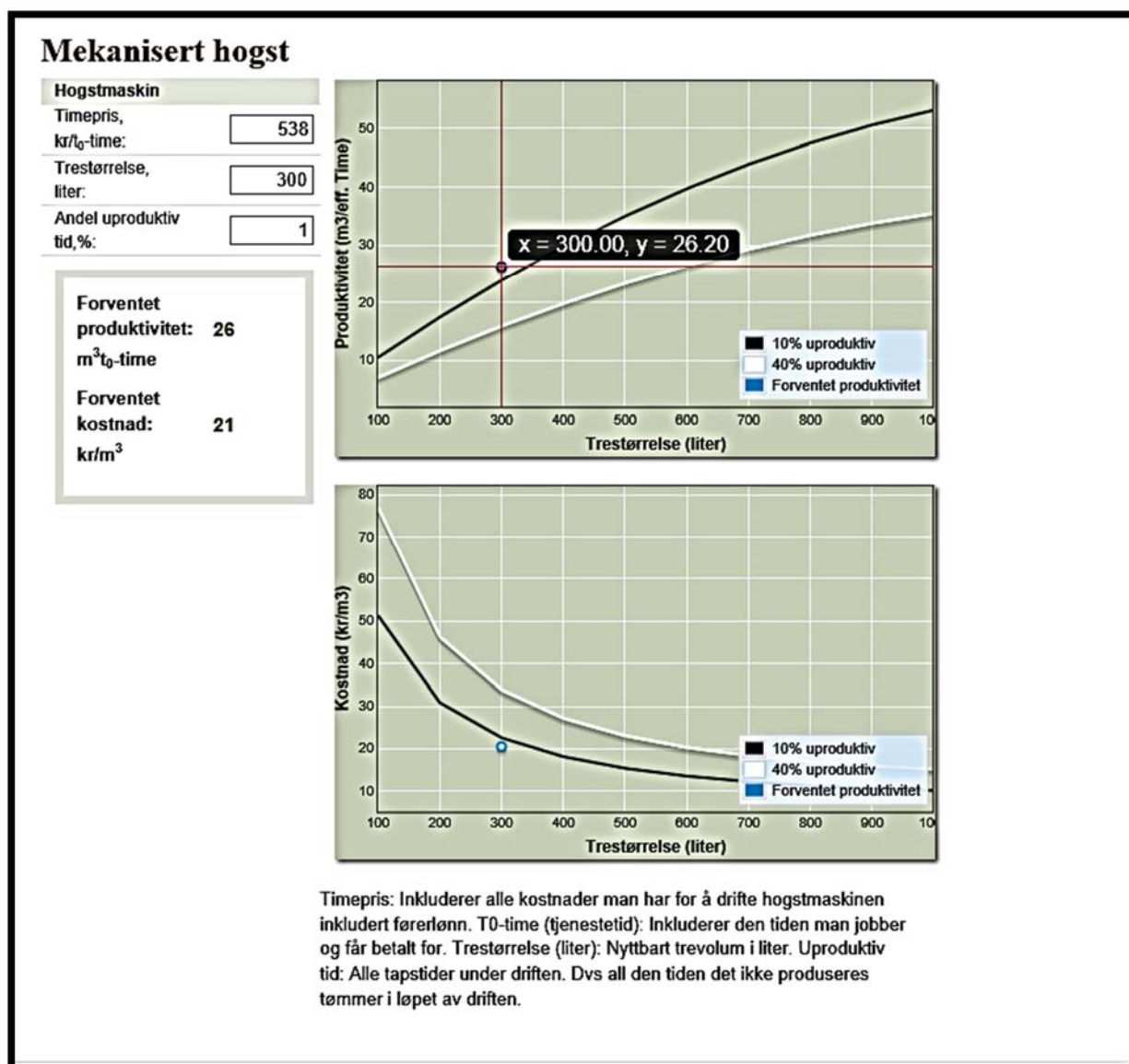
Resultater av produktivetsberegningen med hjelp av «skogkalkulatoren»

Østerholtheia



Figur 18. Hogstmaskinens forventet produktivitet og enhetskostnad for sluttavvirkning på Østerholtheia (skogoglandskap.no (b)).

Av figur 18 går det fram at den forventede produktiviteten på Østerholtheia til en hjulgående hogstmaskin ligger på 51 m³ per E0-time. Produktiviteten til Volvo gravemaskinen var på 31 m³/ E0-time. Dette utgjør en forskjell på 20 m³ per E0-time.



Figur 19. Hogstmaskinens forventet produktivitet og enhetskostnad for sluttavvirkning i Gampmyra (skogoglandskap.no (b)).

Av figur 19 går det fram at den forventede produktiviteten på Gampmyra til en hjulgående hogstmaskin ligger på 26 m³ per E₀-time. Produktiviteten til Kobelco gravemaskinen var på 9 m³/ E₀-time. Dette utgjør en forskjell på 17 m³ per E₀-time.

4. Diskusjon

Denne studien tematiserer et viktig tema innenfor skogbrukets driftsteknikk, nemlig produktivitet og lønnsomhet ved avvirkning. For å se på om hvorvidt ulike maskiner og driftsopplegg kan møte et krav om produktivitet og lønnsomhet ved hogst, er det interessant å se på avvirkning ved bruk av gravemaskiner. På den ene siden brukes gravemaskiner primært til andre formål, men på vinteren er det ofte stillstand i mange næringer og hogst er et alternativ til gravearbeid. På den andre siden er det i Norge mange skogsområder der det blir avvirket så lite at å ta i bruk en fleksibel maskin som både kan avvirke trær og utføre andre oppgaver så vel i skogen, som i bygg- og anleggsvirksomhet når oppdragsmengden er lav, synes å være en ideell løsning.

