



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Maskinell og manuell planting av gran på hauglagte og inverterte markberedningsflekker: Effekter på utviklingen i høyde, diameter og mortalitet.

Mechanized and manual planting of Norway spruce on mounded and inverted scarification plots: Effects on the development of height, diameter and mortality.

Lars Hagen Haugsrud

Skogfag
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på min skogfaglige utdanning ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Aller først vil jeg rette en stor takk til min veileder professor Andreas Brunner. Din veiledning har vært avgjørende for gjennomføringen av denne oppgaven, både med tanke på forsøksplanleggingen og selve skrivingen. Du stiller høye krav og kommer alltid med utfyllende og grundige tilbakemeldinger. Det er tydelig at du tar rollen som veileder på alvor, noe jeg har satt stor pris på.

Jeg vil også takke Mjøsen Skog som tilrettela for hele forsøket. Takk for at dere fant egnede hogstflater, var med på befarings, stilte med manuell planting og dekket kostnaden av å flytte plantemaskina tidlig mellom hogstflatene. Takk til Skogsentreprenør Ole Bertil Reistad som eide det maskinelle planteaggregatet, og takk til grunneierne som slapp meg utpå hogstflatene sine og hjalp meg med bomtilgang. Takk til NordGen for økonomisk støtte til feltarbeidet.

Jeg vil også rette en takk til Sylvia Stolsmo som har hjulpet meg med feltarbeid og korrekturlesing. Til slutt vil jeg takke alle som hjalp meg med feltarbeidet: Simen Hagen Haugsrud, Vigdis Hagen, Even Haugsrud og Torleif Finstad. Å måle 1800 planter tre ganger var en større jobb enn antatt. Uten dere hadde jeg slitt fælt der jeg krabbet rundt på flatene med tommestokk og skyvelære.

Norges miljø og biovitenskapelige universitet

10.05.2018

Lars Hagen Haugsrud

Sammendrag

Planting er den vanligste foryngelsesmetoden av gran (*Picea abies* (L.) Karst.) i Norge. Til tross for at skogbruket har vært igjennom en storstilt mekanisering har implementeringen av nye plantemetoder gått sakte. Målet med denne masteroppgaven er å sammenligne høydetilveksten, diametertilveksten og mortaliteten etter maskinell og manuell planting av ett år gamle pluggplanter av gran på hauglagte og inverterte markberedningsflekker.

Planteaggregatet Bracke P11.a ble brukt i dette forsøket, da det er det vanligste maskinelle plantesystemet i Norden, og det eneste i aktiv bruk i Norge. Forsøket strekker seg over tre hogstflater fra 525-700 m.o.h. nær Vingrom i Lillehammer kommune. Etter to vekstsesonger viste plantene ingen signifikante forskjeller i diameter, høyde eller mortalitet som følge av plante- eller markberedningsmetode. Det var signifikante forskjeller i høydetilvekst, diametertilvekst og mortalitet mellom flate 1 og de andre flatene. Disse forskjellene skyldes trolig plantetidspunktet, da flate 1 ble plantet i starten av juni og flate 2 og 3 ble plantet i starten av juli. Etter to vekstsesonger hadde plantene på flate 1 68% større høyde, 37% større diameter og 8,7% lavere mortalitet enn plantene på flate 2 og 3. Resultatene viser at det maskinelle plantesystemet Bracke P11.a kan utføre planting som fører til lik vekst og mortalitet som manuell planting de to første årene.

Abstract

Planting is the most common regeneration method of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Norway. In contrast to the rest of the forestry sector, planting has remained a manual task. The goal of this Master's Thesis is to compare mechanized planting with manual planting using one-year old Norway spruce on mounded and inverted soil scarification spots. The Bracke P11.a planting machine was used in this study as it is the most common type of planting machine in the Nordic countries and the only type in Norway. The study area consists of three clear-cuts from 525-700 meters a.s.l. near Vingrom in Lillehammer municipality in Norway. Each clear cut contains three replicates, each consisting of the four different planting methods. After two growing seasons there were no significant differences in diameter, height or mortality as a result of the planting or scarification method used. There were significant differences between site 1 and the other sites that were probably a result of the planting date. Site 1 was planted in early June and site 2 and 3 were planted in early July. The seedlings on site 1 had 68% larger height, 37% larger diameter and 8,7% lower mortality than the seedlings on site 2 and 3. The results show that the planting done by the Bracke P11.a planting machine can result in equal growth and mortality as manual planting during the first two years.

Innhold

1. Introduksjon	1
1.1 Planting.....	1
1.2 Markberedning	1
1.3 Maskinelle plantesystemer	3
1.4 Effekter av maskinell planting på etablering og vekst av gran	3
1.5 Hypoteser	4
2. Materiale og metode	5
2.1 Studieområde.....	5
2.2 Klima og vær	6
2.3 Forsøket.....	6
2.4 Markberednings- og plantemetode.....	7
2.5 Plantemateriale	9
2.6 Forsøksdesign.....	9
2.7 Datainnsamling.....	10
2.8 Statistiske metoder	11
3. Resultater	14
3.1 Tilstand rett etter planting	15
3.1.1 Høyde rett etter planting	15
3.1.2 Diameter rett etter planting.....	17
3.2 Tilstand etter én vekstsesong.....	19
3.2.1 Høyde etter én vekstsesong	19
3.2.2 Diameter etter én vekstsesong	21
3.3 Tilstand etter to vekstsesonger	23
3.3.1 Høyde etter to vekstsesonger.....	23
3.3.2 Diameter etter to vekstsesonger.....	25

3.4 Tilvekst.....	27
3.4.1 Høydetilvekst.....	27
3.4.2 Diametertilvekst.....	32
3.5 Mortalitet.....	36
3.6 Beiteskader	40
4. Diskusjon	42
4.1 Generelt	42
4.2 Plantemetode	42
4.3 Markberedningsmetode.....	43
4.4 Flate og plantetidspunkt	45
5. Konklusjon.....	46
6. Litteratur	47

1. Introduksjon

Foryngelsen av avvirket skog markerer starten på et nytt omløp og legger grunnlaget for hele verdiproduksjonen. Naturlig foryngelse av gran (*Picea abies* (L.) Karst.) uten hjelpetiltak kan være utfordrende, spesielt på store hogstflater. Usikre frøår og kort frøspredning fra tilgrensende gammelskog gir konkurrerende vegetasjon tid til å etablere seg først på de beste spireplassene (Eriksson & Ehrlén, 1992; Granhus & Fløistad, 2010). I Norge er gran det vanligste treslaget og representerte i 2016 44% av den stående kubikkmassen og over halvparten av den totale volumtilveksten (SSB, 2017). Det samme året utgjorde gran 74% av det totale avvirkningsvolumet i Norge, og nesten alt ble avvirket med flatehogst (Granhus et al., 2015).

1.1 Planting

Planting er en svært utbredt foryngelsesmetode av gran og reduserer risikoen for manglende foryngelse. Foryngelseskontrollen for skogbruk/miljø fra 2010-2013 viste at 68,9% av foryngelsesarealet som ikke ble tilrettelagt for foryngelse hadde under minste lovlig planteantall satt i Bærekraftforskriften (Bærekraftforskriften, 2006; Granhus et al., 2015). På områdene som ble tilrettelagt ved planting var andelen 7,5%. Antallet skogplanter plantet i Norge har økt fra 20,3 millioner i 2010 til 34,9 millioner i 2016 (Landbruksdirektoratet, 2018). Noe av drivkraften bak denne økningen er høyere avvirkning og tilskudd til tettere planting. Planting kan kombineres med markberedning for å øke sannsynligheten for en vellykket foryngelse (Örlander et al., 1998).

1.2 Markberedning

Ved markberedning brytes humuslaget på toppen av skogsmarka slik at plantene kan settes rett i mineraljorden. Tiltaket kan grovt sett deles inn i to undergrupper: Fure- og flekkmarkberedning. Furemarkberedning er en kontinuerlig markberedningsmetode som lager striper med forstyrret humus ved hjelp av pløying, harving eller fresing. Flekkmarkberedning er en intermitterende markberedningsmetode som forstyrrer humusen punktvis ved hjelp av graving eller fresing (Skogkurs, 2014). I denne oppgaven fokuseres det på to vanlige flekkmarkberedningsmetoder: Hauglegging og invertering. Ved hauglegging blir humusen og den øverste mineraljorda vendt og lagt til side. Ved invertering blir humusen og den øverste mineraljorda vendt på stedet. Hauglegging fører til en hevet plante plass med

ren mineraljord over et dobbelt humuslag, og invertering fører til en flat planteplass med ren mineraljord over et enkelt humuslag.

Ved markberedning øker temperaturen i jorda, jordstrukturen brytes opp og mineraliseringen av næringsstoffer øker, noe som kan føre til bedre etablering av plantenes rotsystem (Heiskanen & Rikala, 2006; Heiskanen et al., 2013; Nordborg et al., 2003; Örlander et al., 1998; Smolander et al., 2000; Wallertz & Malmqvist, 2013). Flere forsøk har vist positive effekter som redusert mortalitet og økt tilvekst (Heiskanen & Rikala, 2006; Heiskanen et al., 2013; Johansson et al., 2007; Johansson et al., 2013; Örlander et al., 1998).

Örlander et al. (1998) fant lavere mortalitet ved planting av gran i Nord-Sverige på inverterte (2%) og hauglagte (4%) markberedningsflekke sammenlignet med ingen markberedning (30%) etter 10 år. Senere forsøk med gran i Nord-Sverige og Finland har underbygget dette resultatet og viser en nedgang i mortalitet ved hauglegging og invertering på henholdsvis 5-15% og 15-20% sammenlignet med ingen markberedning (Hallsby & Örlander, 2004; Heiskanen et al., 2013; Johansson et al., 2013). De store forskjellene i mortalitet for planting med og uten markberedning skyldes ofte reduserte skader av gransnutebille (*Hylobius abietis* L.) når markberedning utføres (Granhus et al., 2003; Heiskanen et al., 2013; Heiskanen et al., 2016; Wallertz & Malmqvist, 2013).

Örlander et al. (1998) fant også større høyde etter 10 år hos gran i Nord-Sverige som ble plantet på inverterte (+100%) og hauglagte (+48%) markberedningsflekke sammenlignet med ingen markberedning. Dette underbygges av Hallsby og Örlander (2004) og oppfølgeren av det samme forsøket, Johansson et al. (2013), som registrerte større høyde hos gran i Nord-Sverige etter 5 og 18 vekstsesonger på inverterte (hhv. +44% og +22%) og hauglagte (hhv. +31% og +22%) markberedningsflekke sammenlignet med ingen markberedning. Wallertz og Malmqvist (2013) så ingen forskjeller i høydertilvekst hos gran som ble plantet i kombinasjon med invertering, hauglegging og ingen markberedning etter to år i Sør-Sverige. De pekte på veldig gode forhold med nok regn og høye temperaturer som en mulig årsak. Forskjellene i vekst etter invertering og hauglegging blir ofte forklart med at det har blitt målt høyere temperaturer i jorda og en bedre nærings- og vanntilgang på inverterte enn på hauglagte markberedningsflekke (Hallsby & Örlander, 2004; Johansson et al., 2013; Örlander et al., 1998).

I Norge har andelen markberedt areal der foryngelsesmetoden er planting økt fra 8,5% i 2010 til 15,4% i 2016, men det er fortsatt mulig å doble arealet som blir markberedt (Granhus &

Eriksen, 2017). Utviklingen i bruken av markberedning kan blant annet knyttes til utarbeidelsen av en ny markberedningsstandard for innlandet hvor bruken av og potensialet for markberedning er størst (Øvergård, 2014; Søgaard et al., 2017).

1.3 Maskinelle plantesystemer

Med økt interesse for både planting og markberedning er det aktuelt å undersøke maskinelle plantesystemer som kombinerer begge disse tiltakene. Maskinell planting er ingen ny tanke, og har eksistert i Skandinavia siden 1960-tallet. På den tiden ble det sett på som en naturlig del av en større mekanisering av skogbruket, og var en mulighet til å sikre seg mot manglende manuell arbeidskraft i fremtiden (Ersson, 2014; Hallongren et al., 2014; Petersson, 2008). Metoden har hele tiden blitt utviklet for større effektivitet, økt kvalitet og bedre arbeidsforhold for operatørene. Designet har endret seg fra å være basert på furemarkberedning og kontinuerlig planting, til planteaggregater som kan utføre flekkmarkberedning montert på gravemaskiner eller hogstmaskiner (Ersson, 2014; Hallongren et al., 2014; Petersson, 2008; Rantala et al., 2009; Rantala & Laine, 2010).

I 2013 opererte færre enn 10 maskinelle plantesystemer i Sverige og 30-35 maskinelle plantesystemer i Finland. Disse sto for mindre enn henholdsvis 1% og 5% av landenes totale plantemengde (Ersson, 2014; Laine & Rantala, 2013; Laine et al., 2016). Antallet maskinelle plantesystemer i drift i dag har sunket til 5 i Sverige og cirka 30 i Finland (Ersson et al., vurderes for publisering). Alle de maskinelle plantesystemene i Sverige og de aller fleste i Finland er av typen Bracke P11.a (Brackeplanter) (Ersson et al., vurderes for publisering). Sammenlignet med Sverige og Finland er maskinell planting lite utbredt i Norge, og jeg har kun lyktes i å spore opp ett maskinelt plantesystem i aktivt bruk. Dette er en Brackeplanter, og er den samme maskinen som ble brukt i etableringen av dette forsøket.

1.4 Effekter av maskinell planting på etablering og vekst av gran

Det finnes noe forskning på kvaliteten av plantejobben utført av Brackeplanteren, men det er få som følger opp veksten og overlevelsen til plantene over flere vekstsesonger. Enda færre sammenligner plantekvaliteten til Brackeplanteren med manuell planting på samme type markberedningsflekker. Arnkil og Hämäläinen (1995) vurderte plantekvaliteten utført av Brackeplanteren i Finland ut ifra plantedybde, kompresjon av markberedningsflekken og hvor rett planta sto. I terreng med lite stein vurderte de plantekvaliteten som like god etter

Brackeplanter som etter manuell planting. I terreng med mye stein ble en lavere andel planter vurdert som godt plantet av Brackeplanter (75-80%) enn etter manuell planting (90%). Nieuwenhuis og Egan (2002) sammenlignet Brackeplanter med manuelt plantet (plantespade) sitkagran (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) på Irlands østkyst. Plantekvaliteten ble bedømt ut i fra planteposisjonen (helling og dybde) og kontakten mellom jorda og rotpluggen. Den manuelle plantekvaliteten ble bedømt som bedre, og mortaliteten etter ett år var noe lavere hos disse (1,5-2%) enn hos plantene som ble plantet maskinelt (2-7,5%). Etter ett år ble det ikke funnet noen gjennomgående signifikante forskjeller i vekst. Det var allikevel en tendens for at plantene som ble plantet med Brackeplanter hadde større høydetilvekst, men ikke diametervekst, enn de manuelt plantede plantene. Saarinen (2006) fant lik mortalitet hos gran som ble plantet manuelt og maskinelt med en Brackeplanter i Sør-Finland etter én vekstsesong (1% døde planter, 5% svekkede planter).

1.5 Hypoteser

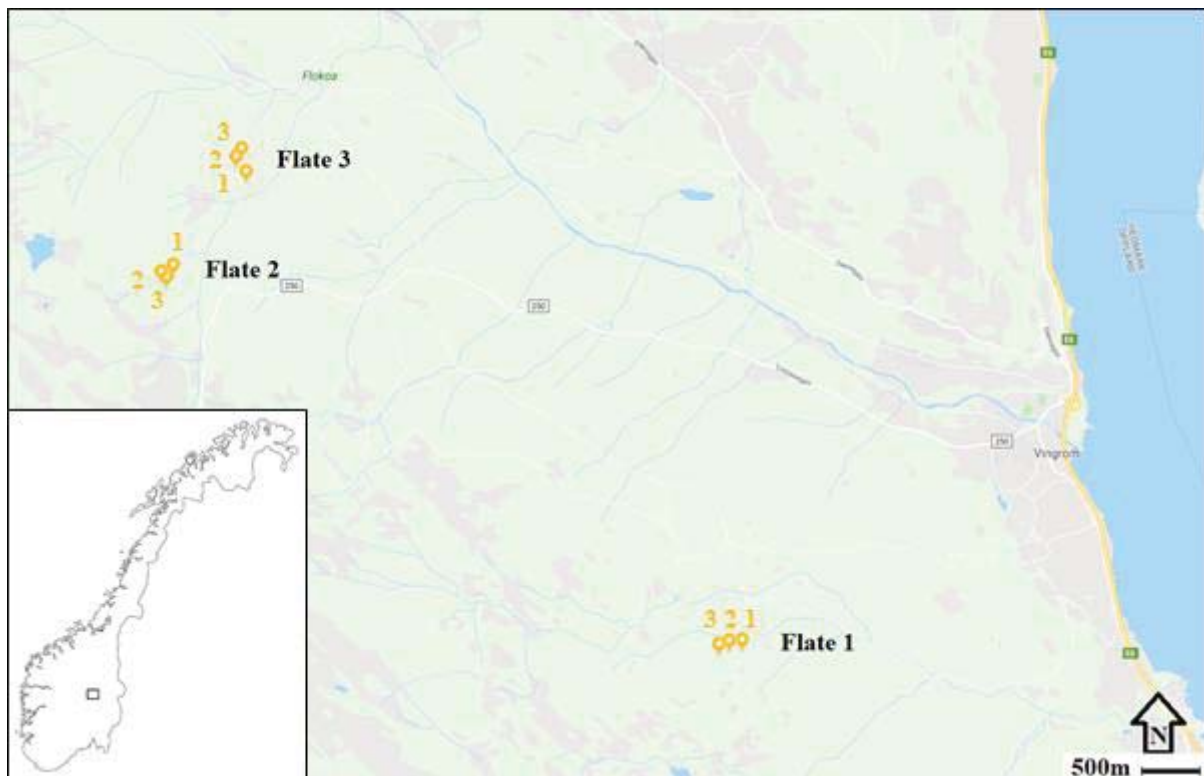
Målet for denne masteroppgaven var å sammenligne diameterveksten, høydetilveksten og mortaliteten til gran som ble plantet manuelt og med Brackeplanter. I tillegg ble effekten av to markberedningsmetoder, hauglegging og invertering, undersøkt i kombinasjon med begge plantemetodene. Basert på eksisterende forskning er det sannsynlig at maskinell planting vil føre til større høydetilvekst enn manuell planting, men at diameterveksten vil være den samme. Videre forventes det at både høyde- og diameterveksten vil være høyere på inverterte enn på hauglagte markberedningsflekker. Mortaliteten vil sannsynligvis være høyere etter maskinell planting enn manuell planting, og den vil være høyere på hauglagte enn på inverterte markberedningsflekker. Jeg håper denne masteroppgaven kan gi et innblikk i plantekvaliteten utført av Brackeplanter under norske forhold. Jeg ønsker å teste disse hypotesene:

- I. Maskinell planting fører til større høydetilvekst enn manuell planting.
- II. Maskinell planting fører til lik diametervekst som manuell planting.
- III. Maskinell planting fører til større mortalitet enn manuell planting.
- IV. Invertering fører til større høydetilvekst enn hauglegging.
- V. Invertering fører til større diametervekst enn hauglegging.
- VI. Invertering fører til lavere mortalitet enn hauglegging.

2. Materiale og metode

2.1 Studieområde

Studieområdet ligger i Vingromsåsen vest for Vingrom (61,0439° nord, 10,4329° øst) i Lillehammer kommune, Oppland, og strekker seg over tre hogstflater (Figur 1). Bestandene ligger mellom 525 - 700 m.o.h. Boniteten er jevnt over høy, spesielt med tanke på hvor høyt flatene ligger (Tabell 1). Flate 1 og 2 ble avvirket vinteren 2014/15 og flate 3 ble avvirket vinteren 2015/16. Forsøket ble etablert på forsommeren 2016 og fulgt opp på slutten av vekstsesongen i 2016 og 2017.



Figur 1: Kartet viser beliggenheten til gjentakene (gule merker med tilhørende gjentaknummer) fordelt på de tre flatene i området vest for Vingrom. Kartet er hentet fra google maps.

Tabell 1: Flateinformasjon fra skogbruksplan og Mjøsen skog.

Flate-nummer	Hogstflate-størrelse	Bonitet	Avvirkningstidspunkt	Høyde (m.o.h.)	Plantetidspunkt 2016
1	49 dekar	G17	Vinteren 2014/15	550 - 600	7. – 10. juni
2	68 dekar	G14	Vinteren 2014/15	675 - 700	5. -7. juli
3	44 dekar	G17	Vinteren 2015/16	525 - 550	8. juli

2.2 Klima og vær

Gjennomsnittstemperatur og nedbørsum er hentet fra nærmeste målestasjon, Sætherengen, som ligger cirka 6 km nordøst for prøveflatene. Målestasjonen ligger på 240 m.o.h. som er en del lavere enn flatene (550-700 m.o.h.). Området målestasjonen ligger i er heller ikke østvendt slik som flatene. Det kan derfor antas at temperaturen var noe lavere enn det som ble målt på målestasjonen (Tabell 2). Ved etableringen av forsøket i starten av juni 2016 lå det fortsatt litt snø langs veiene i skyggefulle områder. De målte temperaturene var noe høyere enn det langsiktige gjennomsnittet for de siste 30 årene (1988 – 2017) i juni og september 2016. Utover dette var temperaturene ganske normale. Nedbørsmengden var høyere enn det langsiktige gjennomsnittet i mai og juli, men ellers var sommeren 2016 tørrere enn gjennomsnittet. I 2017 var temperaturen ganske normal, men forsommeren var tørrere og sensommeren var våtere enn det langsiktige gjennomsnittet.

Tabell 2: Gjennomsnittstemperatur og nedbørsum for begge vekstsesongene og normaltall for de siste 30 årene, målt på Sætherengen målestasjon. Værdataene er hentet fra eKlima, en portal til Meteorologisk institutts klimadatabase

Måned	2016		2017		1988-2017	
	T (°C)	N (mm)	T (°C)	N (mm)	T (°C)	N (mm)
Mai	10,3	79,2	9,9	52,6	9,3	59,1
Juni	15	53,1	13,3	56,4	13,5	68,2
Juli	15,6	91	14,9	70,7	15,8	83,2
Aug.	14	74	13,4	117,4	14,2	98,8
Sept.	13,2	52,9	10,3	78,7	9,8	64,0
Okt.	3,3	19,7	4,5	101,6	3,9	71,5

2.3 Forsøket

Forsøket undersøker hvorvidt fire ulike foryngelsesmetoder har forskjellig effekt på gran når det kommer til vekst og mortalitet de to første vekstsesongene. De fire foryngelsesmetodene som inngår i forsøket er:

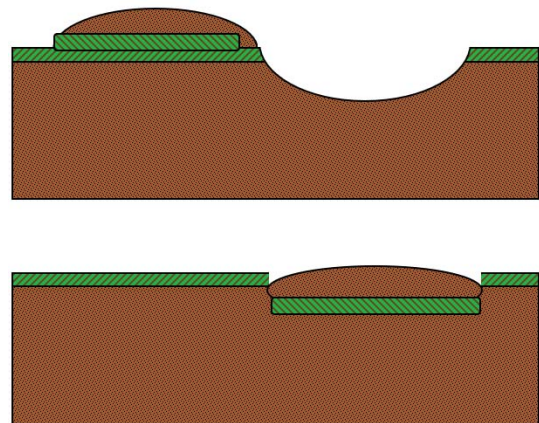
- 1) Manuell planting på hauglagt markberedningsflekk
- 2) Manuel planting på invertert markberedningsflekk
- 3) Maskinell planting på hauglagt markberedningsflekk
- 4) Maskinell planting på invertert markberedningsflekk

2.4 Markberednings- og plantemetode

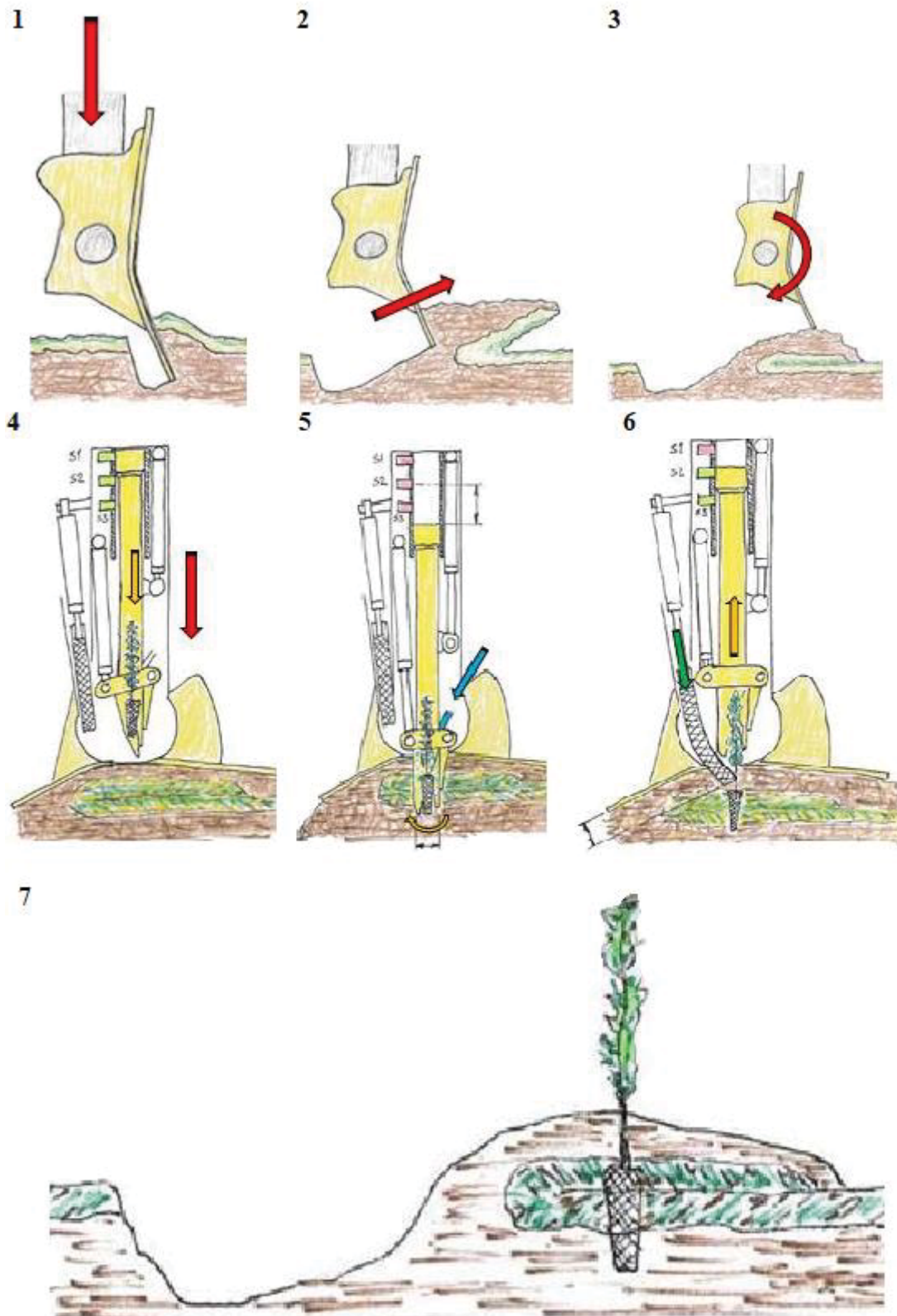
Markberedningen og den maskinelle plantingen ble utført med planteaggregatet Bracke P11.a fra Bracke forest (Figur 2). Aggregatet er utstyrt med en hydraulisk «fot» som vender og pakker jorda. Ved hauglegging stikkes «foten» ned i marka før den dras og løftes mot gravemaskinen. Så vendes og komprimeres jorda ved siden av hullet jorda er hentet fra. Ved invertering skyves jorda tilbake i hullet før den komprimeres (Figur 3). Den maskinelle plantingen ble utført av den samme Brackeplanteren som utførte markberedningen. Etter komprimeringen stikker Brackeplanteren et «nebb» ned i senter av markberedningsflekken før enden åpnes slik at en pluggplante faller ned i jorda. Røret blir rensset med litt vann før det heves og en «gummitunge» pakker jorda inntil rotpluggen fra den ene siden. Arbeidssyklusen er illustrert i Figur 4. Den manuelle plantingen ble gjort ved hjelp av et planterør. Plantøren var meget erfaren og fikk instruks om å plante i senter av markberedningsflekkene. Hvis dette ikke var mulig, på grunn av stein eller hogstavfall, skulle han sette planten så nære midten som mulig.



Figur 2: Brackeplanteren i ferd med å komprimere en invertert markberedningsflekk på flate 1 i forsøket.



Figur 3: Hauglagt markberedningsflekk (over) og invertert markberedningsflekk (under). Humus markert med skrå striper.



Figur 4: Arbeidssyklusen til planteaggregatet Brackeplanteren. Steg 1-4: Vending og komprimering av markberedningsflekken. Steg 4-5: Pluggplanta settes i jorda og røret renses med vann (blå pil). Steg 6: jorda komprimeres rundt rotpluggen (grønn pil). Illustrasjonene ble delt med meg av Per Jonsson i Bracke Forest.