Denne studien belyser spennet eller ytterpunktene av gravemaskiner med hogstaggregat som er i bruk i Norge og ser på ulike sider ved produktivitet og lønnsomhet ved avvirkning. I tillegg sammenlignes produktiviteten og lønnsomheten ved bruk av gravemaskiner med hogstaggregat med hjulgående hogstmaskiner.

4.1 Diskusjon av metode, materiale og analyse

Denne studiens styrke ligger i den metodiske fremgangsmåten og tidsstudiematerialet som ble generert i feltarbeidet. Det ble gjort svært nøyaktige registreringer, helt på sekundnivå i de ulike fasene i avvirkningen. Dette gjorde det mulig å ikke bare se på produktivitet i avvirkningsprosessen sett under ett, det gjorde det også mulig å se på de enkelte fasene i avvirkningsprosessen og se på produktivitet til aggregatene isolert sett. Å gjøre registreringene i etterkant, betydde at registreringene tok svært lang tid. Men det ville ikke vært mulig å gjøre en så detaljert registrering av de enkelte fasene «i felten».

Et vanskelig spørsmål å besvare er om utvalget og antall observasjoner er for få eller mange nok. Nakagawa m. fl. (2010) beskriver at de utførte en sammenlignbar studie på mange måter. De filmet opparbeidingsprosessen, for så å gjøre svært detaljerte observasjoner til tidsstudie på de spesifiserte arbeidsfasene i opparbeidingsprosessen. Til sammenligning filmet de opparbeidingen av 41 trær på velteplassen, noe som utgjorde til sammen 10,24 m³. I denne studien ble det i feltarbeidet i Gampmyra observert og tidsstudert avvirkningen av 45 trær, og i feltarbeidet på Østerholtheia ble det observert og tidsstudert avvirkningen av 128 trær. Så i sammenligning med Nakagawa m. fl. (2010) har denne studien mange nok observasjoner. Ramantswana m. fl. (2012) beskriver også utførelsen av en sammenlignbar tidsstudie av avvirkningsprosessen. De gjorde ikke filmopptak, men gjorde tidsstudien i felt med

stoppeklokke. Deres avhengige variabler var «change position», «swing to tree», «grab tree», «fell tree», «debark and debranch», «crosscut», «other» og «delays». De hadde seks prøveflater, med 150 trær i hver av disse. Noe som utgjør mange flere observasjoner enn det som ble inkludert i denne studien.

Hva som er nok observasjoner må vurderes ut ifra studiens formål. Hovedmålsetningen med denne studien har vært å beregne produktiviteten til hogstmaskinene for hele avvirkningsprosessen, så vel som å beregne produktiviteten til hogstaggregatene for felling og opparbeiding. Dette krevde tidsregistrering på avvirkningsprosessen samlet sett, og tidsregistrering på enkelte av fasene i avvirkningsprosessen (spesielt felling og opparbeiding). Å vurdere produktiviteten til hogstaggregatene innebar at det var nødvendig med svært nøyaktige målinger på de ulike tidsfasene. Dette gjorde det hensiktsmessig å heller ha relativt få observasjoner, men gjøre nøyaktige målinger.

Der jeg valgte å gjøre nøyaktige målinger for å studere maskinens produktivitet, valgte jeg å gjøre anslagsvise økonomiske beregninger for driften med de to gravemaskinene. Dette valgte jeg fordi jeg ønsket å se på lønnsomhet for driften, så vel som å kunne vurdere om gravemaskinen utstyrt med hogstaggregat er et alternativ til hjulgående hogstmaskiner. Å gjøre anslagsvise beregninger gjorde det mulig å generere tall på minimumskravet til inntjening per kubikkmeter ved drift med gravemaskinene og en gjennomsnittlig hjulgående hogstmaskin. Dette ble gjort for å kunne sette denne studien inn i en større sammenheng, nemlig å vurdere om gravemaskinene utstyrt med hogstaggregat er et alternativ til hjulgående hogstmaskiner ved sluttavvirkning.

4.2 Diskusjon av resultatene fra tidsstudiene

4.2.1 Gjennomsnittsproduktiviteten målt som gjennomsnitt m^3 pr. E0-time.

Den gjennomsnittlige produktiviteten målt som $m^3 / E0$ time, var for Volvo gravemaskinen $31 m^3$. For Kobelco gravemaskinen var det $9 m^3$. Produktiviteten var tre ganger så stor for drift utført med Volvo gravemaskinen. Til sammenligning oppgav entreprenør 1 at han avvirket $60 m^3$ pr dag, mens entreprenør 2 at han avvirket $21 m^3$ pr dag. Dette viser at det i driften er mye tapstid. Den effektive tiden i avvirkningsprosessen som er målt her, er ikke nødvendigvis en god indikasjon på dagsprestasjonen fordi avvirkningen kan for eksempel være utsatt for større eller mindre forsinkelser og/eller driftsstans.

I etterkant av feltarbeidet og analysene ser jeg at gode tall på driftsstatistikk, slik for eksempel Nitteberg og Lileng (2004) gjorde, kunne vært et svært godt supplement til resultater av

tidsstudiene av avvirkningsprosessen. Å få tall på et litt mer overordnet nivå kunne gitt et mer helhetlig bilde av produktiviteten av de to maskinene. Dette ble altså valgt bort fordi jeg gjorde feltarbeidet på et litt ugunstig tidspunkt i forhold til å registrere «normal» dags/ times drift og produktivitet.

Det er flere sider ved produktivitet som denne studien ikke belyser. Maskinenes fremkommelighet er et svært viktig aspekt ved produktivitet som ikke fanges opp i målet E0-time. Fremkommelighet utgjør en viktig forskjell mellom hjulgående gravemaskiner og beltegående gravemaskiner. Dette viser igjen at det er andre faktorer som også har betydning for produktivitet enn det som er lagt til grunn i denne studien.