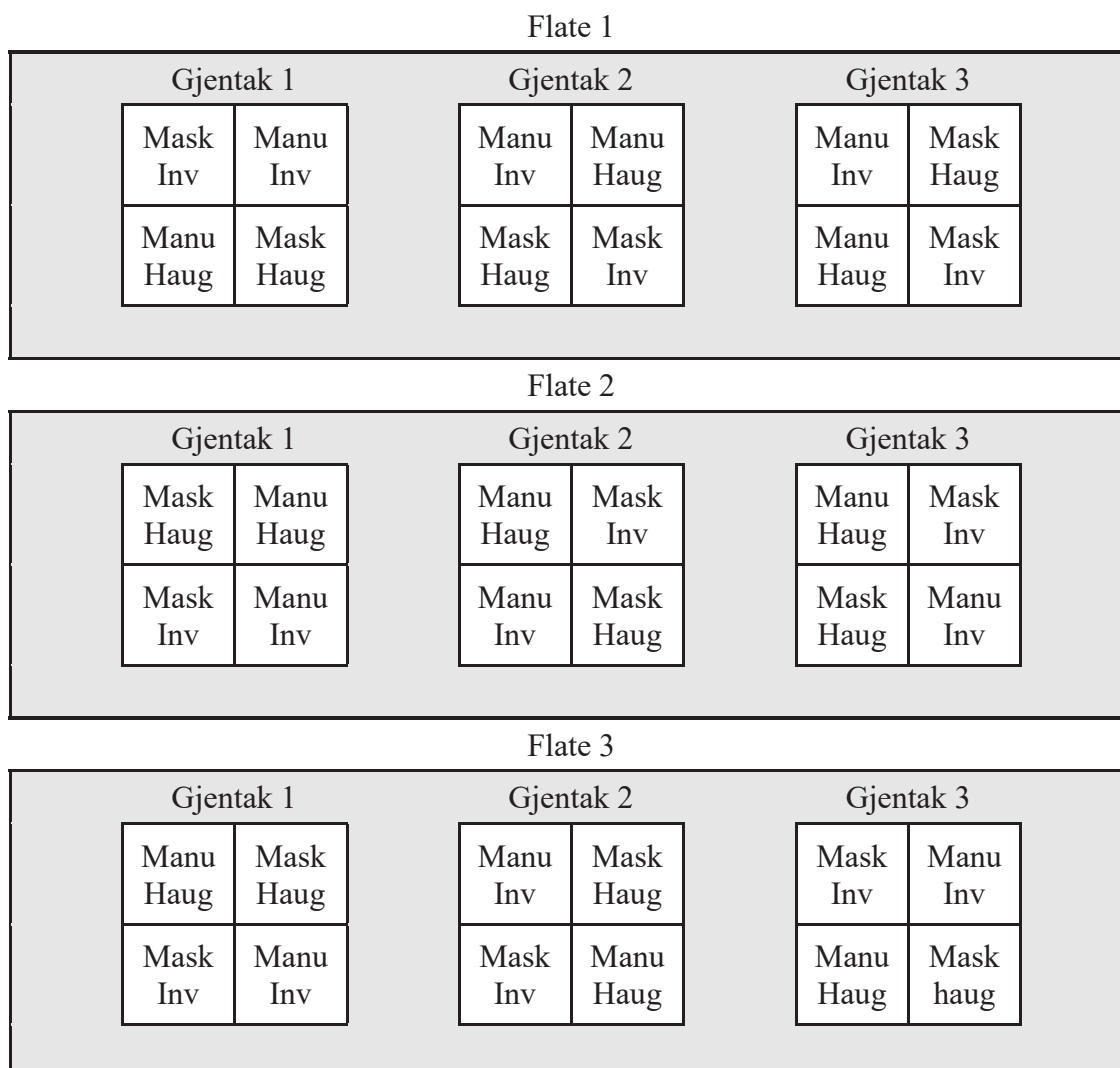
2.5 Plantemateriale

Alle plantene som ble brukt i forsøket var ett år gamle M95 pluggplanter med en pluggstørrelse på 50 cm³ fra Biri planteskole. Frøene var hentet fra Kaupanger frøplantasje med proveniens Bv fra 551-750 m.o.h. Plantene ble hentet direkte fra et lokalt kjølelager på Vingrom før planting og var ikke kortdagsbehandlet.

2.6 Forsøksdesign

Forsøket ble utført på tre hogstflater. Det ble anlagt tre gjentak på hver flate, noe som gir totalt ni gjentak. Hvert gjentak målte 40 x 40 meter og ble delt inn i fire like store felt. På alle gjentakene rommet hvert felt én av de fire foryngelsesmetodene. Plasseringen av de ulike foryngelsesmetodene inne på gjentakene ble randomisert (Figur 5). Gjentakene ble anlagt slik at lysforhold, helling og jordforhold var så like som mulig, både mellom gjentakene og inne på gjentakene. Flatene var preget av mye kupering, så det var ikke mulig å unngå noen forskjeller. På flate 1 ligger gjentak 2 i større helling enn de andre gjentakene, og feltet som rommet de maskinelt plantede plantene på hauglagt markberedningsflekk er noe fuktigere enn de andre på gjentak 2. På flate 2 ligger både gjentak 2 og 3 i sterk helling, mens gjentak 1 ligger ganske flatt. På det sistnevnte gjentaket ligger feltene som ble plantet på hauglagt markberedningsflekk ganske nærme gammelskogen, noe som kan påvirke lokalklimaet. På flate 3, gjentak 2, er feltet med manuelt plantede planter på hauglagt markberedningsflekk våtere enn de andre feltene. På gjentak 3 på samme flate ligger feltene som ble invertert i sterkere helling enn de andre. Mengden stein på og i markberedningsflekkene varierte også noe på flatene.

På hvert felt ble det plantet opp mot 100 granplanter, og av disse ble 50 merket med et eget ID-nummer ved at en nummerlapp ble stukket i jorda ved siden av planta. Plantene som inngikk i forsøket ble valgt ut ved å gå i en spiral ut fra midten av feltene for å unngå kantsonene i størst mulig grad. Området brukes aktivt som utmarksbeite, og i forbindelse med etableringen og oppfølgingen av forsøket ble det observert store mengder sau og noe storfe rundt og på flatene.



Figur 5: Forsøksdesignet. Hjørnet øverst til høyre på gjentakene vender alltid mest mot nord. Manuelt plantet = Manu, Maskinelt plantet = Mask, Hauglagt markberedningsflekk = Haug, og Invertert markberedningsflekk = Inv

2.7 Datainnsamling

Ved første måling rett etter plantetidspunktet ble kun diameteren 1 cm over bakkenivå registrert. Diameteren ble målt med et skyvelære og med en presisjon på 0,1 millimeter. Ved andre måling i september samme år ble diameter, høyde ved plantetidspunktet, og ny høyde målt. Høyden ved plantetidspunktet ble målt fra bakken og opp til begynnelsen av toppskuddet. Siden alle plantene var like gamle, av samme proveniens og fra samme planteskole kan det antas at det ikke fantes noen systematiske forskjeller i størrelsen til plantene ved plantetidspunktet. Dette medfører at høyden og diameteren ved plantetidspunktet var indikativ for plantedybden. Ny høyde ble målt fra jordoverflaten og opp

til toppen av vinterknoppen (ikke øverste barnålspiss). Høydemålingene ble gjort med en presisjon på 0,5 centimeter ved hjelp av en tommestokk. Ved hver høydemåling ble plantene rettet ut og målt i sin fulle lengde. Målingen var derfor av plantens *lengde*, ikke dens sanne *høyde*, men begrepet høyde brukes videre i oppgaven da det er mer intuitivt. Merkelappene ble flyttet opp fra bakken og stiftet rundt plantene på flate 1 og 2 i forbindelse med andre måling. Ved tredje måling i september ved slutten av den andre vekstsesongen ble ny diameter og ny total høyde målt. Skuddlengden ble estimert ved å trekke ny høyde fra gammel høyde. Plantene var enda myke nok etter to vekstsesonger til at de kunne strekkes ut hvis det fantes krok på stammen. Merkelappene ble også stiftet rundt plantene på flate 3.

Ved andre og tredje måling ble det også registrert beiteskader, manglende eller dødt toppskudd, gransnutebilleskader, tørre planter og manglende planter eller merkelapper. Planter ble merket «beiteskadd» hvis planta var tråkket i stykker eller hadde blitt nappet opp av bakken og det fantes dyrespor på markberedningsflekken. Det fantes nesten ikke gransnutebilleskader i dette forsøket, så ingen resultater presenteres. Alle døde planter ble merket «tørr» uten videre spesifisering. En del planter forsvant i løpet av forsøksperioden. En stor årsak til at planter ikke ble funnet igjen var fordi beitedyrene nappet nummerlappene ut av bakken og tygde dem i stykker. Disse manglende plantene inngår ikke i mortalitetstallene. Steinandelen og fuktighetsnivået ble også registrert og fordelt på to nivåer: Høy og normal.

2.8 Statistiske metoder

Statistikkprogrammet R-studio versjon 1.1.383 med utvidelsespakkene som inngår i samlingen «Tidyverse» ble brukt for de statistiske analysene og presentasjonen av datagrunnlaget. For å avdekke signifikante forskjeller mellom behandlingsmetodene ble det gjort flerveis variansanalyser med høyde, høydetilvekst, diameter og diameter tilvekst som avhengige variabler for alle måletidspunktene. Hovedeffektene det ble testet for var plantemetode (2), markberedningsmetode (2) og flate (3). I tillegg ble det testet for forskjeller mellom gjentakene inne på flatene (3x3). Utover dette ble det testet for interaksjonseffekter mellom alle effektene for å undersøke om for eksempel plantemetode hadde ulik effekt på forskjellige flater. Det ble kontrollert for normalfordeling ved hjelp av histogrammer. Hvis en hoved- eller interaksjonseffekt var signifikant ble det utført en Tukey's HSD (honest significance difference) test. Denne gjør parvise sammenligninger av alle gjennomsnittsverdiene til de uavhengige variablene basert på de avhengige variablene som

inngikk i variansanalysen. Med denne testen kan man se hvor lik eller ulik hver gruppe planter er sammenlignet med alle de andre gruppene. For mortalitet og beiteskader ble det også gjort flerveis variansanalyser, men da ble andelen skadetilfeller (%) eller mortalitet (%) på hvert gjentak brukt som avhengig variabel. Bortsett fra gjentakene inne på flatene inngikk de samme uavhengige variablene i disse variansanalysene. Disse gruppene var ikke normalfordelt, men ingen av gruppene hadde ekstreme verdier. En effekt ble vurdert som statistisk signifikant ved en p-verdi lavere enn 0,05.

Tabell 3: Plante- og måletidspunkter. Manuelt plantet = Manu, Maskinelt plantet = Mask, Hauglagt markberedningsfleck = Haug, og Invertert markberedningsfleck = Inv.

Forsøks- flate	Gjentak	Plante- metode	Mark- berednings- metode	Plantedato	Målt første gang	Målt andre gang	Målt tredje gang
1	1	Manu	Haug	10.06.2016	10.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	1	Manu	Inv	10.06.2016	10.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	1	Mask	Haug	07.06.2016	09.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	1	Mask	Inv	07.06.2016	09.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	2	Manu	Haug	10.06.2016	13.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	2	Manu	Inv	10.06.2016	13.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	2	Mask	Haug	08.06.2016	09.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	2	Mask	Inv	08.06.2016	09.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	3	Manu	Haug	10.06.2016	13.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	3	Manu	Inv	10.06.2016	13.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	3	Mask	Haug	09.06.2016	10.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
1	3	Mask	Inv	09.06.2016	10.06.2016	15.09.2016	17.09.2017
2	1	Manu	Haug	06.07.2016	08.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	1	Manu	Inv	06.07.2016	08.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	1	Mask	Haug	07.07.2016	07.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	1	Mask	Inv	07.07.2016	07.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	2	Manu	Haug	06.07.2016	07.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	2	Manu	Inv	06.07.2016	07.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	2	Mask	Haug	05.07.2016	05.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	2	Mask	Inv	05.07.2016	05.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	3	Manu	Haug	06.07.2016	07.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	3	Manu	Inv	06.07.2016	07.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	3	Mask	Haug	05.07.2016	07.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
2	3	Mask	Inv	05.07.2016	07.07.2016	24.09.2016	15.09.2017
3	1	Manu	Haug	08.07.2016	13.07.2016	08.09.2016	16.09.2017
3	1	Manu	Inv	08.07.2016	13.07.2017	08.09.2017	16.09.2018
3	1	Mask	Haug	08.07.2016	13.07.2017	08.09.2017	16.09.2018
3	1	Mask	Inv	08.07.2016	13.07.2017	08.09.2017	16.09.2018
3	2	Manu	Haug	08.07.2016	14.07.2016	08.09.2017	16.09.2018
3	2	Manu	Inv	08.07.2016	14.07.2016	08.09.2017	16.09.2018
3	2	Mask	Haug	08.07.2016	14.07.2016	08.09.2017	16.09.2018
3	2	Mask	Inv	08.07.2016	14.07.2016	08.09.2017	16.09.2018
3	3	Manu	Haug	08.07.2016	14.07.2016	08.09.2017	16.09.2018
3	3	Manu	Inv	08.07.2016	14.07.2016	08.09.2017	16.09.2018
3	3	Mask	Haug	08.07.2016	14.07.2016	08.09.2017	16.09.2018
3	3	Mask	Inv	08.07.2016	14.07.2016	15.09.2017	16.09.2018

3. Resultater

Høyden, diameteren, høydetilveksten og diametertilveksten var veldig lik på tvers av alle de fire behandlingsmetodene ved alle målingene (Tabell 4), og viser ingen klare behandlingseffekter. Totalt sett har diameteren og høyden til plantene økt med henholdsvis 100% og 167% de to første vekstsesongene.

For å undersøke behandlingseffektene nærmere, blir høyden og diameteren til plantene presentert i detalj fra alle målingene i kronologisk rekkefølge. Deretter presenteres tilveksten i begge vekstsesongene, og til slutt mortalitet og skader for hele forsøksperioden.

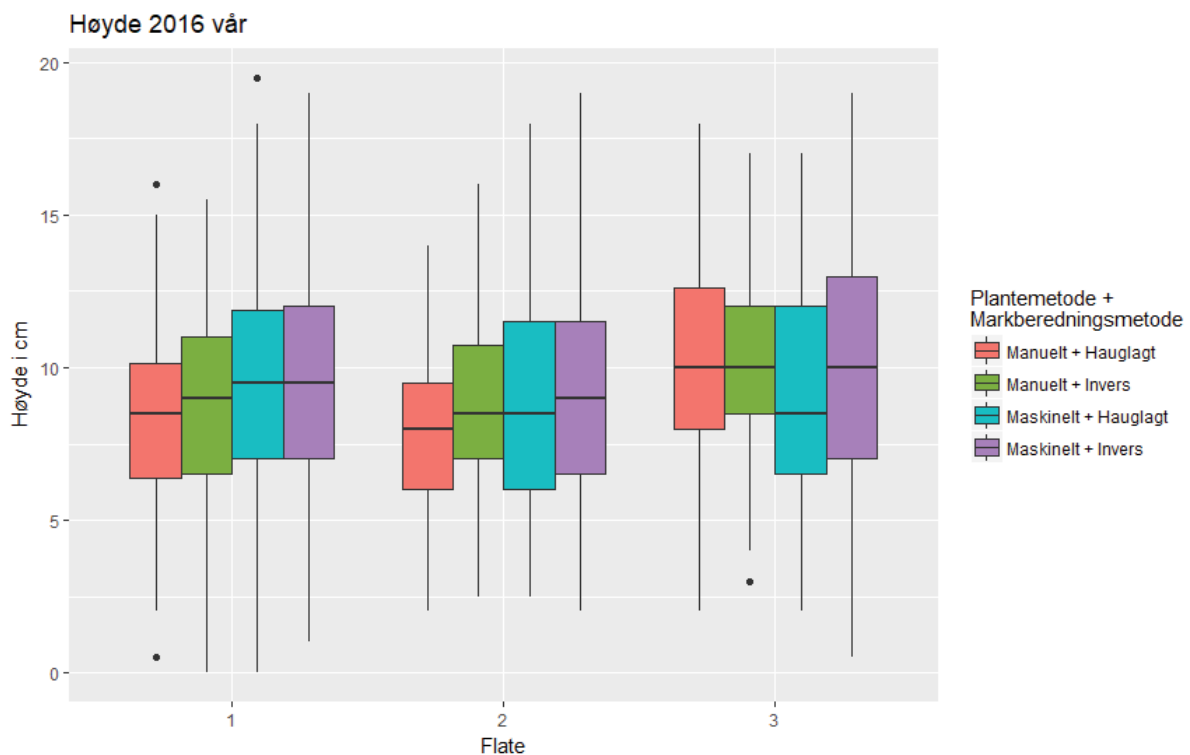
Tabell 4: Gjennomsnittshøyde og -diameter med standardavvik (SD) for de fire ulike metodene ved hvert av måletidspunktene.

Tidspunkt	Plantemetode	Markberedningsmetode	Antall planter	Diameter (mm)		Høyde (cm)	
				gj.sn.	SD	gj.sn.	SD
2016 vår	Manuell	Hauglagt	283	2,9	0,5	8,9	3,2
	Manuell	Invertert	238	3,0	0,5	9,3	3,0
	Maskinell	Hauglagt	263	3,0	0,5	9,2	3,7
	Maskinell	Invertert	250	3,0	0,5	9,5	3,8
2016 høst	Manuell	Hauglagt	283	3,6	0,8	16,4	4,1
	Manuell	Invertert	238	3,7	0,8	16,9	4,3
	Maskinell	Hauglagt	263	3,7	0,8	17,1	4,3
	Maskinell	Invertert	250	3,7	0,7	17,3	4,2
2017 høst	Manuell	Hauglagt	283	6,0	1,7	23,6	7,2
	Manuell	Invertert	238	6,0	1,8	24,3	7,8
	Maskinell	Hauglagt	263	6,0	1,6	24,5	7,2
	Maskinell	Invertert	250	6,0	1,6	24,1	6,9

3.1 Tilstand rett etter planting

3.1.1 Høyde rett etter planting

Høyden rett etter planting 2016 var ganske lik for alle behandlingsmetodene på alle flatene (Figur 6). Hverken plante- eller markberedningsmetode viste noen signifikant effekt på høyde, men en signifikant variasjon var tilstede mellom flatene (Tabell 5). Høyden til plantene var signifikant større på flate 3 enn på de andre flatene (Tabell 6). Denne variasjonen var kun tilstede hos plantene som ble plantet manuelt, da høyden til plantene som ble plantet maskinelt varierte lite (Tabell 6). Alle gjentakene på flate 3 var heller ikke signifikant større enn alle gjentakene på flate 1 og 2 (Tabell 6).



Figur 6: Fordelingen av høyden til plantene målt i cm på de ulike flatene for de forskjellige metodene rett etter planting 2016.

Tabell 5: ANOVA-tabell for variasjon i høyden rett etter planting 2016. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

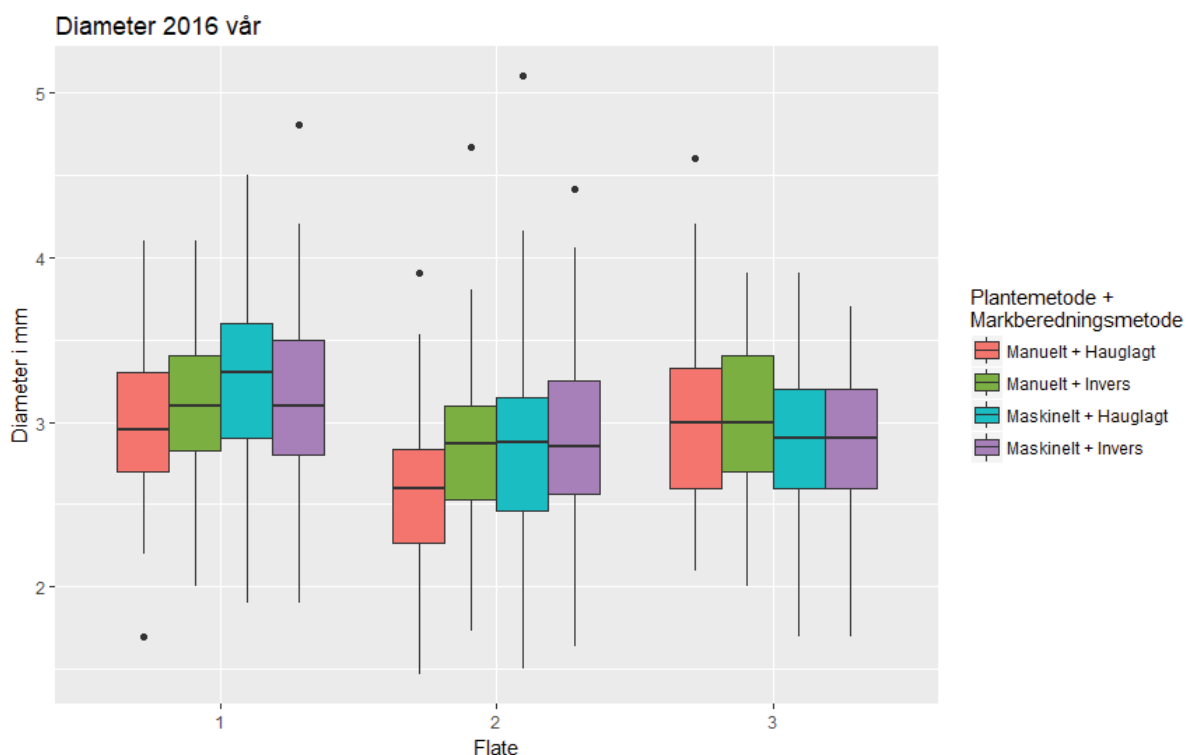
	Frihetsgrader	Kvadrataavvik	Varians	F-verdi	p-verdi	
PLANT	1	19	19,02	1,652	0,19898	
MARKB	1	35	34,58	3,004	0,08337	
Flate	2	251	125,64	10,914	2,04E-05	***
PLANT og MARKB	1	1	1,38	0,12	0,72912	
Gjentak inne på flate	6	154	25,72	2,234	0,0379	*
PLANT og flate	2	159	79,67	6,921	0,00103	**
MARKB og flate	2	7	3,61	0,314	0,73079	
PLANT, MARKB og flate	2	29	14,5	1,26	0,28416	
Rest	1016	11696	11,51			

Tabell 6: Gjennomsnittshøyden (cm) til plantene rett etter planting 2016 sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	9,1 b	8,7 b	9,9 a
Plantemetode			
Manuell	8,6 bc	8,4 c	10,4 a
Maskinell	9,5 ab	9,0 bc	9,5 ab
Gjentak			
Gjentak 1	9,1 bc	8,6 c	9,0 bc
Gjentak 2	9,2 abc	8,5 c	10,5 a
Gjentak 3	8,9 bc	8,9 bc	10,3 ab

3.1.2 Diameter rett etter planting

Diameteren rett etter planting 2016 varierte lite mellom metodene, og det var ingen klare forskjeller på tvers av flatene (Figur 7). Plantemetode viste en signifikant effekt på diameteren i variansanalysen (Tabell 7), men forskjellene var veldig små, og isolert sett var forskjellen kun signifikant på flate 2 (Tabell 8). Effekten av plantemetode på diameteren varierte også signifikant mellom markberedningsmetodene. Det var plantene på hauglagt markberedningsflekk som dro ned gjennomsnittsdiameteren til de manuelt plantede plantene (Tabell 8). Effekten av markberedningsmetoden var signifikant på flate 2, hvor plantene på inverterte markberedningsflekker hadde størst diameter (Tabell 8). Det var signifikante forskjeller i diameter mellom gjentakene inne på flate 3. Ett av gjentakene hadde lik diameter som gjentakene på flate 1, og to av gjentakene hadde lik diameter som gjentakene på flate 2 (Tabell 8).



Figur 7: Fordelingen av diameteren til plantene målt i mm på de ulike flatene for de forskjellige metodene rett etter planting 2016.

Tabell 7: ANOVA-tabell for variasjon i diameteren rett etter planting 2016. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

	Frihetsgrader	Kvadrataavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi	
PLANT	1	1,26	1,259	5,429	0,02	*
MARKB	1	0,45	0,446	1,923	0,1658	
Flate	2	19,76	9,88	42,605	2,00E-16	***
PLANT og MARKB	1	1,53	1,526	6,582	0,0104	*
Gjentak inne på flate	6	9,77	1,628	7,019	2,47E-07	***
PLANT og flate	2	5,32	2,658	11,462	1,20E-05	***
MARKB og flate	2	1,52	0,758	3,271	0,0384	*
PLANT, MARKB og flate	2	0,37	0,187	0,805	0,4476	
Rest	1016	235,61	0,232			

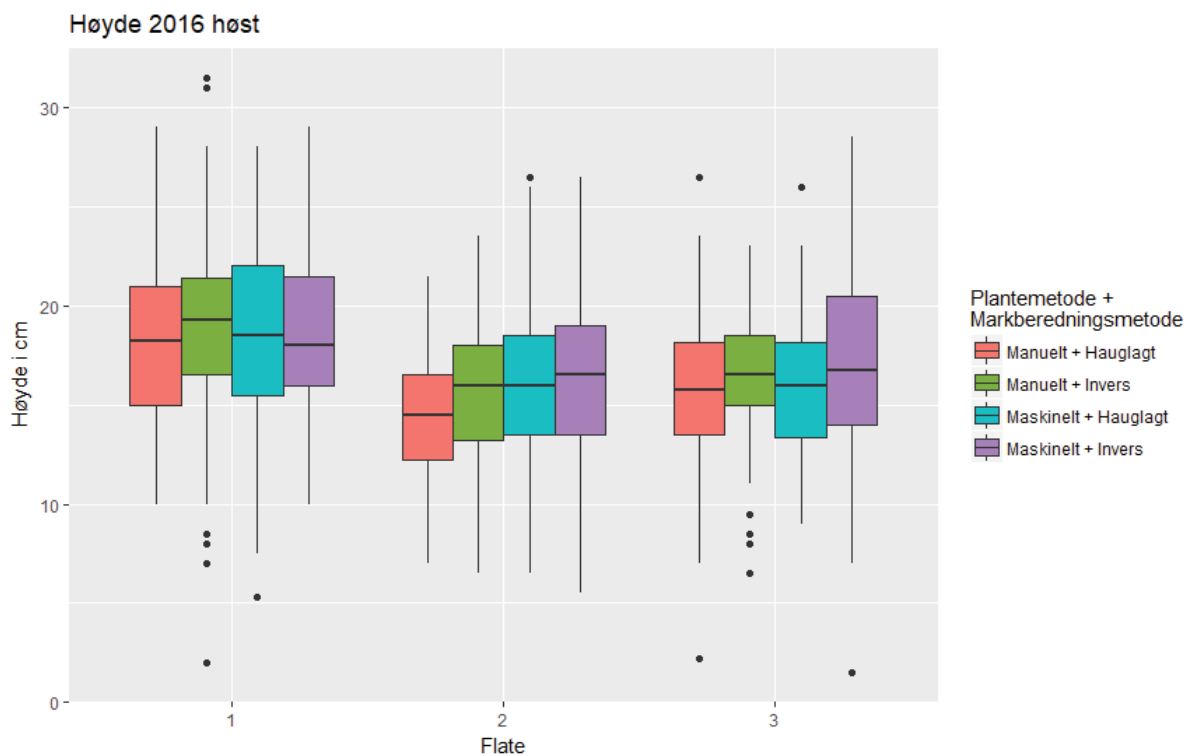
Tabell 8: Gjennomsnittsdiameteren (mm) til plantene rett etter planting 2016 sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffektene er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Plantemetode	Manuell	Maskinell	
Hovedeffekt	2,9 b	3,0 a	
Markberedningsmetode			
Hauglegging	2,9 b	3,0 a	
Invertering	3,0 a	3,0 ab	
Flate	1	2	3
Hovedeffekt	3,1 a	2,8 c	2,9 b
Plantemetode			
Manuell	3,1 ab	2,7 d	3,0 bc
Maskinell	3,2 a	2,9 c	2,9 c
Markberedningsmetode			
Hauglegging	3,1 a	2,7 c	3,0 b
Invertering	3,1 a	2,9 b	2,9 b
Gjentak			
Gjentak 1	3,2 a	2,7 b	2,8 b
Gjentak 2	3,1 a	2,9 b	2,9 b
Gjentak 3	3,1 a	2,8 b	3,2 a

3.2 Tilstand etter én vekstsesong

3.2.1 Høyde etter én vekstsesong

Forskjellen i høyde mellom flatene var større etter én vekstsesong, men det var få forskjeller utover dette (Figur 8). Variansanalysen viste at plantemetode hadde en signifikant effekt på høyden (Tabell 9), men forskjellene var marginale og ser ikke ut til å gjelde på alle flatene (Figur 8) (Tabell 10). Plantene på flate 1 hadde signifikant større høyde enn plantene på flate 2 og 3 (Tabell 10).



Figur 8: Fordelingen av høyden til plantene målt i cm på de ulike flatene for de forskjellige metodene etter én vekstsesong.

Tabell 9: ANOVA-tabell for variasjon i høyden etter én vekstsesong. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

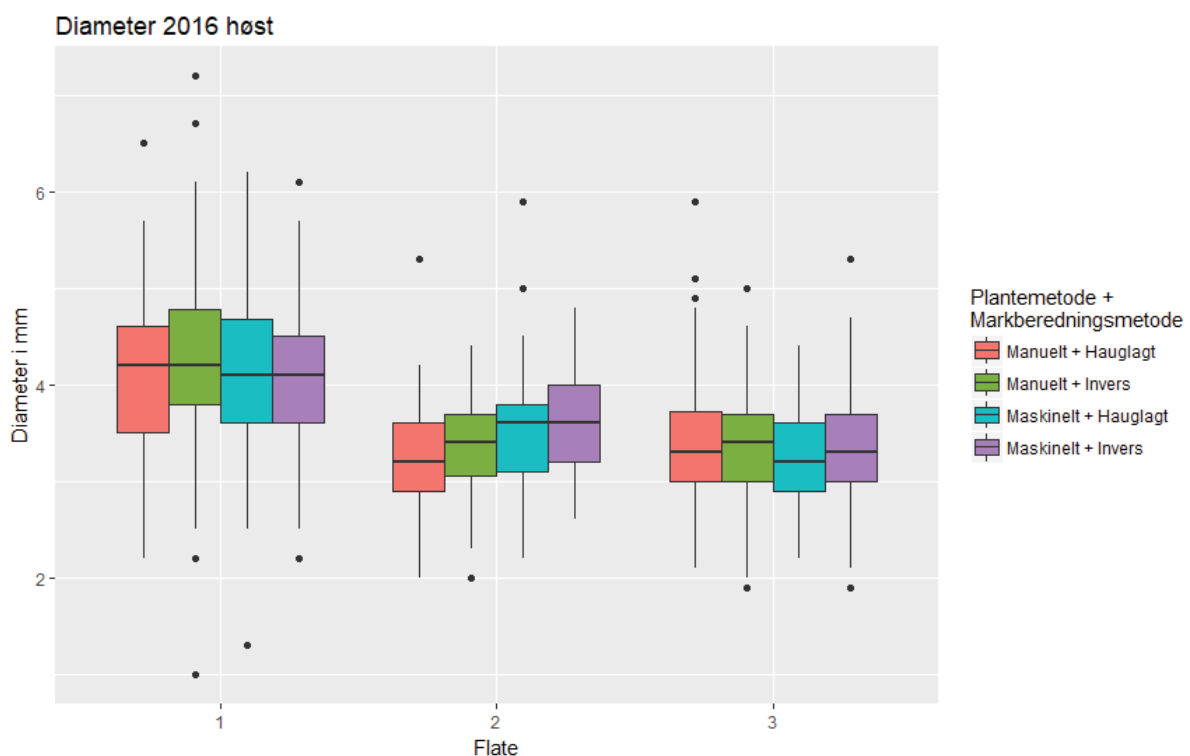
	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi
PLANT	1	105	105	6,504	0,0109 *
MARKB	1	38	38,1	2,36	0,1248
Flate	2	1653	826,7	51,202	<2e-16 ***
PLANT og MARKB	1	12	11,8	0,733	0,3921
Gjentak inne på flate	6	90	15	0,93	0,4727
PLANT og flate	2	57	28,4	1,757	0,1731
MARKB og flate	2	15	7,6	0,472	0,6238
PLANT, MARKB og flate	2	25	12,3	0,765	0,4658
Rest	1016	16404	16,1		

Tabell 10: Gjennomsnittshøyden (cm) til plantene etter én vekstsesong sortert for å vise ulike hovedeffekter. Hovedeffektene er fordelt på kolonnene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Plantemetode	Manuell	Maskinell	
Hovedeffekt	16,5 b	17,2 a	
Flate	1	2	3
Hovedeffekt	18,5 a	15,5 b	16,3 b

3.2.2 Diameter etter én vekstsesong

Plantene på flate 1 hadde tydelig større diameter enn plantene på de andre flatene etter én vekstsesong, men ellers er det vanskelig å se noen klare forskjeller på tvers av flatene (Figur 9). Effekten av flate var signifikant, og etter én vekstsesong var diameteren til plantene på flate 1 signifikant større enn plantene på flate 2 og 3 (Tabell 11 og 12). En analyse av gjentakene inne på flatene viste at det var en signifikant forskjell mellom to gjentak på flate 2 og 3, uten at dette førte til en signifikant forskjell i plantediameter på flatenivå (Tabell 12). Plantemetode hadde en signifikant effekt på flate 2, hvor de maskinelt plantede plantene var større enn de som ble plantet manuelt (Tabell 12).