Produktiviteten må også vurderes i sammenheng med tiltaket det er ment å passe til. Kobelco gravemaskinens relativt lave produktivitet ved sluttavvirkning, sammenlignet med Volvo gravemaskinen sier lite om maskinens egnethet for eksempel ved tynningshogst. Maskinen er liten og smidig, og kan derfor tenkes at egnes godt til tynning. Dette betyr at produktivitet målt som E0-time ikke er det eneste relevante parameter for å se på denne gravemaskinens egnethet som skogsmaskin i andre tiltak i skogen.

4.2.2. Maskinenes og aggregatenes produktivitet

Hovedfunnet i denne masteroppgaven er at tidsforbruket for både maskinene og aggregatene øker med økende trevolum for begge maskinene, men det øker mer for Kobelco gravemaskinen enn for Volvo gravemaskinen. Produktiviteten (m^3/min) øker med økende brysthøydediameter og trehøyde både for maskinene og aggregatene.

Når trestørrelsene øker, øker også spredningen i produktivitet. Dette gjelder både for maskinen og for hogstaggregatet. Dette støttes av tidligere forskning (Ramantswana et al. 2012). En grunn til at tidsbruken øker ved økende volum er at med økende trevolum øker også kvistdiameterne. Ved store kvistdiameterer kan det bli nødvendig å kjøre hogstaggregatet fram og tilbake flere ganger for å få fjernet kvistene på en tilstrekkelig måte. I slike tilfeller øker tidsforbruket markant.

Resultatene viser at produktiviteten til de to maskinene og tilhørende aggregatene er ulik. For Volvo gravemaskinen øker produktiviteten mye mer med større trær. For Kobelco gravemaskinen øker ikke produktiviteten så mye med større trær. Kobelco gravemaskinen har, helt som forventet, en mye lavere produktivitet enn Volvo gravemaskinen. På trær med lav brysthøydediameter var det mindre forskjell i produktivitet for de to maskinene. Nakagawa

m.fl. (2010) fant at opparbeidingsproduktiviteten økte med økende brysthøydediameter for avvirkede trær. De fant at 68 % av den totale tiden brukt på arbeidsprosessen, var påvirket av størrelsen på trærne som ble opparbeidet. I følge Spinelli (2004) er stammestørrelsen den enkeltfaktoren som har størst betydning for avvirkning. Dersom stammestørrelsen blir for liten er det ikke økonomisk lønnsomt å avvirke. Da er kostnadene knyttet til operasjonene større enn inntektene for det som avvirket.

Produktivitet i avhengighet av trehøyde, viser at for Kobelco / Arbro gav høyere trær noe større produktivitet. For Volvo / Log Max gav høyere trær en mye større produktivitet. Dette henger nok sammen med at det stegmatede aggregatet ikke håndterte trær over 20 meter. Det valsematede aggregatet var mye kraftigere og hadde mye større kapasitet i forhold til større trær. Likevel viser resultatene at det er større spredning i produktivitet for høyere trær for det valsematede aggregatet.

Spinelli (2004) viser at økningen i produktivitet øker mest mellom 0 – 0,20 m³, fra 0,20 – 0,40 m³ avtar denne bratte økningen i produktivitet, selv om det fortsatt stiger helt opp til 0,40 m³. Ramantswana m. fl. (2012) viser tydelig at det er en ikke - lineær sammenheng mellom trevolum og produktivitet. Når trevolumet er «for høyt» flater produktiviteten ut eller reduseres. Dette er interessant i forhold til denne studien. Volvo gravemaskinen hadde større kapasitet i forhold til større trevolum, mens Kobelco gravemaskinen ikke hadde kapasitet på store trær. Maskinen kunne ikke felle trær høyere enn 20 meter og tykkere enn 34 cm i brysthøyde. Denne studien viser at hvor produktiviteten avtar, er svært avhengig av maskinens størrelse og aggregatets kapasitet. Jo mindre maskinene er, jo tidligere kan det se ut til at produktiviteten avtar med økende trestørrelse. Det er også vist andre steder at produktiviteten er avtagende hvis trærne blir for store (waldwissen.net (a)).

I tabell 5 og 6 på side 50 er det listet opp faktorer som medvirket til at tidsbruken økte ved driften med Volvo gravemaskinen. Det oppstod forsinkelser i fasene forflytting, felling og opparbeiding. Faktorene som ble observert var særlig knyttet til felling, at det ikke var mulig å skjære igjennom treet med en gang, at treet hang seg opp ved felling eller at maskinen måtte kappe treet flere ganger for å fjerne råte. Andre faktorer var at treet brakk ved felling, dobbel- og «trippeltopp», i tillegg til grove kvister. Faktorer som reduserte tidsbruken var knyttet til opparbeidingsfasen, særlig når toppen hadde brukket av ved felling. I tillegg var gravemaskinene også utstyrt med en skuff. Denne skuffen utgjorde en ekstra vekt som muligens kan ha virket negativt på produktiviteten.

Kobelco gravemaskinen blir også brukt på sommerstid til tynning i skogen. Resultatene fra tidsstudien viser at den nok er bedre egnet til dette formålet enn til sluttavvirkningsformål, i hvert fall i bestand med trær med brysthøydiameter over 34 cm. Maskinen er i tillegg svært smidig og skadene på framtidstrærne kan dermed bli redusert. Smidigheten er knyttet til at den kan snu seg rundt 360 grader, som ikke er tilfelle hos en hjulgående tynningshogstmaskin.