Figur 9: Fordelingen av diameteren til plantene målt i mm på de ulike flatene for de forskjellige metodene etter én vekstsesong.

Tabell 11: ANOVA-tabell for variasjon i diameteren etter én vekstsesong. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

	Frihetsgrader	Kvadrataavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi
PLANT	1	0,8	0,76	1,73	0,188697
MARKB	1	1,5	1,53	3,453	0,063413
Flate	2	141,1	70,53	159,686	2,00E-16 ***
PLANT og MARKB	1	0	0,04	0,101	0,751222
Gjentak inne på flate	6	13,8	2,3	5,217	2,66E-05 ***
PLANT og flate	2	7,9	3,94	8,927	0,000143 ***
MARKB og flate	2	0,1	0,07	0,15	0,86059
PLANT, MARKB og flate	2	1,1	0,57	1,283	0,277754
Rest	1016	448,8	0,44		

Tabell 12 Gjennomsnittsdiameteren (mm) til plantene etter én vekstsesong sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	4,1 a	3,4 b	3,3 b
Gjentak			
Gjentak 1	3,9 b	3,3 cd	3,2 d
Gjentak 2	4,2 a	3,5 c	3,4 cd
Gjentak 3	4,3 a	3,5 cd	3,4 cd
Plantemetode			
Manuell	4,2 a	3,3 c	3,4 c
Maskinell	4,1 a	3,6 b	3,3 c

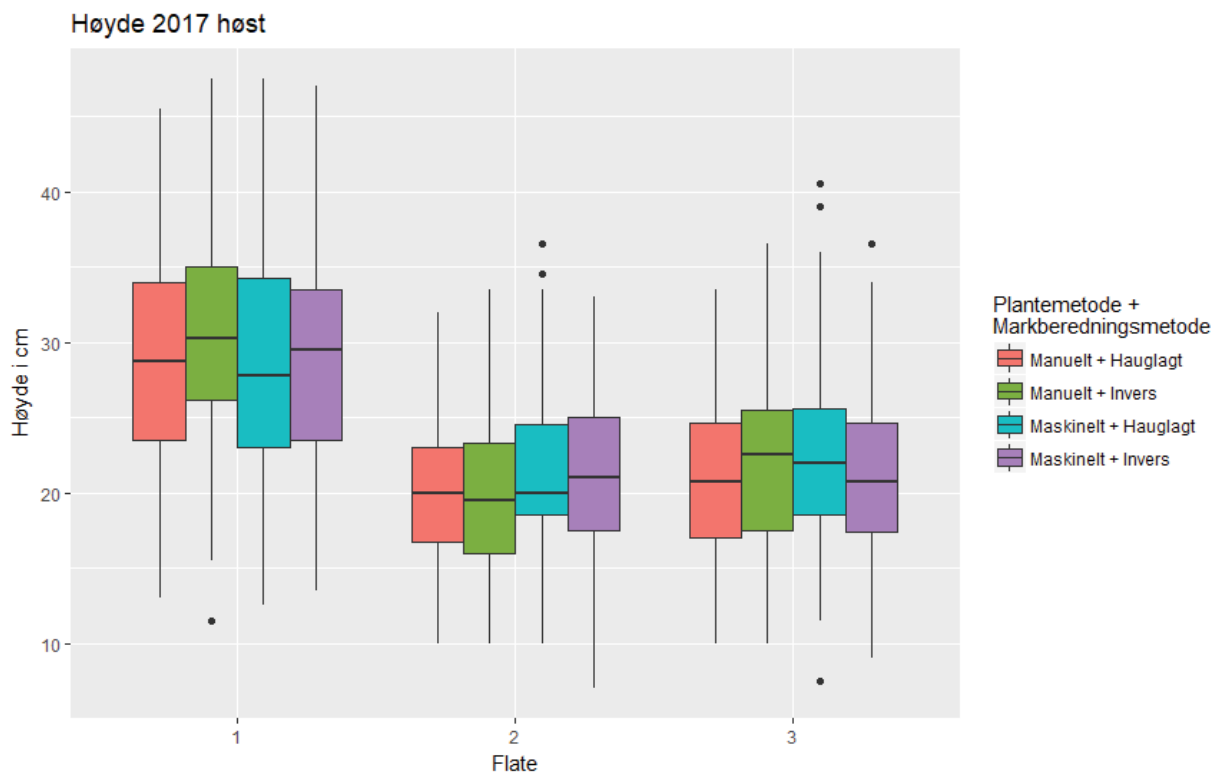
3.3 Tilstand etter to vekstsesonger

3.3.1 Høyde etter to vekstsesonger

Det var en klar forskjell i høyde mellom flate 1 og de andre flatene etter to vekstsesonger, men det fantes ingen klare forskjeller utover dette på tvers av flatene (Figur 10).

Variansanalysen viste at det fantes en signifikant variasjon i høyde mellom flatene etter to vekstsesonger (Tabell 13). Flate 1 var signifikant større enn både flate 2 og 3 (Tabell 14).

Variansanalysen viste signifikante forskjeller mellom flatene for både gjentak og plantemetode. En Tukey's HSD test viste derimot ingen effekter av gjentak og plantemetode utover effekten av flate (Tabell 14).



Figur 10: Fordelingen av høyden til plantene målt i cm på de ulike flatene for de forskjellige metodene etter to vekstsesonger.

Tabell 13: ANOVA-tabell for variasjon i høyden etter to vekstsesonger. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

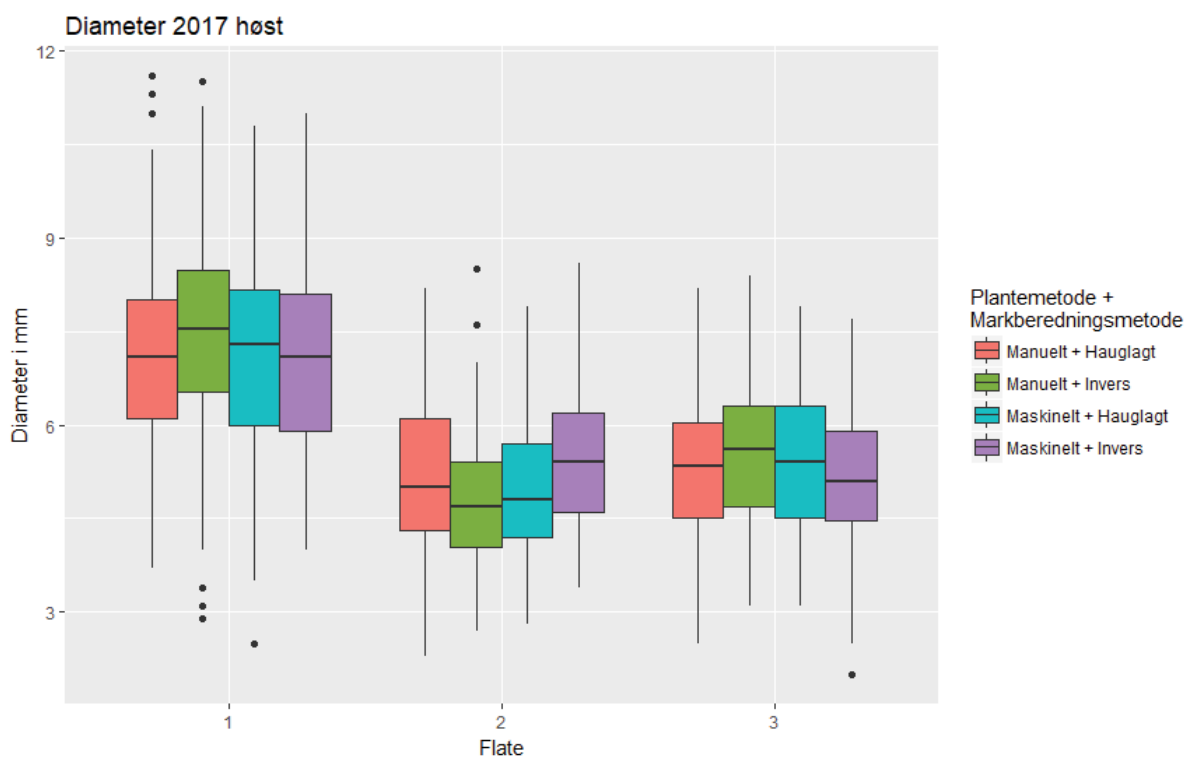
	Frihetsgrader	Kvadrataavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi
PLANT	1	26	26	0,707	0,4008
MARKB	1	14	14	0,362	0,5474
Flate	2	15241	7620	204,103	<2e-16 ***
PLANT og MARKB	1	90	90	2,423	0,1199
Gjentak inne på flate	6	559	93	2,496	0,0211 *
PLANT og flate	2	289	145	3,877	0,021 *
MARKB og flate	2	74	37	0,988	0,3727
PLANT, MARKB og flate	2	68	34	0,907	0,4042
Rest	1016	37933	37		

Tabell 14: Gjennomsnittshøyden (cm) til plantene etter to vekstsesonger sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	29,0 a	20,6 b	21,6 b
Gjentak			
Gjentak 1	30,3 a	19,6 b	21,6 b
Gjentak 2	28,2 a	21,0 b	21,5 b
Gjentak 3	28,4 a	21,4 b	21,6 b
Plantemetode			
Manuell	29,6 a	20,0 b	21,4 b
Maskinell	28,5 a	21,3 b	21,8 b

3.3.2 Diameter etter to vekstsesonger

Det var en betydelig forskjell i diameter mellom flatene etter andre vekstsesong, men det fantes ingen klare forskjeller mellom metodene (Figur 11). Diameteren varierte signifikant mellom alle flatene etter to vekstsesonger, men på gjentaksnivå var det kun signifikant variasjon mellom to gjentak på flate 2 og 3 (Tabell 15 og 16). Variansanalysen viste også en signifikant forskjell i diameter når plantene ble gruppert etter både flate, plante- og markberedningsmetode, men en Tukey's HSD test viste ingen effekter utover det som allerede har blitt forklart av flate (Tabell 16).



Figur 11: Fordelingen av diameteren til plantene målt i mm på de ulike flatene for de forskjellige metodene etter to vekstsesonger.

Tabell 15: ANOVA-tabell for variasjon i diameteren etter to vekstsesonger. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi
PLANT	1	0,2	0,2	0,131	0,71734
MARKB	1	0	0	0,007	0,93389
Flate	2	960,8	480,4	270,97	2,00E-16 ***
PLANT og MARKB	1	0	0	0,009	0,9241
Gjentak inne på flate	6	41	6,8	3,853	0,00083 ***
PLANT og flate	2	5,8	2,9	1,642	0,19408
MARKB og flate	2	2	1	0,561	0,57061
PLANT, MARKB og flate	2	16,1	8	4,533	0,01097 *
Rest	1016	1801,3	1,8		

Tabell 16: Gjennomsnittsdiameteren (mm) til plantene etter to vekstsesonger sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	7,2 a	5,1 c	5,4 b
Gjentak			
Gjentak 1	7,5 a	4,9 d	5,3 cd
Gjentak 2	7,2 ab	5,1 cd	5,2 cd
Gjentak 3	7,0 b	5,3 cd	5,7 c
Plante- og markberedningsmetode			
Manuell og Hauglagt	7,2 a	5,2 b	5,4 b
Manuell og Invertert	7,5 a	4,8 b	5,6 b
Maskinell og Hauglagt	7,2 a	5,0 b	5,4 b
Maskinell og Invertert	7,1 a	5,4 b	5,2 b

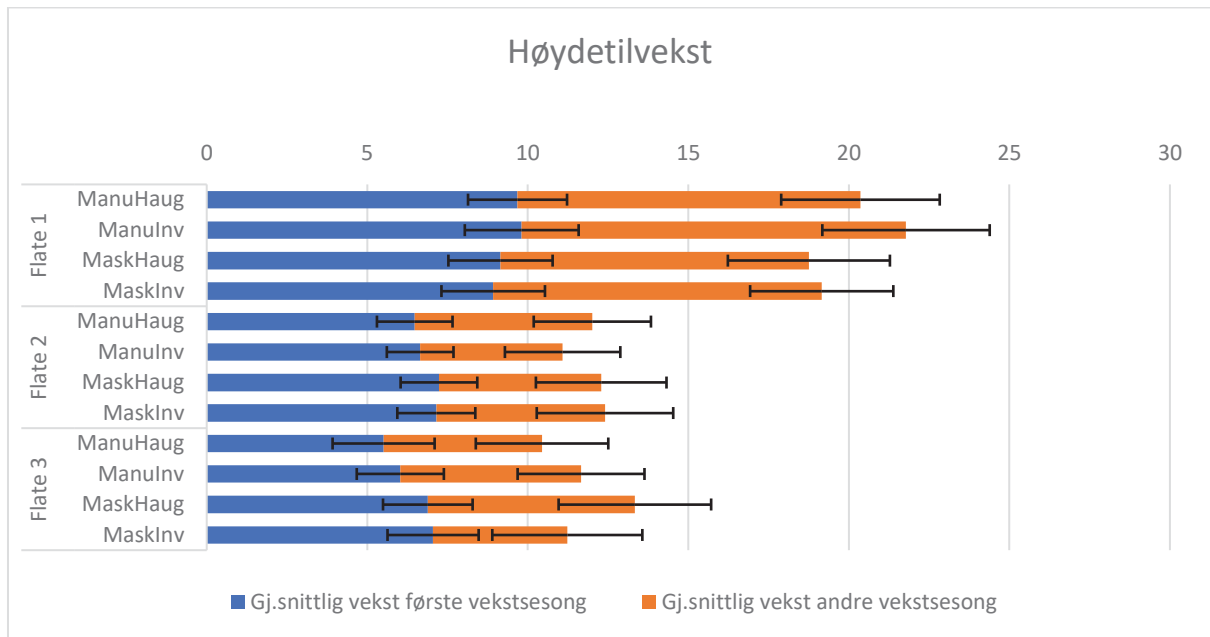
3.4 Tilvekst

3.4.1 Høydetilvekst

Plantemetode hadde en signifikant effekt på høydetilveksten den første vekstsesongen (Tabell 17), og de maskinelt plantede plantene var de som hadde vokst mest. Forskjellen var liten, og hvis man ser på hver flate isolert er forskjellen kun signifikant på flate 2 (Tabell 18). Effekten av plantemetode var hverken signifikant den andre eller for begge vekstsesongene samlet. Ser man på hver enkelt flate så var allikevel høydetilveksten signifikant større hos de manuelt plantede plantene på flate 1 i både andre og for begge vekstsesongene samlet (Tabell 19 og 20).

Variansanalysen viste at det var en signifikant forskjell i høydetilvekst mellom markberedningsmetodene på i hvert fall én av flatene den andre vekstsesongen (Tabell 17). En Tukey's HSD test viste derimot ingen signifikant variasjon utover det som forklares av flate (Tabell 19). Høydetilveksten var signifikant større på flate 1 enn på de andre flatene i både første og andre vekstsesong, og for begge vekstsesongene samlet (Figur 12) (Tabell 17, 18, 19 og 20).

Hvis man ser på høydetilveksten til plantene fordelt på både flate, plante- og markberedningsmetode kommer det frem signifikante forskjeller i variansanalysen for både andre og begge vekstsesongene samlet (Tabell 17). På flate 1 er høydetilveksten hos de manuelt plantede plantene på hauglagt markberedningsfleck signifikant større enn hos plantene som ble plantet maskinelt på invertert markberedningsfleck i både andre og for begge vekstsesongene samlet (Tabell 19 og 20). På flate 3 var høydetilveksten til de maskinelt plantede plantene signifikant større på hauglagt enn på invertert markberedningsfleck den andre vekstsesongen (Tabell 19). For begge vekstsesongene samlet var det signifikant variasjon i høydetilveksten på flate 3 mellom plantemetodene på hauglagt markberedningsfleck, og de maskinelt plantede plantene hadde vokst mest (Tabell 20).



Figur 12: Høydetilvekst per år (cm) for alle fire metodene på alle flatene vist for begge vekstsesongene, med standardavvik.

Tabell 17: ANOVA-tabell for variasjon i høydetilveksten for første, andre og begge vekstsesongene samlet. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

Første vekstsesong						
	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varians	F-verdi	p-verdi	
PLANT	1	34,7	34,66	4,2062	0,04053	*
MARKB	1	0,1	0,09	0,0104	0,91883	
Flate	2	1896	948,02	115,0599	2,20E-16	***
PLANT og MARKB	1	5,1	5,13	0,6228	0,43021	
Gjentak inne på flate	6	112,8	18,81	2,2826	0,03405	*
PLANT og flate	2	174,5	87,27	10,5914	2,80E-05	***
MARKB og flate	2	8,4	4,22	0,5122	0,59932	
PLANT, MARKB og flate	2	0,2	0,1	0,0121	0,98795	
Rest	1016	8371,2	8,24			
Andre vekstsesong						
	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varians	F-verdi	p-verdi	
PLANT	1	26,1	26,1	1,3527	0,24508	
MARKB	1	6,2	6,2	0,3223	0,57035	
Flate	2	6938,5	3469,3	179,6092	2,20E-16	***
PLANT og MARKB	1	36,8	36,8	1,9075	0,16754	
Gjentak inne på flate	6	666	111	5,7466	6,81E-06	***
PLANT og flate	2	135,4	67,7	3,5043	0,03043	*
MARKB og flate	2	155,3	77,6	4,0188	0,01826	*
PLANT, MARKB og flate	2	172,4	86,2	4,4639	0,01174	*
Rest	1016	19624,7	19,3			
Begge vekstsesongene samlet						
	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varians	F-verdi	p-verdi	
PLANT	1	1	1	0,02	0,88815	
MARKB	1	5	5	0,16	0,68953	
Flate	2	15971	7986	262,885	2,00E-16	***
PLANT og MARKB	1	69	69	2,287	0,13076	
Gjentak inne på flate	6	683	114	3,748	0,00107	**
PLANT og flate	2	610	305	10,04	4,81E-05	***
MARKB og flate	2	106	53	1,746	0,17492	
PLANT, MARKB og flate	2	184	92	3,029	0,04882	*
Rest	1016	30863	30			

Tabell 18: Gjennomsnittlig høydetilvekst (cm) i første vekstsesong sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffektene er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Plantemetode	Manuell	Maskinell	
Hovedeffekt	7,5 b	7,8 a	
Flate	1	2	3
Hovedeffekt	9,4 a	6,9 b	6,4 b
Gjentak			
Gjentak 1	9,1 a	6,5 bc	6,9 bc
Gjentak 2	9,4 a	7,3 b	6,3 bc
Gjentak 3	9,6 a	6,7 bc	5,9 c
Plantemetode			
Manuell	9,7 a	6,6 bc	5,8 c
Maskinell	9,0 a	7,2 b	7,0 b

Tabell 19: Gjennomsnittlig høydevekst (cm/år) i andre vekstsesong sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	10,6 a	5,1 b	5,3 b
Gjentak			
Gjentak 1	12,0 a	4,5 c	5,7 c
Gjentak 2	9,6 b	5,1 c	4,8 c
Gjentak 3	9,9 b	5,9 c	5,5 c
Plantemetode			
Manuell	11,2 a	5,1 c	5,3 c
Maskinell	9,9 b	5,2 c	5,4 c
Markberedning			
Hauglegging	10,2 a	5,3 b	5,7 b
Invertering	11,0 a	4,9 b	4,9 b
Plante- og markberedningsmetode			
Manuelt og Hauglagt	10,7 ab	5,5 cd	4,9 cd
Manuelt og Invertert	12,0 a	4,4 cd	5,6 cd
Maskinelt og Hauglagt	9,6 b	5,1 cd	6,4 c
Maskinelt og Invertert	10,2 ab	5,3 cd	4,2 d

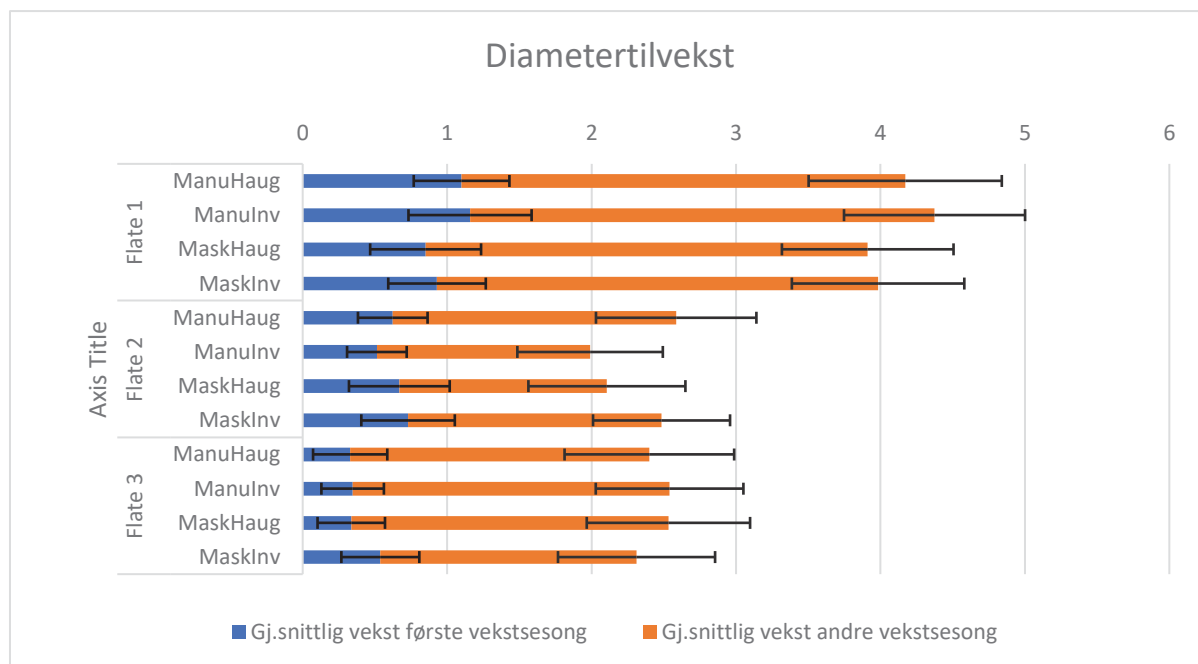
Tabell 20: Gjennomsnittlig høydevekst (cm/år) i begge vekstsesongene sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	19,9 a	12,0 b	11,7 b
Gjentak			
Gjentak 1	21,2 a	11,0 c	12,6 c
Gjentak 2	19,0 b	12,5 c	11,1 c
Gjentak 3	19,5 ab	12,5 c	11,4 c
Plantemetode			
Manuell	21,0 a	11,6 c	11,1 c
Maskinell	18,9 b	12,3 c	12,3 c
Plante- og markberedningsmetode			
Manuelt og Hauglagt	20,4 ab	12,0 cd	10,4 d
Manuelt og Invertert	21,8 a	11,1 cd	11,7 cd
Maskinelt og Hauglagt	18,8 b	12,3 cd	13,3 c
Maskinelt og Invertert	19,2 ab	12,4 cd	11,2 cd

3.4.2 Diametertilvekst

Hverken plante- eller markberedningsmetode viste noen signifikant effekt på diametertilveksten. Det var signifikant variasjon i diametertilveksten mellom flatene i både første, andre og for begge vekstsesongene samlet (Figur 13) (Tabell 21). Diametertilveksten var ulik på alle flatene i både første og andre vekstsesong, men ikke for begge vekstsesongene samlet. For begge sesongene samlet var diametertilveksten på flate 1 større enn på flate 2 og 3 (Tabell 22, 23 og 24). Forskjellen i diametertilvekst på gjentakene inne på flatene var også signifikant i både første, andre og begge vekstsesongene samlet (Tabell 21). Det var flere likheter mellom flatene på gjentaksnivå i både første og andre vekstsesong, men ser man på begge vekstsesongene samlet er det ingen effekt av gjentakene utover det som fremkommer på flatenivå (Tabell 21, 22, 23 og 24).

Effekten av plantemetode var signifikant hvis man ser isolert på flate 1 i første vekstsesong, hvor de manuelt plantede plantene viste størst diametertilvekst (Tabell 21 og 22). Ser man på tilveksten til plantene fordelt på flate, plante- og markberedningsmetode finner man signifikante forskjeller i andre og begge vekstsesongene samlet. Denne effekten var kun ulik effekten av flate den andre vekstsesongen. Denne vekstsesongen var det flere likheter i diametertilveksten mellom feltene på flate 2 og 3, som var signifikant ulike totalt sett (Tabell 21, 23 og 24).



Figur 13: Diametertilvekst per år (mm) for alle fire metodene på alle flatene vist for begge vekstsesongene, med standardavvik.

Tabell 21: ANOVA-tabell for variasjon i diametertilveksten for første, andre og begge vekstsesongene samlet. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

Første vekstsesong	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi	
PLANT	1	0,06	0,061	0,1691	0,681032	
MARKB	1	0,32	0,322	0,8857	0,346878	
Flate	2	70,77	35,383	97,4089	2,20E-16	***
PLANT og MARKB	1	1,05	1,05	2,8908	0,089392	
Gjentak inne på flate	6	18,23	3,039	8,3654	7,16E-09	***
PLANT og flate	2	6,42	3,212	8,8415	0,000156	***
MARKB og flate	2	0,82	0,41	1,1292	0,323696	
PLANT, MARKB og flate	2	0,39	0,195	0,5381	0,584022	
Rest	1016	369,05	0,363			
Andre vekstsesong						
PLANT	1	1,84	1,84	1,4711	0,225456	
MARKB	1	1,26	1,265	1,0113	0,314829	
Flate	2	384,22	192,108	153,6202	2,20E-16	***
PLANT og MARKB	1	0,01	0,007	0,0056	0,940225	
Gjentak inne på flate	6	67,15	11,192	8,9494	1,53E-09	***
PLANT og flate	2	0,2	0,101	0,0809	0,922271	
MARKB og flate	2	2,41	1,205	0,9639	0,381738	
PLANT, MARKB og flate	2	17,84	8,919	7,1321	0,00084	***
Rest	1016	19624,7	19,3			
Begge vekstsesongene samlet						
	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi	
PLANT	1	2,6	2,6	1,612	0,20452	
MARKB	1	0,3	0,3	0,195	0,6592	
Flate	2	719,3	359,7	225,29	2,00E-16	***
PLANT og MARKB	1	1,2	1,2	0,77	0,38048	
Gjentak inne på flate	6	21,2	3,5	2,214	0,03957	*
PLANT og flate	2	4,6	2,3	1,425	0,24089	
MARKB og flate	2	3,1	1,6	0,981	0,37524	
PLANT, MARKB og flate	2	19,3	9,6	6,035	0,00248	**
Rest	1016	1622	1,6			

Tabell 22: Gjennomsnittlig diametertilvekst (mm/år) til plantene i første vekstsesong sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	1,0 a	0,6 b	0,4 c
Gjentak			
Gjentak 1	0,8 b	0,6 bc	0,4 cd
Gjentak 2	1,1 a	0,6 b	0,5 cd
Gjentak 3	1,2 a	0,7 b	0,3 d
Plantemetode			
Manuell	1,1 a	0,6 cd	0,3 e
Maskinell	0,9 b	0,7 c	0,4 de

Tabell 23: Gjennomsnittlig diametertilvekst (mm/år) til plantene i andre vekstsesong sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

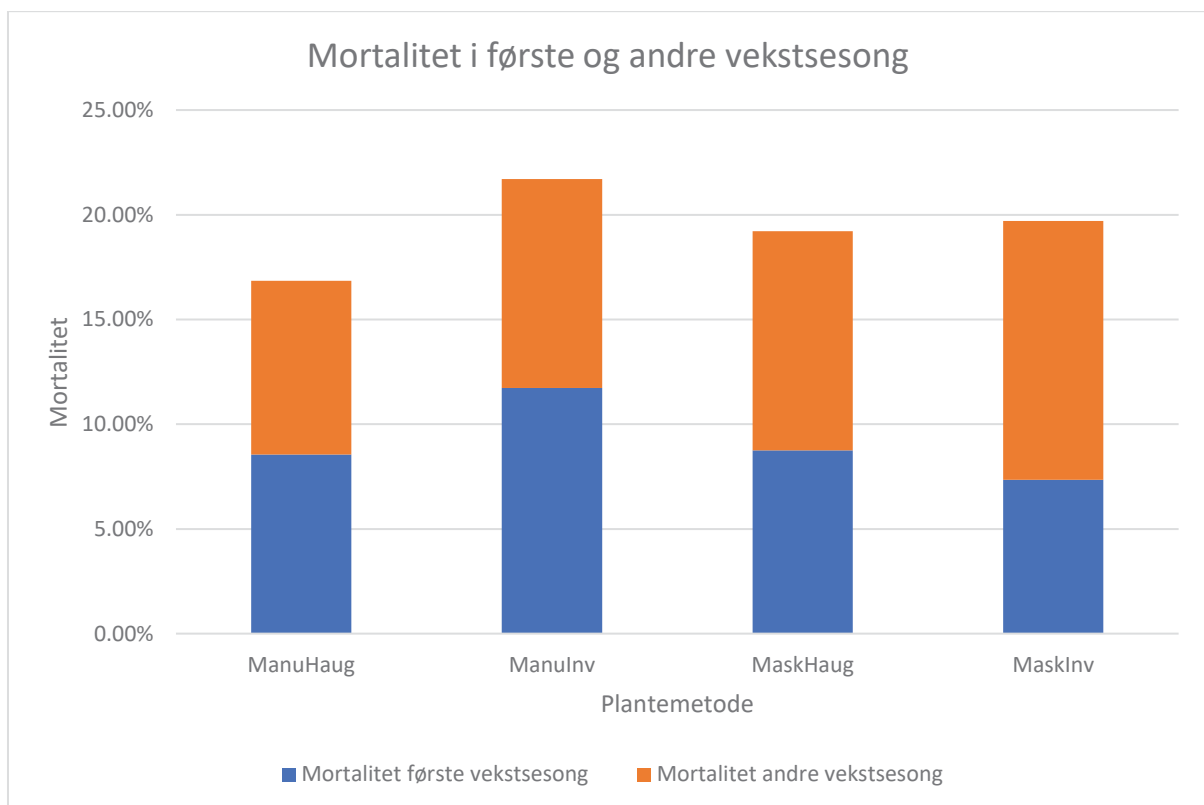
Flate	1	2	3
Hovedeffekt	3,1 a	1,7 c	2,1 b
Gjentak			
Gjentak 1	3,5 a	1,6 e	2,1 d
Gjentak 2	3,0 b	1,6 e	1,9 de
Gjentak 3	2,7 bc	1,9 de	2,2 cd
Plante- og markberedningsmetode			
Manuelt og Hauglagt	3,1 a	2,0 bcd	2,1 bc
Manuelt og Invertert	3,2 a	1,5 cd	2,2 b
Maskinelt og Hauglagt	3,1 a	1,4 d	2,2 b
Maskinelt og Invertert	3,1 a	1,8 bcd	1,8 bcd