4.3 Sammenligning med hjulgående hogstmaskin

Resultatene fra de økonomiske beregningene i studien viser at entreprenørene har svært ulikt krav til inntjening pr. m³ for å gå i overskudd i entreprenørskapet. Entreprenøren tilknyttet Volvo gravemaskinen må ha en inntjening på 75 kr / m³ for å gå i overskudd i entreprenørskapet. Entreprenøren tilknyttet Kobelco gravemaskinen må ha en inntjening på 192 kr / m³ for å dekke driftskostnadene inkludert lønn. Kravet til inntjening pr m³ varierer veldig mellom de to maskinene. Beregningene viser at det rent økonomisk sett for entreprenøren tilknyttet Volvo gravemaskinen ser ut til å være enklere å drive et lønnsomt entreprenørskap enn for entreprenøren av Kobelco gravemaskinen.

Videre er de økonomiske beregningene for de to maskinene sammenlignet med økonomiske beregninger for en hjulgående hogstmaskin med et produktivitetstall hentet fra Vennesland m. fl. (2013) som har et minimumskrav til inntjening pr m³ på 51 kr. Drift med Volvo gravemaskinen krever en minimumspris per m³ som er 50 % høyere enn for hjulgående hogstmaskiner. Tatt i betraktning de mange fordeler i forhold til fleksibilitet, servicenett etc. viser sammenligningen at avvirkning med en slik gravemaskin må kunne regnes som et alternativ til hjulgående hogstmaskin.

Drift med Kobelco gravemaskinen har lav produktivitet. Den har et minimumskrav til inntjening pr m³ på nesten 300 % mer enn for hjulgående hogstmaskiner. Ved sluttavvirkningstiltak har en liten beltegående gravemaskin et for høyt inntjeningskrav sammenlignet med en hjulgående hogstmaskin fordi produktiviteten er så lav sammenlignet med en hjulgående hogstmaskin.

«Skogkalkulatoren for mekanisert hogst» gjorde det mulig å generere et sammenligningsgrunnlag for produktiviteten på de to hogstflatene med en hjulgående hogstmaskin. Her kommer begge gravemaskinene dårlig ut i sammenligningen med hjulgående hogstmaskin. Kobelco gravemaskinen kommer likevel ikke så mye dårligere ut enn Volvo gravemaskinen. Dette er nok knyttet til at gjennomsnittlig trevolum i bestandet som ble avvirket var mindre på hogstflaten der Kobelco gravemaskinen avvirket. Kobelco

gravemaskinen hadde tilstrekkelig produktivitet på mellomstore trær. Mens en hjulgående hogstmaskin kan tenkes har mye høyere produktivitet ved avvirkning av store trær. Noe som ble utslagsgivende i sammenligningen med Volvo gravemaskinen.

Både produktivetsstudien og de økonomiske beregningene viser at en liten gravemaskin ikke er så godt egnet til sluttavvirkningstiltak sammenlignet med større gravemaskiner og hjulgående gravemaskiner. Likevel kan det tenkes at maskinen kan brukes til drift som kan forsvares med andre mål enn produktivitet målt som E0-time, for eksempel til tynningshogst. Ved tynning er det også fokus på at framtidstrærne ikke blir skadet. Produktivitet er ikke hovedmålsetning.

4.4 Produktivitet og lønnsomhet krever fleksible driftsopplegg og setter store krav til maskinenes fleksibilitet

Denne studien har som målsetning å gi et bidrag for å vurdere i hvilken grad avvirkning med en gravemaskin utstyrt med et hogstaggregat utgjør et alternativ til avvirkning med en hjulgående hogstmaskin. Flere tidligere studier viser at gravemaskiner utstyrt med hogstaggregat i mange tilfeller utgjør et svært godt alternativ til konvensjonelle hogstmaskiner. Wang m.fl. (2002) mener at produktiviteten til gravemaskinen utstyrt med hogstaggregat er større enn produktiviteten til en hjulgående hogstmaskin. Dette er også støttet av Laitila & Väätäinen (2013). Videre har finske forskere funnet at det er lønnsomt å investere i et hogstaggregat hvis gravemaskinen ble brukt i skogen i minst fire arbeids måneder, ved siden av konvensjonell gravemaskindrift (Väätäinen m. fl. 2004). En gravemaskin er billigere enn en konvensjonell hogstmaskin i innkjøp, og servicenettet til gravemaskiner er langt bedre. Samtidig kan det tyde på at gravemaskinene har en ulempe i forhold til fremkommelighet sammenlignet med hjulgående hogstmaskiner. De har bare to ulike hastigheter de kan bevege seg med, og hindringer i terrenget er nok vanskeligere for gravemaskinene å håndtere enn for hjulgående hogstmaskiner, selv om gravemaskinene kan rydde bort en del hindringer med skuffen (lectura-specs.com). Når det gjelder fremkommeligheten på ulike terrengtyper, er gravemaskinen veldig godt egnet på bæresvak mark. Men konstruksjonsbetinget er den dårlig egnet i terrengtyper hvor det er mange hindre. I slike terrengtyper har hjulgående hogstmaskiner en konstruksjonsbetinget fordel siden de er utstyrt med boggi og pendelaksler (lwf.bayern.de). I tillegg viser denne studien at produktiviteten til ulike gravemaskiner utstyrt med hogstaggregat er svært variabel og at det er et stort spenn i krav til inntjening pr. m³ for å drive et lønnsomt entreprenørskap. Ingen av

maskinene som ble studert her hadde et lavere krav til inntjening enn hjulgående hogstmaskiner.

På den ene siden var Volvo gravemaskinen fleksibel i den forstand at den i studien ikke hadde noen «øvre grense» for hvor store trær den kunne avvirke. Dette er en helt klar fordel når man gjør hogsten alene, fordi «entreprenør 1» hadde ingen som støttet driften med motorsag. På den annen side kan driften med Volvo gravemaskinen utgjøre et mindre fleksibelt driftskonsept enn med mindre gravemaskiner. Maskinens relativt lave produktivitet ved avvirkning av små trær gjør det i hovedsak kun lønnsomt å avvirke relativt store trær.

Kobelco gravemaskinen har lav produktivitet sammenlignet med Volvo gravemaskinen på større trær. Noe som gjør den mindre fleksibel i forhold til avvirkning av hele spekteret av trestørrelser. Maskinen har likevel relativt stor produktivitet sammenlignet med Volvo gravemaskinen på mindre og mellomstore trær. Maskinens, relativt sett, gode produktivitet på mellomstore trær gjør den godt egnet til tynningshogst (noe den også blir brukt til). Tallene fra skogkalkulatoren for mekanisert hogst viste at produktiviteten til driften med denne maskinen ikke var avskrekkende mye mindre enn driften med en hjulgående hogstmaskin ville vært på samme hogstflate. I driftskonseptet som maskinen inngår i blir maskinens potensiale utnyttet. Gravemaskinen og den motormanuelle hogsten utfyller hverandre. Den avvirker det den kan, og avlaster dermed den motormanuelle driften. Samtidig blir trær som maskinen ikke har kapasitet til å ta, tatt med motorsag. Driftsopplegget med gravemaskinen er mindre fysisk krevende. I tillegg kan gravefunksjonen også bidra til at drift med mindre gravemaskiner kan forsvares. Andre fordeler med gravemaskinen er at med gravemaskinen kan markberedning utføres og traktorveier kan graves.

Denne studien viser at ulike gravemaskiner og driftsopplegg også er fleksible på ulike måter i forhold til avvirkning. Maskinens produktivitet er viktig for lønnsomhet, samtidig er også fleksible driftsopplegg viktig for å få til en drift som fungerer.

Samtidig kan det tenkes at gravemaskinene har flere utfordringer ved skogdrift som det kan være interessant å studere i videre forskningsarbeid. Problemstillinger knyttet til både miljø, driftsteknikk og skogskjøtsel er interessant å belyse i videre forskning. Et litteratursøk har vist at det er få studier om gravemaskindrift i skogen som har et eksplisitt miljøfokus. Det kan være interessant å registrere skader i skogen direkte etter drift og på senere tidspunkt for å sammenlikne med skader etter hjulgående hogstmaskiner. I tillegg kan det være interessant å se nærmere på det som i innledningen kort ble presentert som «graverdrift». Skogdrift med

gravemaskin gir også muligheten for å bruke gravefunksjonen mer aktivt i driften, for eksempel til å lage vei. Dette er et svært spennende konsept innenfor driftsteknikk, både deskriptivt hvordan driften foregår, hva slags utfordringer og fordeler som ligger i driften, så vel som økonomisk i forhold til om en slik drift virkelig er så økonomisk gunstig som man skulle anta, siden den erstatter to maskiner. I forhold til skogskjøtselstiltak er det også spennende problemstillinger knyttet til gravemaskinbasert hogst. For eksempel kunne det vært interessant å se mer spesifikt på tynningsdrift med hjelp av gravemaskinbasert hogst. Kobelco gravemaskinen som ble tidsstudert i denne studien, ble brukt til tynning. Det kunne vært interessant å vurdere maskinens egnethet til dette formålet også.

5. Konklusjon

Resultatene viser at gjennomsnittlig produktivitet pr E0-time var for Volvo gravemaskinen 31 m³, for Kobelco gravemaskinen var det 9 m³. For begge maskinene økte tidsbruken med økende trevolum. For den lille maskinen var denne økningen større enn for den store maskinen. Dette vil si at tidsbruken økte med økende trevolum, og at denne økningen var størst for den store maskinen. Analyser av produktivitet i avhengighet av brysthøydiameter og trehøyde viser at den store maskinen hadde kapasitet til å ta alle trestørrelser, likevel var det stor spredning i produktiviteten når brysthøydiameter og trehøyde var stor. Kobelco gravemaskinen hadde kapasitet til å avvirke trær med brysthøydiameter opp til 34 cm. Analyser av økonomiske forhold viser at for å dekke driftskostnadene inkludert lønn må entreprenør 1 (Volvo gravemaskinen) ha en inntjening på minimum 75 kr pr m³, mens entreprenøren av Kobelco gravemaskinen må ha en inntjening på 195 kr pr. m³. Sammenlignet med en hjulgående hogstmaskin, som må ha 51 kr pr. m³ ligger inntjeningskravet for driften med Volvo maskinen 50 % høyere og for Kobelco gravemaskinen 300% høyere. Dette viser at det innenfor segmentet av beltegående gravemaskiner er stor variasjon knyttet til produktivitet, og at det i det enkelte tilfellet må vurderes om det er mulig å møte inntjeningskravet i det enkelte entreprenørskapet. Drift med Volvo gravemaskinen kan utgjøre et alternativ til hjulgående hogstmaskin på grunn av fleksibiliteten som ligger i vekslingen mellom skogdrift og gravemaskinbasert drift. Når det gjelder drift med Kobelco gravemaskinene viser denne studien at kravet til inntjeningen er svært høyt. Dette gjør det vanskeligere å drive et lønnsomt entreprenørskap. Likevel gjør maskinens smidighet og størrelse den nok godt egnet til skogskjøtselstiltak som tynning og markberedning. Maskinens fleksibilitet blir dermed et argument som taler for at det er viktig å se også andre faktorer enn produktivitet målt som m³/ E0-time.

6. Referanser

Aavestrud, K. (2013). Hvilke faktorer er viktige for norske skogsentreprenører i driftsplanleggingen? Bacheloroppgave i Skogbruk. Evenstad. Tilgjengelig fra: http://www.nb.no/idtjeneste/URN:NBN:no-bibsys_brage_41476 (lest 17. juni 2014).

andersskordare.se. (Anders Skördare) *Arbro 350 E*. Tilgjengelig fra: <http://www.andersskordare.se/7.html> (lest 15. juni 2014).

at.no. (Nettsted for maskin- og transportteknikk) *Doosan-graver rustet for hogst*. Tilgjengelig fra: <http://www.at.no/index.php/anlegg/item/799-doosan-graver-rustet-for-hogst> (lest 4. juni 2014).

Biernath, D. (2012). *Forstmaschinen Extrem*. Scheeßel: Forstfachverlag.

brackeforest.com. Tilgjengelig fra: <http://www.brackeforest.com/parser.php?did=344:3083> (lest 20. juni 2014).

blocket.se. *Arbro 350E*. Tilgjengelig fra: http://www.blocket.se/ostergotland/Arbro_350E_48006242.htm (lest 27 mars 2014).

Burley, J., Evans, J. & Youngquist, J. A. (2004). *Encyclopedia of Forest Sciences*. Oxford: Elsevier Academic Press.

Dale, Ø., Nitteberg, M., Nyeggen, H. & Lisland, T. (1991). *Beltegående gravemaskin som basmaskin for skogsdrift*. Aktuelt fra Skogforsk, 8.

Edlund, J. (2012). *Harvesting in the Boreal Forest on Soft Ground. Ways to reduce ground damage*. Licentiate Thesis. Umeå. Tilgjengelig fra: http://pub.epsilon.slu.se/9171/72/Edlund_J_121030.pdf (lest: 6. juni 2014).

Ersson, B. T., Bersten, U. & Lindroos, O. (2014). *Reloading mechanized tree planting devices faster using a seedling tray carousel*. Silva Fennica. 48, 2. Tilgjengelig fra: http://pub.epsilon.slu.se/11057/1/ersson_bt_140312.pdf (lest 5. juni 2014).

evocon.rs. *Volvo tracked forestry carrier FC2121C*. Tilgjengelig fra: http://www.evocon.rs/pdf/guseninarske_sumarske_masine/FC2121C.pdf (lest 24. juni 2014).

finn.no (a). *Andre Logmax 9000*. Tilgjengelig fra: <http://m.finn.no/b2b/construction/ad.html?sort=0&ref=fas&finnkode=46156474> (lest 22. juni 2014).

Finstad, O & Kjellsen, A. (2011). *Skogbruket fra A til Å*. Allskog. Tilgjengelig fra www.allskog.no/upload/2011/11/09/skogbruket-fra-a-til-a.pdf (lest 16. mars 2014).

Fitje, A. (1989). *Tremåling*. Ås. Landbruksforlaget.

forestrytools.com. *Height Measuring with the Vertex III*. Tilgjengelig fra: <http://www.forestrytools.com.au/index.php?id=173> (lest 10. juni 2014).

Forst und Technik. (2012). Zeitschrift für Waldarbeit, Forsttechnik und Holztransport. *Raupenharvester aus den USA*. 4. Tilgjengelig fra: <http://www.forstunternehmen-gabele.de/pdf/forst-und-technik-04-2012.pdf> (lest 17. juni 2014).

Gabler Wirtschaftslexikon. *Gesetz der Massenproduktion*. Tilgjengelig fra: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/gesetz-der-massenproduktion.html> (lest 8. juni 2014).

gardskart.skogoglandskap.no (a). Tilgjengelig fra: <http://gardskart.skogoglandskap.no/map.html?komm=0911&gnr=42&bnr=7&fnr=0> (lest 22. juni 2014)

gardskart.skogoglandskap.no (b). Tilgjengelig fra: <http://gardskart.skogoglandskap.no/map.html?komm=0912&gnr=28&bnr=1&fnr=0> (lest 22. juni 2014)

gots.no (Graving og transportservice). *Teletining*. Tilgjengelig fra: <http://www.gots.no/teletining/> (lest 19. juni 2014).

herzog-forsttechnik.ch. *Grizzly 400-Yarder*. Tilgjengelig fra: http://www.herzog-forsttechnik.ch/images/Produkte/Prospekte%20ENG/Herzog_Grizzly%20400%20Yarder_EN_G.pdf (lest 10. mars 2014).

Hoff, K. G. (2009). *Grunnleggende bedriftsøkonomisk analyse*. 6. utg. Oslo. Universitetsforlaget.

Johansson, J. (1997). *Earth-Moving Equipment as Base Machines in Forest Work. Final report of an NSR jroject (NSR 37/93)*. Uppsatser och Resultat nr 294. Garpenberg. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Kärhä, K. (2012). *Comparison of two stump-lifting heads in final felling Norway Spruce stand*. *Silva Fennica* 46, 4, 625-640.

Just forest (2013). International Magazine from Komatsu Forest. 2. Tilgjengelig fra: <http://www.komatsuforest.com/default.aspx?id=105645> (lest 17. juni 2014).

Just forest (2006). International Magazine from Komatsu Forest. 3. Tilgjengelig fra: <http://www.komatsuforest.de/default.aspx?id=5172> (lest 4. juni 2014).

Just forest (2005). International Magazine from Komatsu Forest. 1. Tilgjengelig fra: http://www.komatsuforest.com/Media/Pdf/CustomerMagazines/JF1-05_eng.pdf (lest 4. juni 2014).

komatsuforest.cz. Tilgjengelig fra: <http://www.komatsuforest.cz/default.aspx?id=66183> 20.06.14 (lest 20. juni 2014)

Laitila, J. & Väätäinen, K. (2014). *The Cutting Productivity of the Excavator-based Harvester in Integrated Harvesting of Pulpwood and Energy Wood*. *Baltic Forestry*, 19, 2, 289-300.

Larsen, Ø. S. (2008). *Skogbrukslære*. Oslo. Tun forlag.

lectura-specs.com. *New Holland E70SR*. Tilgjengelig fra: [http://media.lectura-specs.com/data_sheets/E70SR_2005\(a4a\).pdf](http://media.lectura-specs.com/data_sheets/E70SR_2005(a4a).pdf) (lest 26. juni 2014).

lwf.bayern.de. *Neue Wege beim Bodenschutz*. Tilgjengelig fra: http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a67_bodenschutz_web.pdf (lest 26. juni 2014).

logbear.fi. *Combimaskin – FH4000*. Tilgjengelig fra: <http://www.logbear.fi/index.php?sivu=tuote.php&tuote=korjuukone&kieli=se> (lest 4. juni 2014).

logmax.com. *LogMax 7000XT*. Tilgjengelig fra: <http://www.logmax.com/se/produkter/7000xt> (Lest 21. juni 2014)

logset.se. *THXtender preparationskit*. Tilgjengelig fra: http://www.logset.se/Logset_products/Skordaraggregat/THXtender (lest 4. juni 2014).

Løvås, G. G. (2004). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. 2. utg. Oslo. Universitetsforlaget.

mascus.no (a). *Valmet 911.4 – Norge*. Tilgjengelig fra: <http://www.mascus.no/skogsmaskiner/forest-hogstmaskiner/valmet-911-4/prpqnhqn.html> (lest 5. mars 2014).

mascus.no (b). *New Holland Kobelco E265B*. Tilgjengelig fra: <http://www.mascus.no/anlegg/beltegraver/new-holland-kobelco-e265b-year-2012-neu-2x-extra-line/gjlnltgq.html> (lest 7. juni 2014).

mascus.no (c). *New Holland E70SR – spesifikasjoner og manualer*. Tilgjengelig fra: http://www.mascus.no/specs/beltegravere_971334/new%20holland/e-70-sr_1005415 (lest 10. juni 2014).

mfg.no. (Maskingrosstisternes Forening). *Anleggsmaskingruppen*. Tilgjengelig fra: <http://www.mfg.no/presse/statistikker/anleggsmaskingruppen> (lest 19. juni 2014).

mohedasystem.se. *Moheda M101/4WD*. Tilgjengelig fra: <http://www.mohedasystem.se/produkter/vagnar/moheda-m1014wd> (lest 10. juni 2014).

Nakagawa, M., Hayashi, N. & Narushima, T. (2010). *Effect of tree size on time of each work element and processing productivity using an excavator-based single-grip harvester or processor at a landing*. Journal of Forestry Research, 15, 225-233.

neuson-ecotec.com. *9002HV der Profi für Erst- und Zweitudurchforstung*. Tilgjengelig fra: <http://www.neuson-ecotec.com/index.php?id=50&L=2%2520AND%25201%253D2%2520UNION%2520ALL%2520SELECT%25200x346e64337273306e31346e64337273336e-> (lest 4. juni 2014).

Nitteberg, M. A. & Lileng, J. (2004). *Mekanisert hogst i bratt terreng*. Rapport fra skogforskningen, 8. Tilgjengelig fra: <http://www.skogoglandskap.no/filearchive/r-2004-8.pdf> (lest 19. juni 2014).

Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd (1978). *Nordisk avtale om skoglig arbeidsstudienomenklatur*. Ås.

Norsk Skoghåndbok (1996). Heje, K. K. & Nygaard, J. (Helgestad, A. (Red). Ås. Landbruksforlaget.

nyaasmaskin.no. Tilgjengelig fra:
http://www.nyaasmaskin.no/kobelco_new_holland_e_70_sr.htm (lest 10. juni 2014).

promac.bc.ca. *Horizontal shaft cutters*. Tilgjengelig fra:
<http://promac.bc.ca/horizontal.php> (lest 19. juni 2014).

Ramantswana, M., McEwan, A. & Pauw, J. (2012). *Determining the effect of tree size, bark-wood bond strength and tree form on the productivity of an excavator-based harvester in Acacia mearnsii in the KwaZulu-Natal forestry region of South-Africa*. Southern Forests: a Journal of Forest Science, 74, 3, 151-157.

samfunnsøkonomisk-analyse.no *Svak oppgang i nyboligsalget*. Tilgjengelig fra:
<http://www.samfunnsokonomisk-analyse.no/econ-nye-boliger> (lest 5. mars 2014).

Samset, I. (1990). *Some observations on time and performance studies in forestry. Erfaringer angående tids- og prestasjonsstudier i skogbruket*. Ås. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning.

skogoglandskap.no. *Skog*. Tilgjengelig fra:
http://www.skogoglandskap.no/temaer/skog/subject_view (lest 16. mars 2014).

Skog og landskap (2013). *Gravedrifter - et alternativ i bratte skogslier når det tas særlige hensyn*. (Woxholtt, S.) Tilgjengelig fra:
http://www.skogoglandskap.no/nyheter/2013/gravedrifter_et_alternativ_i_bratte_skogslier/newsitem (lest 5. juni 2014).

Skog og landskap (2007). *Optimal oppdeling av stammen – aptering*. Tilgjengelig fra:
<http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2007/aptering/newsitem> (lest 18. mars 2014).

skogoglandskap.no (a). *Seksjon teknikk og økonomi*. Tilgjengelig fra:
http://test.skoglandskap.c.bitbit.net/organisasjonsseksjon/seksjon_teknikk_og_okonomi (lest 16. mars 2014).

skogoglandskap.no (b). *Mekanisert hogst*. Tilgjengelig fra:
<http://www.skogoglandskap.no/kalkulator/hogstkalkulator> (lest: 22. juni 2014).

skogoglandskap.no (c). *Volumberegning (kubering) av enkelttrær*. Tilgjengelig fra:
http://www.skogoglandskap.no/kalkulator/volumberegning_enkelttraer/volumberegning_enkelttraer/ny_enkelttre_kalkulator?calculator_mode=True (lest 10. juni 2014).

skogteknikk.no Tilgjengelig fra: <http://www.skogteknikk.no/om-oss> (lest 20. juni 2014).

specs.lectura.de. *9002 HV, Neuson-Ecotec*. Tilgjengelig fra:
<http://specs.lectura.de/de#!/category/983645/manufacture/987022/type/1134578> (lest 20. juni 2014).

Spinelli, R., Owende, P.M.O. & Ward, S.M. (2002). *Productivity and cost of CTL harvesting of Eucalyptus globulus stands using excavator-based harvesters*. Forest Products Journal, 52, 1, 67-77.

Spinelli, R. (2004). *Harvesting of Thinnings*. Encyclopedia of Forest Sciences Vol 1. Burley, J. et al. (Eds). Oxford: Elsevier Academic Press.

Statistisk sentralbyrå (2014). *Skogavvirkning for salg, 2014, foreløpige tall*. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/skogav/aar-forelopige/2014-01-22> (lest 6. juni 2014).

Steensgaard, L. (1993). *Anleggsdrift: anleggsmaskiner og annet utstyr for anleggsdrift*. Oslo: Universitetsforlaget.

Store Norske Leksikon (snl.no). *Hogstmaskin*. (Syverud, G.) (2011) Tilgjengelig fra: <http://snl.no/hogstmaskin> (lest 16. mars 2014).

Store Norske Leksikon (snl.no). *Skogbruk i Norge*. Hoen, H. F. & Svendsrud, A. Tilgjengelig fra: http://snl.no/Skogbruk_i_Norge (lest 8. juni 2014).

St. meld. Nr. 17 (1998-99). *Verdiskaping og miljø – muligheter i skogsektoren* (Skogmeldingen). Landbruksdepartementet. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/lmd/dok/regpubl/stmeld/19981999/stmeld-nr-17-1998-.html?id=192088> (lest 21. juni 2014).

Talbot, B. (2013). *Forprosjekt – evaluering av gravedrifter*. Rapport fra Skog og landskap. 5. Tilgjengelig fra: http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport_05_13_forprosjekt_evaluering_av_gravedrifter.pdf (lest 5. juni 2014).

timbear.se (a). *Bilder*. Tilgjengelig fra: <http://www.timbear.se/index.php/vaelkommen-till-timbear/media/bilder> (lest 20 juni 2014).

timbear.se (b). *Lightlogg C*. Tilgjengelig fra: <http://www.timbear.se/index.php/vaelkommen-till-timbear/produkter/lightlogg-c> (lest 10. mars 2014).

timberPro.com. *TN 725-B, TL 725-B, TL735-B*. Tilgjengelig fra: <http://timberpro.com/Modules/725B735B/725B735B.pdf> (lest 12. mars 2014).

traktorodetal.ru. Tilgjengelig fra: <http://www.traktorodetal.ru/?portfolio=909kh#prettyPhoto/0/> (lest 20. juni 2014).

Väätäinen, K., Sikanen, L. & Asikainen. (2004). *Feasibility of Excavator-Based Harvester in Thinnings of Peatland Forests*. 15, 2. Tilgjengelig fra: <http://journals.hil.unb.ca/index.php/ijfe/article/view/9855/9999> (lest 6. juni 2014).

väkevä.fi. *För gravmaskiner*. Tilgjengelig fra: http://www.väkevä.fi/app/product/list/-/id/1/language_code/se/set_language/se (lest 17. mars 2014).

Vennesland, B., Hohle, A. E., Kjøstelsen, L. & Gobakken, L. R. (2013). *Prosjektrapport kimatre. Energiforbruk og kostnader – Skog og bioenergi*. Rapport fra Skog

og Landskap, 14. Tilgjengelig fra:

http://www.skogoglandskap.no/filearchive/rapport_14_13_prosjektrapport_klimatre_energifo_rbruk_og_kostnader_skog_og_bioenergi.pdf (lest 7. juni 2014).

Vevstad, A. (1995). *Skogen i Aust-Agder frå Skagerrak til fjellet*. Arendal: Aust-Agder Skogselskap.

Volvo Construction Equipment (2014) (a). *The FC2421C – Rugged, Safe and Productive*. Tilgjengelig fra: <http://www.volvoce.com/constructionequipment/na/en-us/products/trackedforestrycarriers/FC2421C/Pages/featuresandbenefits1.aspx> (lest 10. mars 2014).

Volvo Construction Equipment (2010) (b). *Forestry solutions tracked forestry carriers*. Tilgjengelig fra: http://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/Documents%20Global/Tracked%20forestry%20carriers/SegmentBrochure_ForestrySolutions_EN_21B1004246_2010-02.pdf (lest 4. juni 2014).

volvoce.com. (Volvo Maskin AS). *Serviceverksteder*. Tilgjengelig fra: <http://www.volvoce.com/dealers/no-no/Volvo/partsservice/serviceorg/Pages/introduction.aspx> (lest 5. mai 2014).

Våre vegger (2012). *Maskinsalget økte 15 prosent i fjor. 2*. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/vareveger/2012/02/03/maskinsalget-okte-15-prosent-i-fjor> (lest 5. mars 2014).

waldwissen.net (a). (Informationen für die Forstpraxis). *Was man über Harvester wissen sollte*. (Pröll, W.) Tilgjengelig fra: http://www.waldwissen.net/technik/holzernte/maschinen/bfw_wissen_harvester/index_DE (lest 7. mars 2014).

waldwissen.net (b). (Informationen für die Forstpraxis). *Neue Technik für die Holzernte im Hochgebirge*. Tilgjengelig fra: http://www.waldwissen.net/technik/holzernte/maschinen/lwf_raupenharvester/index_DE Lest 5. mars 2014)

Wang, J. & Haarlaa, R. (2002). *Production analysis of an excavator-based harvester: A case study in Finnish forest operations*. Forest products journal, 52, 3, 85-90.

Wikipedia. (2014). *Gravemaskin*. Tilgjengelig fra: <http://no.wikipedia.org/wiki/Gravemaskin> (lest 17. juni 2014).



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

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