Tabell 24: Gjennomsnittlig diametertilvekst (mm/år) til plantene for begge vekstsesongene samlet sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	4,1 a	2,3 b	2,4 b
Gjentak			
Gjentak 1	4,3 a	2,2 b	2,5 b
Gjentak 2	4,1 a	2,3 b	2,4 b
Gjentak 3	3,9 a	2,6 b	2,5 b
Plante- og markberedningsmetode			
Manuelt og Hauglagt	4,2 a	2,6 b	2,4 b
Manuelt og Invertert	4,4 a	2,0 b	2,5 b
Maskinelt og Hauglagt	3,9 a	2,1 b	2,5 b
Maskinelt og Invertert	4,0 a	2,5 b	2,3 b

3.5 Mortalitet

Mortaliteten på alle flatene for alle metodene var 9.1% den første vekstsesongen og 10.2% den andre vekstsesongen (Tabell 25). Plante- og markberedningsmetode viste ingen signifikant effekt på mortaliteten (Figur 14) (Tabell 26). Det var en signifikant forskjell i mortalitet mellom flatene den første vekstsesongen. Denne forskjellen var ikke signifikant den andre vekstsesongen, men sett under ett var forskjellen fortsatt signifikant (Tabell 26). Mortaliteten på flate 1 og 2 var signifikant høyere enn på flate 3 den første vekstsesongen. For begge vekstsesongene samlet var mortaliteten på flate 2 og 3 signifikant høyere enn på flate 1 (Tabell 27). Grupperer man plantene etter flate, plante- og markberedningsmetode var det en signifikant forskjell i mortaliteten mellom flate 1 og 3 hos de manuelt plantede plantene på hauglagt markberedningsfleck (Tabell 27).



Figur 14: Mortalitet i prosent for de ulike metodene. Manuelt plantet = Manu, Maskinelt plantet = Mask, Hauglagt markberedningsfleck = Haug, og Invertert markberedningsfleck = Inv

Tabell 25: Mortalitet for alle flater og metoder i begge vekstsesongene for hver enkelt flate og for alle flatene samlet. Mortaliteten er beregnet ut i fra hvor mange tørre planter som ble observert på flata. 100% utgjør alle registrerte planter som ikke forsvant i løpet av forsøksperioden. Manuelt plantet = Manu, Maskinelt plantet = Mask, Hauglagt markberedningsfleck = Haug, og Invertert markberedningsfleck = Inv

Flate	Plante- metode	Antall planter ved plante- tidspunktet	Første vekstsesong		Andre vekstsesong	
			Antall tørre planter	Prosent mortalitet	Antall tørre planter	Prosent mortalitet
Flate 1	ManuHaug	125	4	3,2%	6	4,8%
	ManuInv	110	9	8,2%	12	10,9%
	MaskHaug	126	9	7,1%	11	8,7%
	MaskInv	118	3	2,5%	11	9,3%
	Samlet	479	25	5,2%	40	8,4%
Flate 2	ManuHaug	122	8	6,6%	8	6,6%
	ManuInv	101	11	10,9%	11	10,9%
	MaskHaug	103	8	7,8%	18	17,5%
	MaskInv	106	7	6,6%	17	16,0%
	Samlet	432	34	7,9%	54	12,5%
Flate 3	ManuHaug	127	20	15,7%	17	13,4%
	ManuInv	130	20	15,4%	11	8,5%
	MaskHaug	125	14	11,2%	8	6,4%
	MaskInv	116	15	12,9%	14	12,1%
	Samlet	498	69	13,9%	50	10,0%
Flate	ManuHaug	374	32	8,6%	31	8,3%
1+2+3	ManuInv	341	40	11,7%	34	10,0%
	MaskHaug	354	31	8,8%	37	10,5%
	MaskInv	340	25	7,4%	42	12,4%
	Samlet	1409	128	9,1%	144	10,2%

Tabell 26: ANOVA-tabellene fra variansanalysene av mortaliteten i vekstsesong 1, 2 og for begge vekstsesongene samlet. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

Mortalitet første vekstsesong					
	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi
PLANT	1	0,00287	0,002872	1,297	0,266031
MARKB	1	0,00067	0,000668	0,302	0,5878
Flate	2	0,0445	0,022249	10,047	0,000676 ***
PLANT og MARKB	1	0,00507	0,005067	2,288	0,143437
PLANT og flate	2	0,00122	0,000612	0,276	0,760933
MARKB og flate	2	0,00037	0,000186	0,084	0,919505
PLANT, MARKB og flate	2	0,00528	0,002641	1,192	0,320813
Rest	24	0,05315	0,002215		
Mortalitet andre vekstsesong					
	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi
PLANT	1	0,00473	0,004728	1,272	0,2705
MARKB	1	0,00358	0,003579	0,963	0,3362
Flate	2	0,01344	0,006721	1,809	0,1855
PLANT og MARKB	1	0	0	0	0,9934
PLANT og flate	2	0,01934	0,009668	2,601	0,0949
MARKB og flate	2	0,00177	0,000883	0,238	0,7903
PLANT, MARKB og flate	2	0,01909	0,009545	2,568	0,0975
Rest	24	0,08919	0,003716		
Mortalitet samlet					
	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi
PLANT	1	0,0005	0,0005	0,135	0,7162
MARKB	1	0,00717	0,00717	1,954	0,1749
Flate	2	0,06419	0,0321	8,749	0,0014 **
PLANT og MARKB	1	0,00526	0,00526	1,434	0,2427
PLANT og flate	2	0,02212	0,01106	3,015	0,0679
MARKB og flate	2	0,0012	0,0006	0,164	0,8495
PLANT, MARKB og flate	2	0,03417	0,01709	4,657	0,0195 *
Rest	24	0,08805	0,00367		

Tabell 27: Gjennomsnittlig mortalitet (%) til plantene for første vekstsesong og begge vekstsesongene samlet sortert for å vise ulike hoved- og interaksjonseffekter. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
<i>Første vekstsesong</i>			
Hovedeffekt	5,2% b	7,9% b	13,9% a
<i>Første og andre vekstsesong samlet</i>			
Hovedeffekt	13,6% b	20,4% a	23,9% a
Plante- og markberedningsmetode			
Manuelt og Hauglagt	8,0% b	13,1% ab	29,1% a
Manuelt og Invertert	19,1% ab	21,8% ab	23,8% ab
Maskinelt og Hauglagt	15,9% ab	25,2% ab	17,6% ab
Maskinelt og Invertert	11,9% ab	22,6% ab	25,0% ab

3.6 Beiteskader

Plantemetode hadde ingen signifikant effekt på andelen beiteskader hos plantene, men effekten av markberedning var signifikant (Tabell 28). Andelen planter med skade var større på inverterte enn hauglagte markberedningsflekker (Tabell 29). Andelen beiteskader på flate 2 var signifikant høyere enn på flate 1 (Tabell 29). For andelen beiteskader og skader i form av dødt toppskudd kombinert var det ingen effekt av hverken plante- eller markberedningsmetode. Den kombinerte skadeandelen varierte signifikant mellom flatene (Tabell 30), og flate 1 hadde signifikant lavere andel skader enn flate 2 og 3 (Tabell 31).

Tabell 28: ANOVA tabell for andelen beiteskader over hele perioden. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varsians	F-verdi	Pr (>F)
PLANT	1	0,000049	0,000049	0,091	0,76587
MARKB	1	0,006774	0,006774	12,519	0,00168 **
Flate	2	0,004807	0,002404	4,442	0,02284 *
PLANT og MARKB	1	0	0	0	0,99582
PLANT og flate	2	0,002689	0,001345	2,485	0,10452
MARKB og flate	2	0,000144	0,000072	0,133	0,87606
PLANT, MARKB og flate	2	0,002464	0,001232	2,276	0,12438
Rest	24	0,012986	0,000541		

Tabell 29: Gjennomsnittlig beiteskade (%) på plantene for begge vekstsesongene sortert for å vise ulike effekter. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Markberedning	Hauglagt	Invertert
Hovedeffekt	1,8% b	5,1% a

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	2,2% b	4,7% a	2,5% ab

Tabell 30: ANOVA tabell for både beiteskader og skadde toppskudd over hele perioden. PLANT = plantemetode og MARKB = markberedningsmetode. Signifikans er vist med * for $p < 0,5$, ** for $p < 0,01$ og *** for $p < 0,001$.

	Frihetsgrader	Kvadratavvik	Varsians	F-verdi	p-verdi
PLANT	1	0,00339	0,003388	1,136	0,2971
MARKB	1	0,00309	0,003087	1,035	0,31909
Flate	2	0,03617	0,018087	6,065	0,00738 **
PLANT og MARKB	1	0,0074	0,007402	2,482	0,12824
PLANT og flate	2	0,0031	0,00155	0,52	0,60125
MARKB og flate	2	0,00218	0,001088	0,365	0,69804
PLANT, MARKB og flate	2	0,00257	0,001285	0,431	0,65479
Rest	24	0,07157	0,002982		

Tabell 31 : Gjennomsnittlig beiteskade pluss andel døde toppskudd (%) på plantene for begge vekstsesongene sortert for å vise effekten av flate. Hovedeffekten er fordelt på kolonnene og interaksjons- og behandlingseffektene er fordelt på radene. Ulike bokstaver markerer signifikante forskjeller for hver enkelt effekt ($p < 0,05$).

Flate	1	2	3
Hovedeffekt	8,1% b	15,0% a	14,8% a

4. Diskusjon

4.1 Generelt

Plantene viste generelt god vekst i dette forsøket. Etter to vekstsesonger hadde diameteren og høyden økt med henholdsvis 100% og 167%, uavhengig av markberednings- og plantemetode. Hallsby og Örlander (2004) observerte en høydetilvekst på ca. 125% etter tre vekstsesonger hos manuelt plantet ettårig gran på hauglagte og inverterte markberedningsflekker i Nord-Sverige. I mitt forsøk var det lite oppslag av konkurrerende vegetasjon til tross for at bonitetene var høye, og at to av feltene var ett år gamle. Dette kan ha ført til mindre konkurranse om nitrogenet og vannet i bakken slik at plantene fikk vokse fritt (Nordborg et al., 2003; Smolander et al., 2000).

Det er ikke uvanlig å observere en mortalitet på under 5% når det plantes i kombinasjon med flekkmarkberedning som i dette forsøket (Hallsby & Örlander, 2004; Johansson et al., 2007; Nieuwenhuis & Egan, 2002; Örlander et al., 1998). Forsøkene med en mortalitet på opp mot 20% oppgir ofte gransnutebille som den største skadegjøreren (Hallsby & Örlander, 2004; Keane, 2006). Mortaliteten i dette forsøket var på 19,3%, men det var nesten ingen forekomster av gransnutebilleskader (data ikke vist). Den høye mortaliteten kan være et resultat av at det var unormalt lite nedbør den første vekstsesongen, og at det var spesielt varmt i juni når plantene skulle etablere seg.

4.2 Plantemetode

Hypotesen om at maskinell planting fører til større mortalitet enn manuell planting kan ikke bekreftes i dette forsøket. Plantemetoden påvirket ikke mortaliteten, og etter to vekstsesonger var nivået like høyt for manuelt (19,2%) og maskinelt (19,5%) plantede planter. Dette stemmer overens med Saarinen (2006) som fant lik mortalitet (1%) i gran etter manuell og maskinell planting på hauglagte markberedningsflekker etter én vekstsesong. Nieuwenhuis og Egan (2002) fant lavere mortalitet etter manuell planting (1,4%) enn etter Brackeplanteren (4,6%), men de så på sitkagran (*Picea sitchensis*) og brukte plantespader istedenfor planterør for å plante manuelt. Bruken av plantespade kan ha gitt de manuelt plantede plantene en bedre forutsetning til å etablere rotsystemet sitt.

Plantemetoden hadde heller ingen gjennomgående effekt på høyde- og diametertilveksten til plantene. Hypotesen om at maskinell planting fører til økt høydetilvekst kan derfor ikke bekreftes, men det ser ut til å stemme at diametertilveksten er lik for begge plantemetodene.

Dette stemmer overens med Nieuwenhuis og Egan (2002), som ikke fant noen signifikante forskjeller i høyde- og diametervekst etter én vekstsesong. De så allikevel en trend, spesielt hos den mindre ettårige plantetypen, for økt høydevekst etter maskinell planting. På flate 1 i mitt forsøk var den samlede høydeveksten for begge vekstsesongene signifikant større ved manuell (21 cm) enn ved maskinell (18,9 cm) planting. På flate 2 og 3 var trenden motsatt, men ikke signifikant. Jeg mistenker at plantetidspunktet kan være årsaken til forskjellene mellom flatene. Siden plantetidspunktet kom inn som en uventet faktor i forsøket ble det ikke designet for å teste denne effekten. Uten flere flater som ble plantet i juni er det ikke mulig å si om det finnes en interaksjonseffekt mellom plantetidspunkt og plantemetode.

4.3 Markberedningsmetode

Markberedningsmetoden påvirket ikke mortaliteten i dette forsøket, så hypotesen om at invertering fører til lavere mortalitet enn hauglegging kan ikke bekreftes. Dette stemmer overens med Heiskanen et al. (2013) og Örlander et al. (1998) som ikke så noen forskjeller i mortalitet mellom disse to markberedningsmetodene etter henholdsvis 4 og 10 år. Hallsby og Örlander (2004) fant signifikant lavere mortalitet hos gran på inverterte (5%) enn hauglagte (20%) markberedningsflekker etter én vekstsesong. Denne forskjellen var like markant etter fem vekstsesonger med en mortalitet på henholdsvis 22% og 35%. Etter 18 vekstsesonger var mortaliteten på det samme forsøket nesten uendret, men forskjellene var ikke lenger signifikante (Johansson et al., 2013). Hallsby og Örlander (2004) forklarte den dårlige overlevelsen på hauglagte markberedningsflekker ved å vise til Örlander et al. (1998) som registrerte de lengste tørkeperiodene på denne typen markberedningsflekker. At dette ikke påvirket mortaliteten i forsøket til Örlander et al. (1998) skyldes trolig et lavt tørkestress. Selv om forskjellen ikke var signifikant observerte Heiskanen et al. (2013) høyere mortalitet etter invertering. Dette kom i stor grad av at plantene på inverterte markberedningsflekker ble hardere rammet av oppfrost. Valget av markberedningsmetode med tanke på mortalitet må derfor ses i sammenheng med de lokale forholdene og det lokale klimaet.

Markberedningsmetoden påvirket hverken høyde- eller diameterveksten til plantene. Hypotesen om at invertering fører til større høyde- og diametervekst enn hauglegging kan derfor ikke bekreftes. Mye litteratur viser større vekst hos gran på markberedningsflekker, og en del finner større vekst ved invertering enn hauglegging, men forskjellene vises sjeldent så

tidlig som etter to vekstsesonger (Granhus et al., 2003; Hallsby & Örlander, 2004; Örlander et al., 1998). Granhus et al. (2003) så økt vekst med invertering sammenlignet med ingen markberedning fra og med tredje vekstsesong. Örlander et al. (1998) registrerte 35% og 100% større høyde etter 10 vekstsesonger på inverterte markberedningsflekker sammenlignet med henholdsvis hauglegging og ingen behandling, men de så ingen forskjeller i vekst før etter den tredje vekstsesongen. Det er mye som tyder på at effekten av de ulike markberedningsmetodene krever tid for å uttrykke seg. Wallertz og Malmqvist (2013) viste for eksempel at røttene utgjorde en økende andel av plantenes totale biomasse det første året, noe som kan bety at plantene prioriterer etableringen av røttene den første vekstsesongen. Både hauglegging og invertering fører til høyere konsentrasjoner av nitrogen i bakken rundt planta (Nordborg et al., 2003; Smolander et al., 2000). De første årene, før nedbrytningen øker, skyldes dette trolig endringer i hvordan vannet oppfører seg under bakken (Nordborg et al., 2003; Smolander et al., 2000). Økt nitrogeninnhold kan føre til økt vekst i gran, men opptaket av nitrogenet i bakken og vekstreaksjonen kan være forsinket (Nordborg et al., 2003). Hallsby og Örlander (2004) tror høyere temperaturer under bakken på de inverterte markberedningsflekkene, som vist i Örlander et al. (1998), forlenger sesongen hvor nitrogen mineraliseres i bakken og gir plantene på disse flekkene et fortrinn. Det er allikevel lite som tyder på at dette kan påvirke veksten etter to vekstsesonger (Nordborg et al., 2003; Smolander et al., 2000).

Plantene på inverterte markberedningsflekker hadde en større beiteskadeandel enn plantene på hauglagte markberedningsflekker. Örlander et al. (1998) observerte det samme med 32% beiteskadeandel på inverterte og 6-12% beiteskadeandel på hauglagte markberedningsflekker etter fire vekstsesonger. Dette kan indikere et høyere nitrogeninnhold i plantene på de inverterte markberedningsflekkene (Örlander et al., 1998; Smolander et al., 2000). Når man ser på andelen planter med beiteskader og døde toppskudd samlet er ikke effekten av markberedning signifikant. Det er svært sannsynlig at mesteparten av plantene med døde toppskudd ble skadet av beitedyr. Hvis dette er tilfellet burde flere av skadene vært registrert som beiteskader, noe som antageligvis ville redusert signifikansen til resultatet som ble presentert innledningsvis i avsnittet.

4.4 Flate og plantetidspunkt

Mortaliteten var signifikant lavere på flate 1 (5,2%) enn på flate 2 (7,9%) og flate 3 (13,9%) i første vekstsesong, men forskjellen var ikke signifikant i andre vekstsesong (henholdsvis 8,4%, 12,5% og 10,0%). Effektene av flate ble testet mot steinandel og fuktighetsforhold uten at dette så ut til å være forklarende variabler. Med tanke på at det gikk en måned mellom planting på flate 1 (juni) og flate 2 og 3 (juli) er plantetidspunktet den mest sannsynlige årsaken til de store forskjellene. Dette stemmer overens med Luoranen et al. (2005) som fant en økende sannsynlighet for skade på gran som ble plantet fra midten av juni og ut august sammenlignet med planter som ble plantet tidligere på våren. De observerte spesielt mye frostskafer hos plantene som ble plantet sent det året de opplevde en nattefrost i slutten av september. Luoranen et al. (2006) fant også økt sannsynlighet for frostskafer ved planting i juli og august. Hänninen et al. (2002), referert til i Luoranen et al. (2005), viste at man kunne forvente hyppigere frostskafer ved sen vårplanting i Finland. De kom frem til at frostskafer kunne forventes hvert tiende år ved planting den 10. juni, hvert femte år for planting den 20. juni, og hvert andre år ved planting den 30. juni. Puttonen (1986), referert til i Luoranen et al. (2005), viste at økt lagringstid før planting førte til en nedgang i sukkerkonsentrasjonen i nålene til furu (*Pinus sylvestris* L.), som igjen førte til økt mortalitet etter planting. Luoranen et al. (2005) fant en tendens til lavere rotvekst etter planting hos granplanter med redusert sukkerkonsentrasjon i nålene, men korrelasjonen var ikke signifikant. Det ble ikke skilt på mortalitet som følge av frost og tørke i dette forsøket, og siden målestasjonen ligger såpass mye lavere er det vanskelig å si om det var tidlige nattefroster på flatene. Det er derfor ikke mulig å si om mortaliteten skyldtes den ene eller den andre årsaken.

De største forskjellene i vekst ble funnet mellom flate 1 og de to andre flatene. Plantene på flate 1 viste størst høydetilvekst den første sesongen, og den andre vekstsesongen var både diameter- og høydetilveksten størst på flate 1. Ved siste måling hadde plantene på flate 1 i gjennomsnitt 68% større høyde og 37% større diameter enn plantene på de andre flatene. Det er sannsynlig at også dette skyldes forskjellen i plantetidspunktene. Effekten av plantetidspunktet på høydeveksten i gran ble undersøkt av Luoranen et al. (2005). For planter med samme behandling fra planteskolen som i dette forsøket (ingen kortdagsbehandling og plantet rett fra kjølelager) fant de signifikant større høydetilvekst hos gran som ble plantet den 13.-14. juni sammenlignet med gran som ble plantet den 12.-25. juli. Etter fem vekstsesonger var høyden til plantene som ble plantet i tidlig juni 56-80% høyere enn de som ble plantet i tidlig juli. I mitt forsøk var det spesielt lite nedbør i juni den våren forsøket ble

anlagt, noe som kan ha tørket ut jorda før plantingen av flate 2 og 3. Hvis sukkerkonsentrasjonen i barnålene i tillegg var redusert på grunn av lengre lagring slik som det blir beskrevet i Puttonen (1986), referert til i Luoranen et al. (2005), kan disse to faktorene være forklarende for den reduserte veksten. Sen planting ser ut til å påvirke denne typen granplanter negativt, men i hvor stor grad kan påvirkes av de lokale forholdene. Forsøk har vist at man kan redusere mortaliteten og opprettholde tilveksten hos sent plantet gran ved å kortdagsbehandle dem på planteskolen (Luoranen et al., 2005; Luoranen et al., 2006).

Andelen beiteskader varierte mellom flatene, men dette kan komme av forhold som ikke er knyttet til forsøket slik som hvor dyrene slippes på utmarka. Flate 2 og 3 lå på samme side av den høyt trafikkerte Torpavegen som en aktiv sæter. Det er ikke utenkelig at dette kan ha dratt opp skadeandelen grunnet beiting på disse feltene. Ser man på andelen beiteskader og toppskudd med skade samlet er det fortsatt en signifikant forskjell mellom flate 1 og flate 2 og 3. I de aller fleste tilfellene hvor det ble registrert skade på toppskuddet var enten hele eller deler av toppskuddet borte. Beiting er derfor en sannsynlig årsak til disse skadene også.

5. Konklusjon

Hovedfokuset i denne masteroppgaven var å undersøke plantekvaliteten til Brackeplanteren på hauglagte og inverterte markberedningsflekker og sammenligne den med manuell planting. Hverken plante- eller markberedningsmetode viste noen gjennomgående effekt på høydetilveksten, diametertilveksten eller mortaliteten til plantene de to første årene. Forskjellene mellom flatene skyldes trolig plantetidspunktet og ikke behandlingsmetodene. Selv om jeg anser det som lite sannsynlig at plantemetoden (manuelt eller maskinelt) vil påvirke den videre utviklingen hos plantene, tror jeg en oppfølging av forsøksflatene kan være interessant. Effekten av markberedningen har trolig ikke hatt tid til å uttrykke seg enda, så dette kan føre til forskjeller senere. Plantene på flate 1 hadde størst vekst begge vekstsesongene, så det kan også være interessant å se om denne forskjellen opprettholdes over flere vekstsesonger med tanke på utvidet plantesesong.

6. Litteratur

- Arnkil, R. & Hämäläinen, J. (1995). Bräcke Planter- ja Ilves-istutuskoneiden tuottavuus ja työjälki [Bräcke Planter and Ilves tree planting machines]. *Metsätehon Katsaus*, 1/1995.
- Bærekraftforskriften. (2006). *Forskrift om berekraftig skogbruk av 1. juli 2006*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-07-593> (lest 20.03.2018).
- Eriksson, O. & Ehrlén, J. (1992). Seed and microsite limitation of recruitment in plant populations *Oecologia*, 91: 360–364. doi: 10.1007/BF00317624.
- Ersson, B. T. (2014). *Concepts for mechanized tree planting in southern Sweden*. Doktoravhandling. Umeå: Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Ersson, B. T., Laine, T. & Saksa, T. (vurderes for publisering). *Mechanized Tree Planting in Sweden and Finland: Current State and Key Factors for Future Growth*.
- Granhus, A., Brække, F. H., Hanssen, K. H. & Haveraaen, O. (2003). Effects of Partial Cutting and Scarification on Planted *Picea abies* at Mid-elevation Sites in South-east Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18 (3): 237-246. doi: 10.1080/02827581.2003.9728294.
- Granhus, A. & Fløistad, I. S. (2010). Naturlig foryngelse etter markberedning på middels bonitet (G14). *Forskning fra Skog og landskap*, 01/2010: 1-22.
- Granhus, A., Fløistad, I. S. & Eriksen, R. (2015). Hogst og foryngelse av granskog: Tilstandsbeskrivelse basert på Resultatkontroll skogbruk/miljø og Landsskogtakseringen. *Rapport fra Skog og landskap*, 2015 (04): 23s.
- Granhus, A. & Eriksen, R. (2017). Resultatkontroll skogbruk/miljø. *NIBIO Rapport*, 3 (159).
- Hallongren, H., Laine, T., Rantala, J., Saarinen, V. M., Strandstrom, M., Hamalainen, J. & Poikela, A. (2014). Competitiveness of mechanized tree planting in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29 (2): 144-151. doi: 10.1080/02827581.2014.881542.
- Hallsby, G. & Örlander, G. (2004). A comparison of mounding and inverting to establish Norway spruce on podzolic soils in Sweden. *Forestry*, 77 (2): 107-117. doi: 10.1093/forestry/77.2.107.
- Heiskanen, J. & Rikala, R. (2006). Root growth and nutrient uptake of Norway spruce container seedlings planted in mounded boreal forest soil. *Forest Ecology and Management*, 222 (1-3): 410-417. doi: 10.1016/j.foreco.2005.10.047.
- Heiskanen, J., Saksa, T. & Luoranen, J. (2013). Soil preparation method affects outplanting success of Norway spruce container seedlings on till soils susceptible to frost heave. *Silva Fennica*, 47 (1). doi: 10.14214/sf.893.
- Heiskanen, J., Saksa, T. & Hyvönen, J. (2016). Effects of mounding and soil clay content on postplanting success of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 378: 206–213. doi: 10.1016/j.foreco.2016.07.044.
- Johansson, K., Nilsson, U. & Allen, H. L. (2007). Interactions between soil scarification and Norway spruce seedling types. *New Forests*, 33 (1): 13-27. doi: 10.1007/s11056-006-9010-y.

- Johansson, K., Nilsson, U. & Örlander, G. (2013). A comparison of long-term effects of scarification methods on the establishment of Norway spruce. *Forestry*, 86 (1): 91-98. doi: 10.1093/forestry/cps062.
- Keane, M. (2006). Container plants and mechanised planting – the way forward? I: L., M. & J., F. (red.) *Plant quality - A key to success in forest establishment. Proceedings of the COFORD conference, 20-21 September 2005, Mount Wolseley Hotel, Tullow, Co Carlow*, s. 67-71.
- Laine, T. & Rantala, J. (2013). Mechanized tree planting with an excavatormounted M-Planter planting device. *International Journal of Forest Engineering*, 24 (3): 183-193. doi: 10.1080/14942119.2013.844884.
- Laine, T., Kärhä, K. & Hynönen, A. (2016). A survey of the Finnish mechanized tree-planting industry in 2013 and its success factors. *Silva Fennica*, 50 (2). doi: 10.14214/sf.1323.
- Landbruksdirektoratet. (2018). *Skogkultur*. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/skogbruk/skogkultur> (lest 20.03.2018).
- Luoranen, J., Rikala, R., Konttinen, K. & Smolander, H. (2005). Extending the planting period of dormant and growing Norway spruce container seedlings to early summer. *Silva Fennica*, 39 (4): 481-496. doi: 10.14214/sf.361.
- Luoranen, J., Rikala, R., Konttinen, K. & Smolander, H. (2006). Summer planting of *Picea abies* container-grown seedlings: Effects of planting date on survival, height growth and root egress. *Forest Ecology and Management*, 237 (1-3): 534-544. doi: 10.1016/j.foreco.2006.09.073.
- Nieuwenhuis, M. & Egan, D. (2002). An Evaluation and Comparison of Mechanised and Manual Tree Planting on Afforestation and Reforestation Sites in Ireland. *International Journal of Forest Engineering*, 13 (2): 11-23. doi: 10.1080/14942119.2002.10702459.
- Nordborg, F., Nilsson, U. & Örlander, G. (2003). Effects of different soil treatments on growth and net nitrogen uptake of newly planted *Picea abies* (L.) Karst. seedlings. *Forest Ecology and Management*, 180 (1-3): 571-582. doi: 10.1016/S0378-1127(02)00650-3.
- Örlander, G., Hallsby, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C. (1998). Inverting improves establishment of *Pinus contorta* and *Picea abies* - 10-year results from a site preparation trial in Northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13 (1-4): 160-168. doi: 10.1080/02827589809382972.
- Øvergård, T. (2014). Standard for markberedning. *Skogkurs. Biri*. 4 s.
- Petersson, M. (2008). *Effektivare skogsföryngring*: Södra.
- Rantala, J., Harstela, P., Saarinen, V. M. & Tervo, L. (2009). A Techno-Economic Evaluation of Bracke and M-Planter Tree Planting Devices. *Silva Fennica*, 43 (4): 659-667. doi: 10.14214/sf.186.
- Rantala, J. & Laine, T. (2010). Productivity of the M-Planter Tree-Planting Device in Practice. *Silva Fennica*, 44 (5): 859-869. doi: 10.14214/sf.125.

- Saarinen, V. M. (2006). The effects of slash and stump removal on productivity and quality of forest regeneration operations—preliminary results. *Biomass and Bioenergy*, 30 (4): 349-356. doi: 10.1016/j.biombioe.2005.07.014.
- Skogkurs. (2014). Markberedning. *Skogkurs resymé nr. 9. Biri*. 4 s.
- Smolander, A., Paavolainen, L. & Mälkönen, E. (2000). C and N transformations in forest soil after mounding for regeneration. *Forest Ecology and Management*, 134 (1-3): 17-28. doi: 10.1016/S0378-1127(99)00242-X.
- Søgaard, G., Astrup, R., Allen, M., Andreassen, K., Bergseng, E., Fløistad, I. S., Granhus, A., Hanssen, K. H., Hietala, A., Kvaalen, H., et al. (2017). Skogbehandling for verdiproduksjon i et klima i endring. *NIBIO RAPPORT*, 3 (99).
- SSB. (2017). *Landsskogtakseringen*. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/lst>: Statistisk sentralbyrå (lest 12.04.2018).
- Wallertz, K. & Malmqvist, C. (2013). The effect of mechanical site preparation methods on the establishment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in southern Sweden. *Forestry*, 86 (1): 71-78. doi: 10.1093/forestry/cps065.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway