



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp  
Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning, MINA

## **Plantekvalitet og etableringsevne hos toårige planter av gran (*Picea abies*)**

Seedling quality and field establishment of two-year-old Norway spruce (*Picea abies*) seedlings

Gunvor Grimeland Koller  
Skogfag



# Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på mitt fem år lange studieløp på skogfag ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Denne oppgaven går i dybden på et tema innen skogfag jeg synes er svært interessant, og ikke minst relevant for fremtidige klima- og miljøutfordringer. Jeg er glad jeg har fått ta del i dette forskningsprosjektet om planteproduksjon med Norsk institutt for bioøkonomi, som er støttet økonomisk av Skogbrukets utviklingsfond og Skogtiltaksfondet. Tusen takk for god hjelp og disposisjon av forsøksfelt av Viken Skog og Fritzøe Skoger. En takk må også rettes til NordGen for økonomisk støtte og planteskolene som har bidratt med plantemateriale til forsøket.

Jeg vil rette en stor takk til mine to veiledere professor Line Nybakken og forsker Inger S. Fløistad. Gjennom skriveprosessen har dere gitt meg svært tydelige og raske tilbakemeldinger, som jeg er veldig glad for. Jeg vil også takke ph.d.-kandidat Solrun K. Lie for god statistikkveiledning og en latterkule i ny og ne. Tusen takk til min kjære mor for mange oppmuntrende ord, god hjelp og støtte denne våren.

Fra jeg var ei lita jente har alltid drømmen vært å studere ved den gamle Landbrukshøgskolen i Ås. Drømmen gikk i oppfyllelse og studietiden i Ås har vært lærerik, med mye sprell og moro. Jeg har fått venner for livet både gjennom tiden som skogbruker, men også som Ivarinne i Pikekoret IVAR. Tiden på Agrarmetropolen går mot slutten, men jeg sitter igjen med mange uvurderlige minner, opplevelser og erfaringer som jeg vil ta med meg videre.

Ås, 8.mai 2017

Gunvor Grimeland Koller



## Sammendrag

Foryngelse er det første og viktigste steget etter hogst for å sikre bærekraftig bruk og utnyttelse av skogressursene. Gran (*Picea abies*) utgjør omtrent halvparten av stående volum i norsk skog og forynges i hovedsak gjennom planting. Gunstige statlige ordninger setter planting av skogplanter på dagsorden og det ble plantet 34,9 millioner skogplanter i Norge gjennom skogfond i 2016. God plantekvalitet og etableringsevne er viktig for vellykket foryngelse etter slutthogst. Hovedformålet med denne studien var å finne sammenhengen mellom plantekvalitet og etableringsevne hos toårige granplanter. I forsøket ble granplanter fra samme genetiske opphav, men dyrket frem ved seks ulike skogplanteskoler på Østlandet, plantet våren 2016. Før utplanting ble alle seks plantegruppene kvalitetstestet ved hjelp av næringsanalyse og dyrkingstest for rotvekstkapasitet.

Det ble plantet ut 505 planter på et forsøksfelt i Lardal kommune og 475 planter på et forsøksfelt i Larvik kommune. Tre registreringer av høyde, rothalsdiameter og vitalitet ble gjort mai, juli og september 2016. Rotvekstkapasitet hadde en signifikant effekt på relativ høyde- og diameterilvekst. Plantegruppene med høyt innhold av nitrogen (2,0 – 2,2 %) viste generelt bedre vekst enn plantegruppene med for lavt innhold av nitrogen (1,3 – 1,6 %). To plantegrupper var smittet av sykdommer som påvirket veksten negativt. Dermed er kontroll og testing av rotvekst og næringsinnhold, samt god planteskolehygiene, viktig for å opprettholde optimal plantekvalitet hos granplanter til skogbruket.



## Abstract

Regeneration is the first and most important step towards sustainable use of the forest resources. Norway spruce (*Picea abies*) covers about half of the standing timber in the Norwegian forest. The most common regeneration method after clearcutting of Norway spruce is planting. In 2016, 34.9 million seedlings were planted in Norway. High quality seedlings are important for successful regeneration after clear cutting.

The aim of the present study was to identify the relationship between seedling quality and establishment of Norway spruce seedlings. In the experiment, two-year-old Norway spruce seedlings from the same genetic origin, cultivated in six different Norwegian nurseries, were planted the spring of 2016. All seedlings groups were quality tested before planting, by measuring root growth capacity and nutrient status.

At the study site in Lardal municipality 505 seedlings were planted, while 475 seedlings were planted at the study site in Larvik municipality. The height, root collar diameter and vitality was registered in May, July and September 2016. Root growth capacity had a significant effect on relative growth, and seedlings with a high nitrogen content (2.0 – 2.2 %) showed in general better growth than those with low nitrogen content (1.3 – 1.6 %). Two seedling groups were infected by pathogens, which adversely affected growth. Control and testing of sufficient root growth and nutrient level, as well as good nursery hygiene, are important for maintaining an optimal seedling quality of Norway spruce.





# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>I</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>III</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>V</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Materialer og metode</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Studieområde</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Plantemateriale</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3 Næringsanalyse</b> .....	<b>7</b>
<b>2.4 Dyrkingstest</b> .....	<b>8</b>
<b>2.5 Feltforsøk</b> .....	<b>9</b>
2.5.1 Forsøksdesign .....	9
2.5.2 Utplanting .....	10
2.5.3 Registreringer .....	10
2.5.4 Vurdering av vitalitet.....	11
<b>2.6 Statistikk</b> .....	<b>11</b>
<b>3 Resultater</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1 Dyrkingstest</b> .....	<b>12</b>
<b>3.2 Høyde- og diametervekst</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3 Relativ høyde- og diametervekst</b> .....	<b>16</b>
<b>3.4 Vurdering av vitalitet</b> .....	<b>18</b>
<b>4 Diskusjon</b> .....	<b>19</b>
<b>5 Konklusjon</b> .....	<b>23</b>
<b>6 Litteratur</b> .....	<b>24</b>

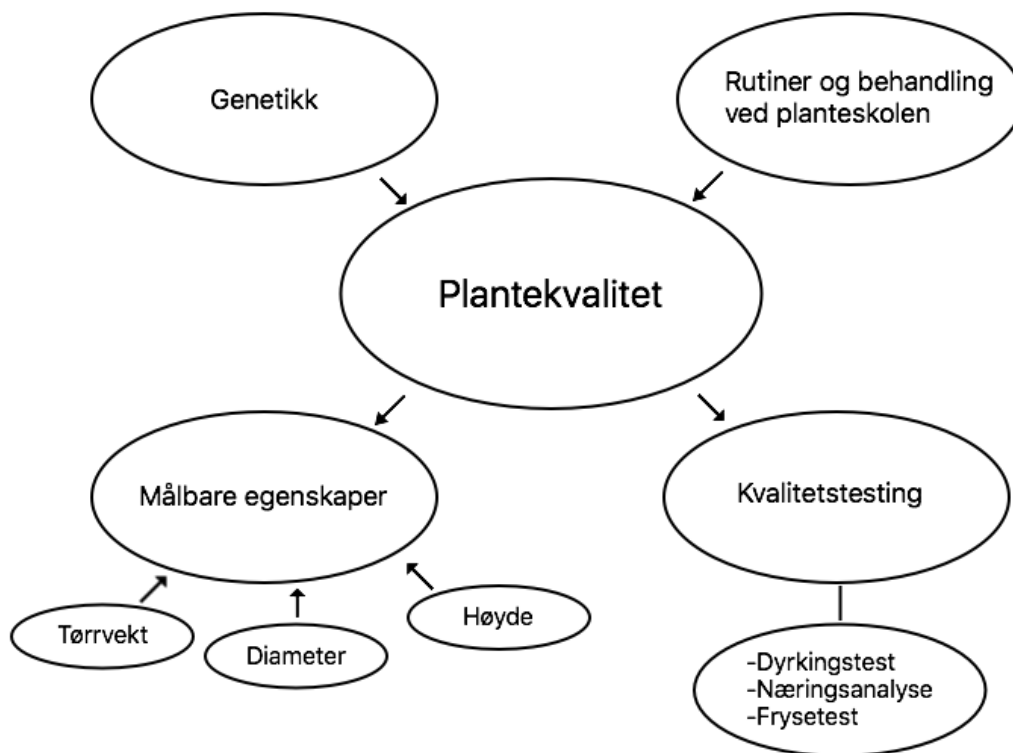


# 1 Innledning

Foryngelse er det første og viktigste steget etter hogst for å sikre en bærekraftig utnyttelse av skogressursene. Gran (*Picea abies*) utgjør omtrent halvparten av stående volum i norsk skog og forynges i hovedsak gjennom planting. I Norge ble det plantet 34,9 millioner skogplanter gjennom skogfond i 2016, som er en økning på 8 % fra 2015 (Landbruksdirektoratet 2017). Planteantallet i Norge nærmer seg 40 millioner, om en inkluderer importerte planter fra Sverige. Gjennom Skogbrukslova §6 (Lovdata 2017), om forynging og stell av skog, settes det krav til tilfredsstillende etablering av ny foryngelse etter hogst. Lovverket setter rammene for viktigheten av å sørge for ny foryngelse i Norge, men også gunstige statlige ordninger for skogeieren bidrar til at planting av skogplanter blir satt på dagsorden (Landbruksdirektoratet 2017). Tiltak for økt planting og planting på nye områder i Norge ble innført i 2016, ved innføring av en ny tilskuddsordning med bakgrunn i rapporten ”Klimakur 2020” (Miljødirektoratet 2010). I rapporten opplyser staten om tiltak og virkemidler for å nå klimamålene innen 2020 (Miljødirektoratet 2010). Planting anses som et viktig klimatiltak, som bidrar til økt opptak av CO<sub>2</sub> i skog. Dette er en langsiktig investering, og målet er å øke planteantallet i Norge til 50 millioner planter for å motvirke et fall i framtidig karbonopptak i skogen (Miljødirektoratet 2010). Den høye økningen av antall skogplanter i 2016 kan ses på som en respons på nevnte tilskuddsordning og statens målsetting i ”Klimakur 2020”.

Det gjennomføres en årlig resultatkontroll med stikkprøver etter gjennomførte hogster, som en forsikring på at foryngelsen i Norge holder mål (Granhus et al. 2016). Prøvefeltene er tilfeldig trukket ut blant hogstflater som er forynget tre år i forkant av kontrollen. Utfra dette blir det gjort en vurdering på hvordan skogkulturinnsatsen og tilrettelegging for foryngelse utvikler seg over tid. Under resultatkontrollen blir ikke bare antall planter pr. daa lagt vekt på, men også kvaliteten av plantematerialet (Granhus et al. 2016). Siste publiserte resultatkontroll er foreløpig for 2015, hvor 60 % av kontrollarealet var forynget ved planting. Av arealet som var plantet hadde 69 % en plantetetthet som anbefalt eller høyere (Granhus et al. 2016). Avgangen ble vurdert som normal på nesten 60 % av arealene. Konkurrerende vegetasjon var den største årsaken til avgang, som ikke ble vurdert som normal.

Plantekvalitet er alfa og omega for en vellykket ny foryngelse etter slutthogst, men det er vanskelig å gi plantekvalitet en klar definisjon. Johnson og Cline (1991) beskriver plantekvalitet som granplantens evne til å motsette seg miljømessig langvarige påkjenninger, samtidig med tilstrekkelig tilvekst etter planting. Plantekvalitet er gjerne et mål på granplantens etableringsevne, som spiller en avgjørende rolle for bestandets startfase (Grossnickle 2012; Mattsson 1997). Dårlig etablering kan føre til svak vekst og økt dødelighet (Johansson et al. 2015), som videre fører til at foryngelsen ikke holder mål. Ved etablering blir granplantene utsatt for store mengder stress, som tørke, næringsmangel og interspesifikk konkurranse (Johansson et al. 2012). For å motstå den typen stress er det derfor av stor betydning at granplantene har egenskaper som gir god etableringsevne.



Figur 1. Plantekvalitet er et resultat både av det genetiske opphavet, samt behandling og rutiner ved planteskolen. Egenskapene som avgjør plantekvaliteten kan kartlegges ved hjelp av målinger eller kvalitetstesting.

Det genetiske opphavet er med på å forme plantekvaliteten hos granplantene (Figur 1). En god genetisk opprinnelse er viktig for å oppnå ønsket vekst og sluttprodukt (Steffenrem et al.

2009). Et økende fokus på virkeskvalitet og rask vekst gjør valget av genmateriale mer avgjørende enn tidligere. Dagens frø brukt i plantedyrkingen stammer fra frøplantasjer, hvor målet er å produsere genetisk og fysiologisk gode frø for skogbruksformål. Ved valg av frøkilde er det viktig å ta hensyn til proveniensen, hvor frøets opprinnelse og tilpasning må samsvare med det valgte plantingsområdet (Grossnickle 2000).

Rutiner og behandling på skogplanteskolene (Figur 1) er en svært viktig faktor for plantekvaliteten (Fløistad 2000; Fløistad & Eldhuset 2017; Grossnickle 2012). Produksjon av robuste planter med høy motstandsdyktighet fremhever egenskaper som gir vellykket etablering og styrker plantene mot tidligere nevnte utfordringer etter utplanting (Grossnickle 2000). Rutiner og behandling som fremhever dette er for eksempel kortdagsbehandling og gjødsling.

Ved kortdagsbehandling forkortes granplantenes daglengde for å bremse høydevekst og herde granplantene mot frost (Fløistad & Granhus 2013; Konttinen et al. 2007; Lilja et al. 2010; Rostad et al. 2006). Behandlingen fremskynder innvintring og gir dermed frostherdige granplanter før høstplanting eller vinterlagring. Kortdagsbehandling kan være en effektiv metode for å bedre forholdet mellom topp og rothalsdiameter, da diameterveksten ikke vil bremse i like stor grad som høydeveksten (Fløistad & Granhus 2013). Behandlingen gjøres som oftest sent i vekstsesongen, men kan også gjøres tidlig. Ved tidlig kortdagsbehandling blir granplantene kortere, men muligheten for høstskudd etter behandling er derimot høyere (Fløistad & Granhus 2013). Ved sen kortdagsbehandling kan knoppsetting skje i forkant av behandlingen. Fløistad og Eldhuset (2017) har vist at kortdagsbehandling også kan gi granplanter økt rotvekst.

Gjødslingsrutiner under produksjonen av granplanter bidrar til en så optimal vekst som mulig i oppstartsfasen (Fløistad 2000). Gjødsling på skogplanteskolene skjer via vanning i en fullstendig næringsblanding. Konsentrasjonen må kontrolleres gjennom vannets ledningsevne, som måler mengden ioner gjødselstoffene har frigitt. Gjødsling i skogplanteskolen er også viktig i tiden etter utplanting, da næringsinnholdet i plantenes barmasse har mye å si for granplantenes etableringsevne (Fløistad & Eldhuset 2017; Ingestad 1979; Linder 1995; Mattsson 1997). Optimal gjødsling ved planteskolen vil sørge for at granplanten har næringsstoffene den trenger for tidlig overlevelse etter utplanting (Grossnickle 2012).

Det er viktig at skogplanteskolene kontrollerer plantekvaliteten underveis i produksjonen av granplanter, slik at granplanter som ikke har egnet etablerings- og overlevelsessevne kan identifiseres (Mattsson 1997). Kontroll av plantekvalitet kan gjøres ved måling og kvalitetstesting (Figur 1). De målbare egenskapene går primært på granplantens morfologi, som vil si granplantens oppbygning og form (Fløistad 2000). Et balansert forhold mellom topp og rot, kraftig stamme og et godt rotsystem blir ansett som den optimale morfologi for granplantens overlevelse (Grossnickle 2012). Kraftig stamme og stor rothalsdiameter kan bli betraktet som den viktigste parameteren for plantekvalitet (Johnson & Cline 1991), da stor rothalsdiameter gir større rotsystem for granplanten (Grossnickle 2000). Betydelig størrelse på skudd og røtter vil gi granplanten økt tilgang på nødvendig mengde næring og ressurser, gjennom økt næringsopptak via røttene og fotosyntese (Grossnickle 2000).

Parametere som rotvekstkapasitet, næringsinnhold og frostherdighet kan undersøkes ved kvalitetstesting. Dette omhandler i hovedsak plantens fysiologi (Fløistad 2000).

Rotvekstkapasiteten gir et uttrykk for granplantens evne til å gro og utvikle finrøtter (Simpson & Ritchie 1997), og kan korrelere med videre vekst og etablering etter utplanting (Grossnickle 2005). Det er derfor viktig å kontrollere potensialet for ny rotvekst under produksjonsfasen. Høy rotvekstkapasitet er positivt for vann- og næringsopptaket i tidlig vekstfase (Mattsson 1997), og granplanter med stort rotsystem har vist høyere overlevelsesrate (Grossnickle 2012).

Næringsanalyser er også en viktig del av kvalitetstesting, som et hjelpemiddel for planlegging av riktig gjødslingsmengde for granplantene og sjekk av næringsstatus før utplanting. Under en næringsanalyse måler man mengden av næringsstoffer som anses som elementære for plantens funksjon (Grossnickle 2000). Dette skjer som oftest gjennom en baranalyse av nålene under dyrking. Ved vurdering av en slik næringsanalyse er innholdet av nitrogen en nøkkelindikator (Fløistad & Eldhuset 2017), som en del av 95% av plantens tørrvekt (Grossnickle 2000).

Etableringssuksessen etter utplanting avhenger av forholdene på planteplassen og måten planten blir plantet i bakken. I tillegg til jordforhold og klima som abiotiske faktorer, er spesielt interspesifikk konkurranse fra annen vegetasjon en viktig biotisk faktor for granplantenes overlevelse. Konkurranse om lys er en av de viktigste begrensningene i etableringsfasen (Grossnickle 2000; Grossnickle & El-Kassaby 2015). Det anbefales å plante

granplanter med stor rothalsdiameter, som er mer robuste planter, i tilfeller med høy lyskonkurranse (Grossnickle & El-Kassaby 2015). Luoranen og Viiri (2016) fant at dyp planting var en fordel ved tørre jordforhold og gav bedret vekst for granplanter. Økt plantedybde hadde ved ingen tilfeller negativ effekt (Luoranen & Viiri 2016). Korrekt planteteknikk for høy overlevelsesrate er dermed dyp planting, slik at røttene får god jordkontakt (Grossnickle & El-Kassaby 2015).

Hovedformålet med denne studien var å finne sammenheng mellom plantekvalitet og granplantens etableringsevne. Dette ble gjennomført ved kvalitetstester før utplanting og evaluering av etableringssuksess etter utplanting. I forsøket benyttet vi granplanter fra ett og samme frøparti, men dyrket frem i ulike skogplanteskoler. På denne måten kunne effekten av ulike dyrkingsforhold og forbehandlinger sammenlignes på plantemateriale med likt genetisk opphav. De ulike plantegruppene er testet i veksthus og målt på to ulike forsøksfelt i Vestfold sommeren 2016.

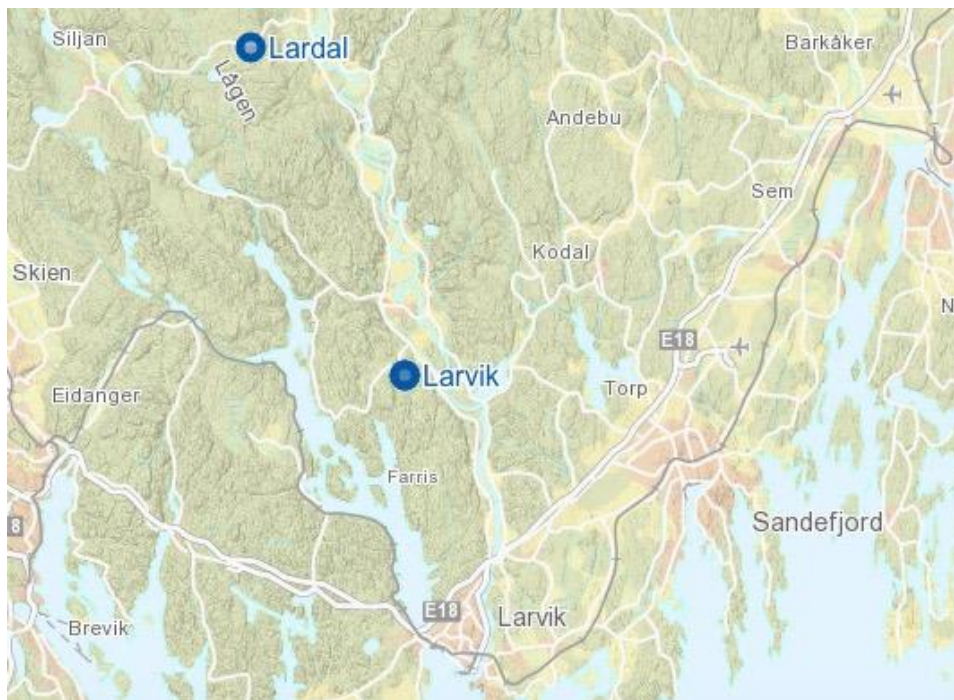
Jeg satte opp følgende hypoteser:

- 1) De plantene som viser høyest næringsinnhold i nålene før utplanting, vil ha størst relativ høyde- og diametervekst etter utplanting.
- 2) De plantene som viser høyest rotvekstkapasitet før utplanting, vil ha størst relativ høyde- og diametervekst etter utplanting.
- 3) De plantene som har hatt fremskyndet vekstavslutning etter bruk av kortdagsbehandling, vil vise større vekst enn planter som er dyrket frem under naturlig daglengde.

## 2 Materialer og metode

### 2.1 Studieområde

Studieområdet er lokalisert i Vestfold fylke, fordelt på to ulike forsøksfelt, et i Lardal kommune og et i Larvik kommune (Figur 2). Forsøksområdet i Lardal ligger sør i kommunen, nordøst for Siljan (59°17'37.8"N 9°50'16.7"E). I følge skogbruksplanen ligger prøveflaten i et bestand registrert med bonitet G11 (Tveite 1977) og gran som hovedtreslag før siste slutthogst. Området kan beskrives som blokkrikmark.



Figur 2. Kart over Vestfold fylke med punkter som markerer prøvefeltene i Lardal og Larvik (Kartverket 2017).

Forsøksområdet i Larvik ligger i Vestmarka, i Fritzøe Skoger, nordøst for Larvik by (59°07'56.9"N 10°01'26.9"E). Bestanden er registrert med bonitet G23 (Tveite 1977) og hovedtreslag før siste slutthogst var gran. Dette arealet var drenert og oppdyrket mark før forrige omløp, og består i dag av tung leirjord.

Begge bestand ble sluttavvirket i 2015. Det ble avvirket henholdsvis 15,4 m<sup>3</sup>/daa og 58,5 m<sup>3</sup>/daa for de to områdene. Nærmeste målestasjon for nedbørsmengde og middeltemperatur er Kvelde, som ligger midt mellom prøvefeltene (Tabell 1). Temperaturene for denne sommeren var litt varmere enn normalt, på det meste 3 °C over middeltemperatur i mai og juni.



Tabell 1. Middeltemperatur og nedbørsmengde for hver måned i forsøksperioden, målt ved Kvelde målestasjon (NIBIO 2017). 30 års normaltall i parentes.

Måned	Middeltemperatur (°C)	Nedbør (mm)
Mai 2016	13,1 (10,1)	47
Juni 2016	17,4 (14,6)	60,4
Juli 2016	17,6 (16,5)	97,2
August 2016	15,8 (15)	134,8

## 2.2 Plantemateriale

Plantematerialet brukt i denne studien var granplanter med lik genetisk opprinnelse, alle frø høstet fra Sanderud frøplantasje i 2006 (frøparti F06-037). Plantene er produsert frem i ulike skogplanteskoler lokalisert på Østlandet. De ulike planteskolene navngis ikke i studien og planter fra hver planteskole vil bli omtalt som plantegruppe 1 til 6. Dette er tilfeldig nummerering.

Plantene er toårig pluggplanter, dyrket på dyrkingsbrett i veksthus og siden på friland (50 cm<sup>3</sup> i pottevolum, plantetetthet på 500 planter pr m<sup>2</sup> og 95 planter pr brett). Alt plantemateriale i studien var behandlet med Merit Forest (virksomt stoff *Imidakloprid*) før utplanting for å forebygge gnag av gransnutebille (*Hylobius abietis*). Alle plantegruppene var kortdagsbehandlet, bortsett fra plantegruppe 3 som har hatt naturlig daglengde før utplanting. Plantegruppe 4 var sent kortdagsbehandlet, hadde allerede satt knopp og fikk dermed ingen fremskyndet vekstavslutning. Alle plantegruppene var kjølelagret.

## 2.3 Næringsanalyse

Hver planteskole har utført en næringsanalyse og kartlagt innholdet av nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), kalsium (Ca), svovel (S), kobber (Cu), mangan (Mn), sink (Zn), bor (B), molybden (Mo) og jern (Fe) i plantegruppene (tabell 2). Disse blir sammenlignet med et optimum basert på Ingestad (1979).

Tabell 2. Næringsinnhold for hver plantegruppe i sammenligning med optimumsverdier basert på Ingestad (1979). Ved optimal mengde skal granplanten ha optimal vekst.

Optimum	Grunnstoff	Plantegruppe					
		1	2	3	4	5	6
2-2,9 (%)	Nitrogen (N)	1,61	1,44	1,32	2,00	2,15	2,03
0,1-1,3 (%)	Fosfor (P)	0,30	0,25	0,28	0,28	0,25	0,30
0,9-1,6 (%)	Kalium (K)	0,99	1,04	1,16	1,50	1,06	1,30
0,09-0,16 (%)	Magnesium (Mg)	0,13	0,11	0,10	0,13	0,14	0,15
0,09-0,6 (%)	Kalsium (Ca)	0,35	0,48	0,26	0,40	0,12	0,26
0.13-0.18 (%)	Svovel (S)	0,10	0,10	0,09	0,11	0,12	0,12
>2-3 (ppm)	Kobber (Cu)	81	1,5	2,5	1,7	31	2,3
>15-25 (ppm)	Mangan (Mn)	100	150	150	68	210	210
>20 (ppm)	Zink (Zn)	23	28	30	19	21	20
20-25 (ppm)	Bor (B)	14	19	33	24	27	21
>50 (ppm)	Jern (Fe)	61	56	72	130	91	55

## 2.4 Dyrkingstest

En dyrkingstest ble gjennomført for å dokumentere granplantenes vitalitet og rotvekstkapasitet før planting. Om planten etablerer ny rotvekst i løpet av testperioden, er det et tegn på en vital plante, som er i stand til å produsere nye røtter (Grossnickle 2005). Testen ble påbegynt 21.april 2016 på NIBIOs forskningsgård Hoxmark (59°40' N, 10°51' E). 20 planter av hver av de seks plantegruppene ble plantet i potter, totalt 120 planter. Disse ble plantet i støpesand med fire planter i hver potte, totalt fem potter pr. plantegruppe. Pottene stod deretter i veksthus i en måned under naturlige lysforhold og temperatur varierende mellom 20 og 30 °C. Røttene i hver potte ble høstet 20.mai 2016. De fem lengste røttene hos hver plante ble målt med skyvelær og plantens status ble registrert. Totalt ble 600 røtter målt, fem røtter hos 120 planter. Lengden på alle disse røttene utgjør finrotssummen for hver plantegruppe i studien.



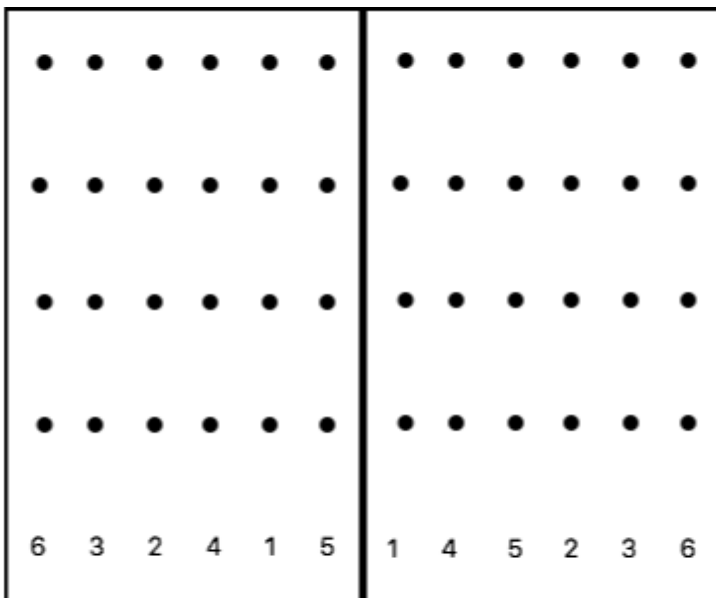
Figur 3. Mål av finrøtter hos et utvalg av granplantene i studien, under dyrkingstest på NIBIOs forskningsgård Hoxmark. Foto: Gunvor G. Koller.

## 2.5 Feltforsøk

### 2.5.1 Forsøksdesign

Forsøksfeltene ble etablert 23. – 25.mai 2016 på forsøksområdene beskrevet i avsnitt 2.1. Prøvefeltene ble delt inn i blokker på ca. 6x10m, totalt 17 blokker i Lardal og 19 blokker i Larvik. Blokkene ble lagt ut på et mest mulig sammenhengende område, med minst mulig

opphold mellom.



Figur 4. Forsøksdesign for feltforsøk i Lardal og Larvik. Plantegruppene er plassert i tilfeldig rekkefølge, med fem planter av hver gruppe, i hver blokk. Eksemplet viser to blokker.

## 2.5.2 Utplanting

I hver blokk på forsøksfeltene ble det plantet ut fem granplanter av hver plantegruppe. Plantegruppene ble tilfeldig plassert langs kortsiden av blokka (Figur 4).

Plantegruppe 1 viste seg etter dyrkingstesten å ha lagerskader, med dryssende nåler og misfarging. Plantene av denne typen, som ikke ble vurdert levedyktig, ble selektert bort før planting og kunne ikke brukes videre i studien. Resten av plantegruppe 1 ble brukt i forsøket, men det var kun planter nok til 16 blokker i Lardal og ingen i Larvik.

I Lardal ble det dermed plantet ut 30 planter pr. blokk, men bare 25 i siste blokk på grunn av få planter fra plantegruppe 1. I Larvik inngikk kun fem av de seks plantegruppene og 25 planter ble satt ut pr. blokk (Tabell 3). Disse ble plantet med ca. én meters avstand på kortsiden av blokka og ca. to meters avstand på langsiden av blokka. Gode planteplasser ble foretrukket, selv om dette økte/minsket avstanden mellom plantene. I Lardal ble det plantet dypere på grunn av jordsmonnet.

Tabell 3. Antall granplanter på prøvefeltene i Lardal og i Larvik.

Plantegruppe	Antall planter		Blokker	
	Lardal	Larvik	Lardal	Larvik
1	80	0	16	0
2	85	95	17	19
3	85	95	17	19
4	85	95	17	19
5	85	95	17	19
6	85	95	17	19
<b>Totalt</b>	<b>505</b>	<b>475</b>		

## 2.5.3 Registreringer

Samme dag som utplanting ble de første høyde- og diametermålingene gjort på hver granplante, 23. – 25.mai. Deretter ble alle plantene også målt 14.juli og 1.september 2016, totalt tre målinger. For diameter ble et digitalt skyvelær benyttet 5 cm over bakkenivå, med en målenøyaktighet på 0,1 mm. Høyden ble målt med tommestokk fra bakkenivå, med en

målenøyaktighet på 0,5 cm. I tillegg til høyde- og diametermåling ble også skader, avgang og annen viktig informasjon om plantene registrert.

#### 2.5.4 Vurdering av vitalitet

Under de to siste registreringene ble det observert noen granplanter som led av sykdom, misfarging og andre fysiske skader. Det ble derfor nødvendig å kategorisere plantene etter hva slags tilstand de var i og om de kunne brukes til videre statistikkberegning (Tabell 4). Ved et ødelagt/sykt toppskudd, kunne et sideskudd ta over som dominerende skudd. Dette kunne føre til lavere høyde i juli og september enn ved tidligere måling. Disse plantene ble ikke inkludert i videre resultater. Det er kun granplanter i kategori 0 som er brukt i analysene.

Tabell 4. Kategorisering av granplantene brukt i studien etter vitalitet

Kategori	Beskrivelse
0	Frisk plante
1	Død/Misfarget/Sideskudd
2	Annen fysisk skade/forsvunnet

## 2.6 Statistikk

Alle statistiske analyser ble gjennomført med programmet JMP Pro, versjon 13.0. Grafer ble laget før kjøring av analyser og er basert på gjennomsnittstall. Standardfeil er inkludert og er utregnet fra standardavviket av gjennomsnittet ved følgende formel:

Standardfeil:  $\text{standardavvik} / \sqrt{(\text{antall observasjoner})}$ .

Måleresultatene ble analysert i en Lineær Mixed Model der plantegruppe, finrotsum og lokalitet var faste faktorer, blokker var tilfeldig faktor og relativ høyde- og diametertilvekst var responsvariabler. Forskjeller mellom plantegruppene ble testet gjennom flerveis-ANOVA av typen parvis Tukey's HSD. Relativ tilvekst gav et bedre bilde på hvordan veksten faktisk utviklet seg, kontra kun tilvekst, og ble derfor foretrukket i de statistiske analysene. Den relative tilveksten for høyde og diameter ble regnet ut ved hjelp av følgende formel:

Relativ tilvekst:  $((\text{sluttmåling} - \text{startmåling}) / \text{startmåling}) * 100$ .

Effekter ble satt som statistisk signifikante ved p-verdier lavere eller lik 0,05.

## 3 Resultater

### 3.1 Dyrkingstest

Under dyrkingstesten ble det funnet ulik finrotstørrelse hos plantegruppene (Tabell 5).

Plantegruppe 6 hadde den største finrotssummen. Dette var over dobbelt så stor sum som plantegruppe 3 med minste finrøtter. Det var signifikant effekt av sum finrøtter på relativ høyde- og diameterilvekst ved begge lokaliteter (Tabell 7).

Tabell 5. Sum finrøtter og gjennomsnittslengde pr. rotbit (mm) og kommentarer hos alle plantegrupper som inngår i studien, under dyrkingstest i veksthus før utplanting.

Plantegruppe	Sum finrøtter (mm)	Gj.snitt pr. rotbit (mm)	Kommentarer
1	1764	17,6	Generelt dårlig plugg og nåledryss
2	1879	18,8	Soppangrep ved rothals
3	1442	14,4	Noen gule topper og svarte rothals
4	2671	26,7	Svarte rothals
5	2555	25,6	Generelt fine planter, men noen svarte rothals
6	3488	34,9	Fine planter

### 3.2 Høyde- og diametervekst

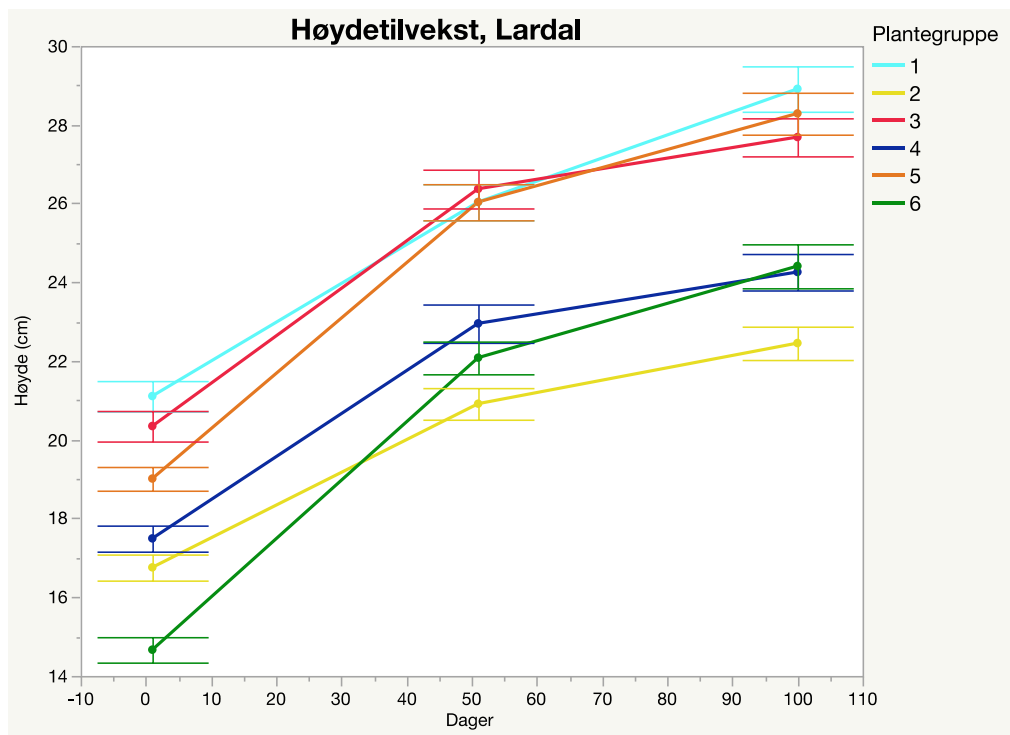
Samtlige plantegrupper på begge lokaliteter hadde fra måling i mai til måling i juli en økning i høyde (Figur 5 og 6). Etter målingen i juli stagnerte høydeveksten noe. Plantegruppe 6 hadde lavest utgangshøyde, men viste den største totale økningen i høyde, både i Lardal og Larvik (Tabell 6). Denne plantegruppen ble høyere enn både plantegruppe 2 og 4 i Lardal. Plantegruppe 3 og 5 hadde i Lardal og Larvik høyest planter, både ved utgangshøyde og slutthøyde, med unntak av plantegruppe 1 i Lardal. Plantegruppe 1 hadde både høyest utgangs- og slutthøyde i Lardal, men tett fulgt av plantegruppe 3 og 5.

Tabell 6. Total gjennomsnittlig høyde- og diametervekst fra mai til september, for alle plantegrupper i Lardal og Larvik.

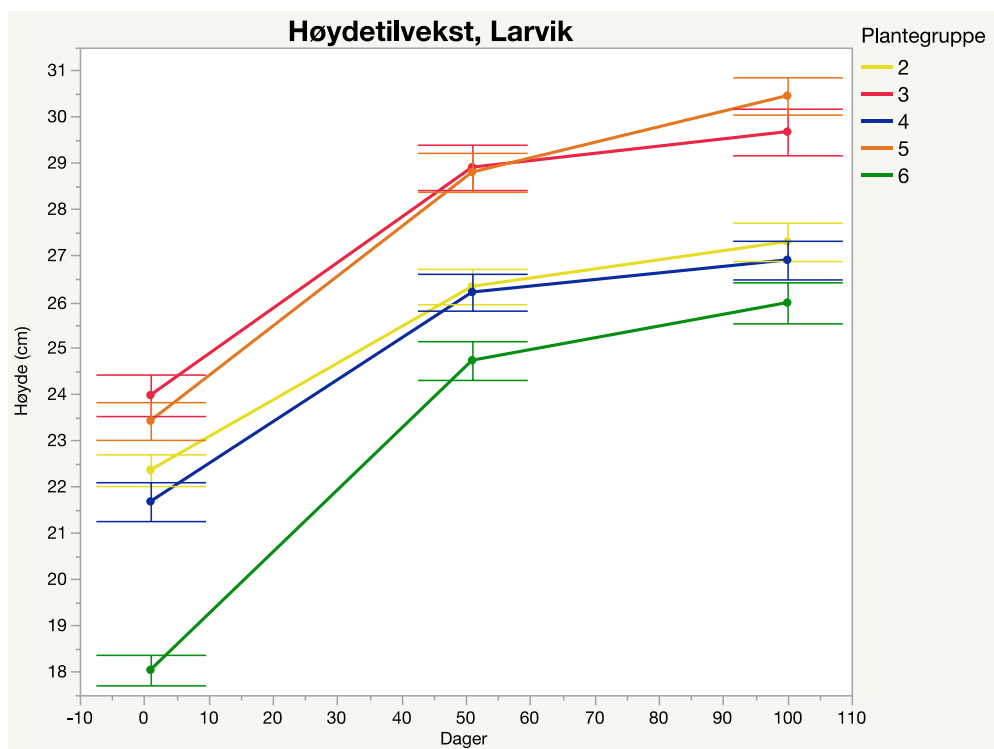
	Plantegruppe	Høyde (cm)	Diameter (mm)
<b>Lardal</b>	1	7,8	1,5
	2	5,7	1,4
	3	7,4	1,1
	4	6,8	0,9
	5	9,3	1,5
	6	9,7	1,7
<b>Larvik</b>	2	4,9	1,3
	3	5,7	1,0
	4	5,4	0,8
	5	7,0	1,3
	6	7,9	1,5

Alle plantegruppene hadde opptil fire cm lavere utgangshøyde i Lardal enn i Larvik. Dette forspranget i Larvik minket for plantegruppe 3, 4, 5 og 6 under vekstperioden.

For diametervekst var det en mer jevn utvikling gjennom måleperioden, kontra høydetilvekst (Figur 7 og 8). I Lardal hadde plantegruppene en høyere økning i diametervekst etter målingen i juli enn i Larvik. Plantegruppe 6 viste også for diametervekst størst økning av alle plantegruppene (Tabell 6).

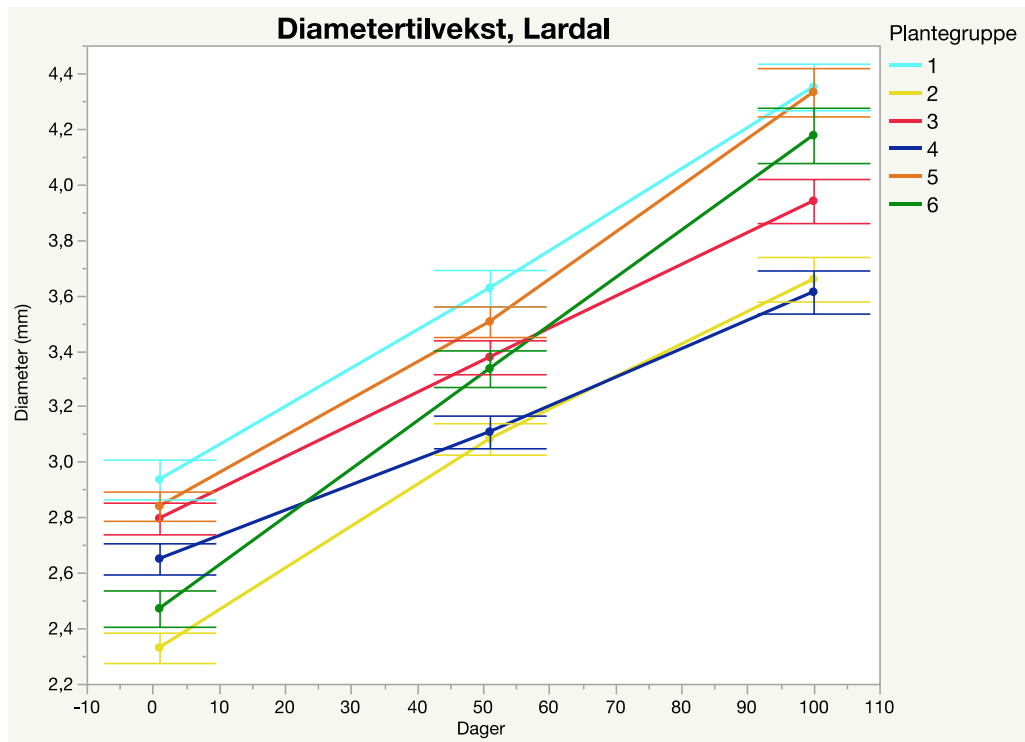


Figur 5. Gjennomsnittlig høydetilvekst (cm) og standardfeil i Lardal for de ulike plantegruppene som inngår i studien. Måling ble gjort ved tre tidspunkt i løpet av vekstsesongen.

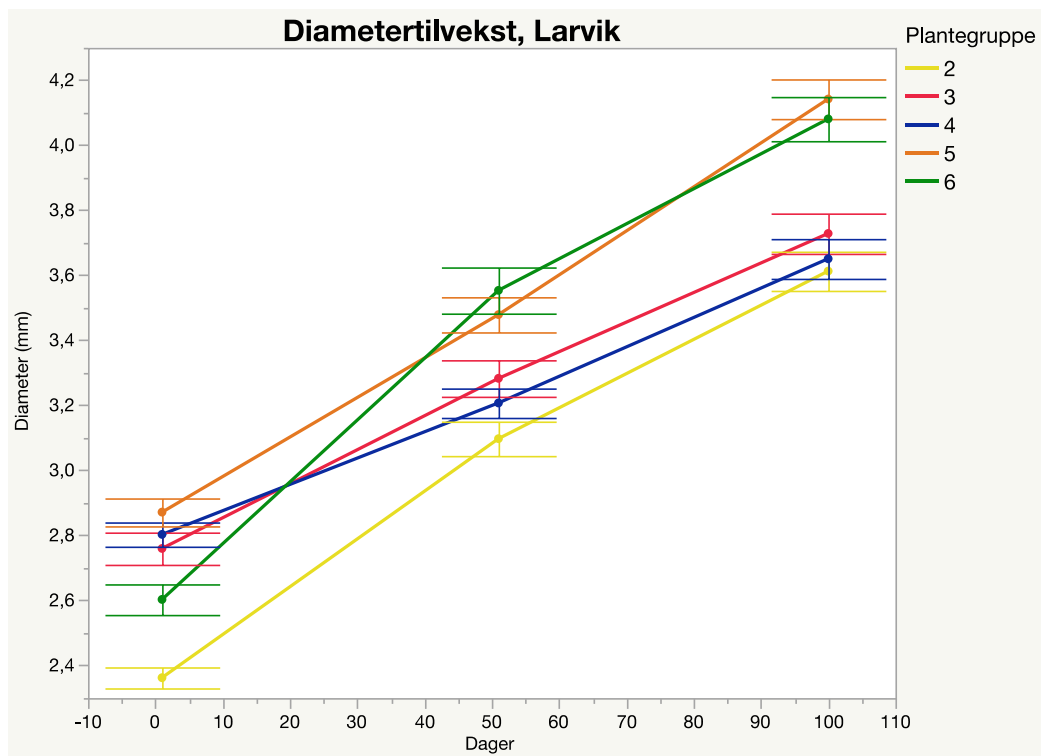


Figur 6. Gjennomsnittlig høydetilvekst (cm) og standardfeil i Larvik for de ulike plantegruppene som inngår i studien. Måling ble gjort ved tre tidspunkt i løpet av vekstsesongen.





Figur 7. Gjennomsnittlig diametertilvekst (mm) og standardfeil i Lardal for de ulike plantegruppene som inngår i studien. Måling ble gjort ved tre tidspunkt i løpet av vekstsesongen.



Figur 8. Gjennomsnittlig diametertilvekst (mm) og standardfeil i Larvik for de ulike plantegruppene som inngår i studien. Måling ble gjort ved tre tidspunkt i løpet av vekstsesongen.

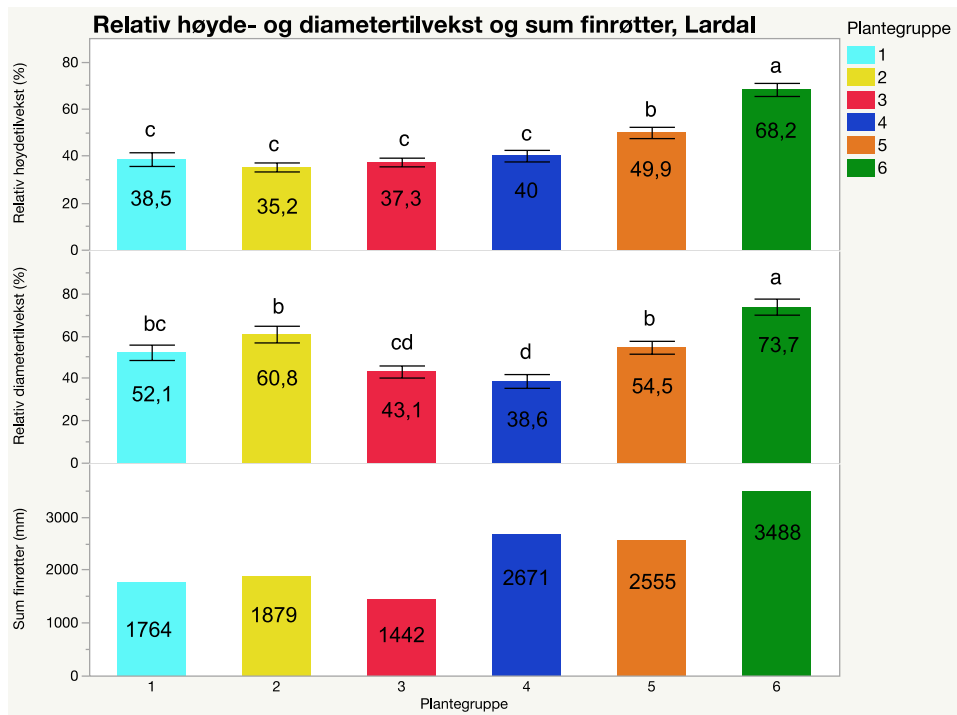
### 3.3 Relativ høyde- og diameter­tilvekst

Forholdet mellom plantegruppene i relativ høydetilvekst var det samme i Lardal og Larvik, men varierte mer for relativ diameter­tilvekst (Figur 9 og 10). En post hoc test viste at plantegruppe 5 og 6 hadde signifikant høyere relativ høydetilvekst ved begge lokaliteter sammenlignet med de andre plantegruppene. Plantegruppe 6 var også signifikant høyere enn de andre plantegruppene med hensyn på relativ diameter­tilvekst i Lardal.

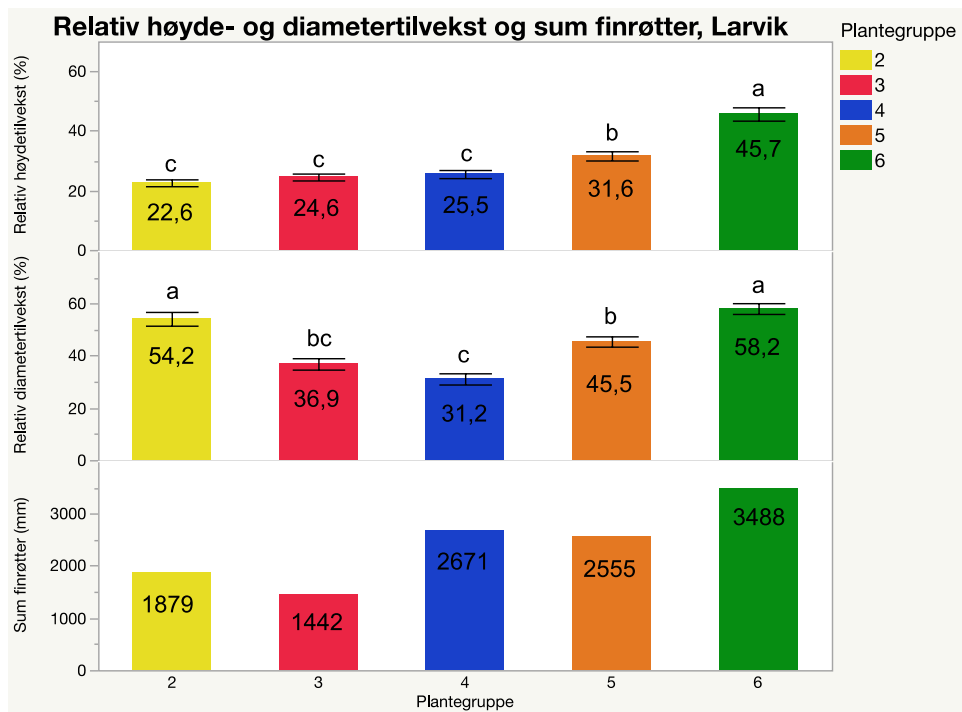
Plantegruppe, finrotsum og lokalitet gav en signifikant effekt på både relativ høyde- og diameter­tilvekst ved både Lardal og Larvik (Tabell 7).

Tabell 7. Resultater fra Lineær Mixed Model Analyse av relativ høyde- og diameter­tilvekst. Plantegruppe, finrotsum og lokalitet er faktorer.

		DF	F	P
Lardal	<b>Relativ høydetilvekst</b>			
	Plantegruppe	5	28,70	< 0,001
	Finrotsum	1	105,01	< 0,001
	<b>Relativ diameter­tilvekst</b>			
	Plantegruppe	5	14,75	< 0,001
	Finrotsum	1	21,42	< 0,001
Larvik	<b>Relativ høydetilvekst</b>			
	Plantegruppe	4	40,87	< 0,001
	Finrotsum	1	109,18	< 0,001
	<b>Relativ diameter­tilvekst</b>			
	Plantegruppe	4	26,03	< 0,001
	Finrotsum	1	12,25	< 0,001
Begge lokaliteter	<b>Relativ høydetilvekst</b>			
	Lokalitet	1	161,58	< 0,001
	Plantegruppe	5	56,07	< 0,001
	<b>Relativ diameter­tilvekst</b>			
	Lokalitet	1	25,01	< 0,001
	Plantegruppe	5	31,18	< 0,001



Figur 9. Sum finrøtter (mm) sammenlignet med relativ høyde- og diametertilvekst for hver plantegruppe i studien, på prøvemarket i Lardal. Ulike bokstaver skiller plantegruppene som er signifikant ulike.



Figur 10. Sum finrøtter (mm) sammenlignet med relativ høyde- og diametertilvekst for hver plantegruppe i studien, på prøvemarket i Larvik. Ulike bokstaver skiller plantegruppene som er signifikant ulike.

### 3.4 Vurdering av vitalitet

Det største omfanget av planter i vitalitetskategori 1 ble funnet i Lardal, spesielt hos plantegruppe 1, 2 og 4 (Tabell 8). Dette gjaldt spesielt planter som hadde et dominant sideskudd, grunnet manglende utvikling av toppskudd. I Larvik var flere planter av høyere vitalitet og ingen plantegrupper utmerket seg spesielt i verken kategori 1 eller 2. De fleste plantene i kategori 2, for begge lokaliteter, hadde avbitt topp.

Tabell 8. Prosentvis antall planter i hver vitalitetskategori for forsøksfeltene Lardal og Larvik. Kategori 0 gjelder friske planter, kategori 1 gjelder døde, misfargete eller planter med dominerende sideskudd og kategori 2 gjelder planter som var forsvunnet eller med annen fysisk skade (Tabell 4).

	Plantegruppe	Totalt antall	Kategori		
			0	1	2
<b>Lardal</b>	<b>1</b>	<b>80</b>	86 %	13 %	1 %
	<b>2</b>	<b>85</b>	89 %	9 %	1 %
	<b>3</b>	<b>85</b>	92 %	5 %	4 %
	<b>4</b>	<b>85</b>	88 %	12 %	0 %
	<b>5</b>	<b>85</b>	96 %	2 %	1 %
	<b>6</b>	<b>85</b>	99 %	0 %	1 %
<b>Larvik</b>	<b>2</b>	<b>95</b>	96 %	3 %	1 %
	<b>3</b>	<b>95</b>	95 %	5 %	0 %
	<b>4</b>	<b>95</b>	97 %	2 %	1 %
	<b>5</b>	<b>95</b>	97 %	2 %	1 %
	<b>6</b>	<b>95</b>	96 %	2 %	2 %

## 4 Diskusjon

Forsøket ble etablert på to ulike forsøksfelt i Vestfold. Seks ulike plantegrupper med likt genetisk opphav, men ulik dyrkingshistorikk, ble plantet og målt. Forsøksfeltet i Lardal var av lav bonitet, G11, på blokkrikmark. I Larvik var det høyere bonitet, G23, med tung leirjord på tidligere dyrket mark. Boniteten beskriver skogsmarkas evne til å produsere. Høyere bonitetstill gir bedre produksjonsevne og næringstilgang. Granplantene i studien viste bedre vekst på forsøksfeltet med lav bonitet enn med høy. På det meste var det 22,5 % høyere relativ høydetilvekst og 15,5 % høyere relativ diametertilvekst for samme plantegruppe i Lardal, kontra Larvik. Høyere bonitet tilsier også mer konkurranse fra annen vegetasjon, noe forsøksfeltet i Larvik bar preg av. Her var granplantene helt eller tilnærmet dekket av annen vegetasjon. Dette står i kontrast til Lardal hvor det var ingen eller lite vegetasjonskonkurranse for granplantene, som mest sannsynlig kan skyldes lav bonitet og steinete jordsmonn. Konkurrerende vegetasjon hemmer veksten hos granplantene (Nilsson & Örlander 1999a; Nilsson & Örlander 1999b), og med tidligere bakgrunn som dyrket mark er forsøksfeltet i Larvik spesielt utsatt for slik interspesifikk konkurranse (Jylhä & Hytönen 2006). Annen vegetasjon konkurrerer med granplantene om næring, vann og lys, og konkurransen under bakken er kanskje viktigere enn den over bakken (Jylhä & Hytönen 2006; Nilsson & Örlander 1999a; Nilsson & Örlander 1999b). Sterk konkurranse kan forklare den mindre relative tilveksten i Larvik, sammenlignet med Lardal (Figur 9 og 10).

Samtidig var det også en gjennomgående lavere utgangshøyde for alle plantegrupper i Lardal enn i Larvik, med opptil 4 cm på det meste for en plantegruppe (Figur 5 og 6). Denne forskjellen i utgangshøyde skyldes mest sannsynlig dypere planting i Lardal, som kan ha påvirket plantenes etableringsevne positivt og gitt et bedre utgangspunkt for videre vekst. Dette støttes av Luoranen og Viiri (2016), som fant at dypere planting gav granplantene større vekst og mindre tørkeskader. God kontakt mellom røttene og jorda er viktig for tidlig etablering (Grossnickle & El-Kassaby 2015), som oppnås gjennom dypere planting.

Granplantene fra de ulike plantegruppene var signifikant forskjellige, både under testing før utplanting og ved måling i felt, og planteskolenes rutiner og behandling ser ut til å ha påvirket granplantenes egenskaper. Ulike dyrkingsrutiner har ført til at plantegruppene hadde ulik morfologi før utplanting og har vist ulik evne til etablering etter utplanting. Den ulike etableringsevnen kom tydelig til uttrykk i den relative tilveksten (Figur 9 og 10). Den relative

tilveksten beskriver granplantenes egenskaper bedre enn sammenligning av absolutt tilvekst mellom granplanter som har ulike utgangshøyde og -diameter.

Betydningen av gode gjødslingsrutiner for å fremme god etableringsevne hos granplanter blir nevnt ved flere tilfeller (Fløistad & Kohmann 2004; Grossnickle 2005; Grossnickle 2012; Luoranen & Rikala 2011; Timonen 2008; Vaario et al. 2008). Fram til granplantene rekker å få ny rotvekst etter utplanting, er næringsopptaket lavt (Grossnickle 2000). Optimal gjødsling ved planteskolen vil derfor sørge for at plantens barmasse har næringsstoffene den trenger for å etablere rotvekst etter utplanting (Fløistad & Kohmann 2004; Grossnickle 2012). Nitrogen blir betraktet som en nøkkelindikator for granplanter (Fløistad & Eldhuset 2017), som påvirker rot- og toppvekst etter planting (Grossnickle 2000). På bakgrunn av dette antok jeg at plantegruppene med høyest nitrogeninnhold (2,0 – 2,2 %) fra start (4, 5 og 6, Tabell 2), skulle ha størst relativ høyde- og diameter-tilvekst etter utplanting. Plantegruppe 5 og 6 hadde en generelt god relativ tilvekst i motsetning til plantegruppe 4. Plantegruppe 4 hadde høyt nitrogeninnhold før utplanting, men generelt lav relativ tilvekst, spesielt for diameter, ved begge lokaliteter (Figur 9 og 10). Det er altså noe varierende relativ tilvekst for plantene med høyest nitrogeninnhold, men i grove trekk viser den optimale mengden av nitrogen å gi positiv effekt på vekst. Plantegruppe 1, 2 og 3 med lavt nitrogeninnhold (Tabell 2, 1,3 – 1,6 %) hadde generelt svak vekst (Figur 9 og 10). Plantegruppe 2 hadde imidlertid høy relativ diameter-tilvekst, til tross for lavt nitrogeninnhold før planting. Hypotesen om høyt næringsinnhold og god vekst, bekreftes altså av enkelte plantegrupper, med noen unntak. Rytter og Rytter (2010) har vist at en næringsanalyse ikke bør baseres kun på nåler. Finrøtter bør også inkluderes for å få et helhetlig bilde av næringsinnhold og -status i planten. Samtidig er ikke næringsinnhold og -status en faktor som kan si noe om granplantens etableringssuksess alene (Stattin et al. 2012), men bør kombineres med annen testing og måling. Dermed er det vanskelig å koble næringsinnholdet i granplantene direkte til etablering og vekst etter utplanting.

På bakgrunn av tidligere forskning (Fløistad & Eldhuset 2017; Grossnickle 2005; Luoranen & Rikala 2011; Mattsson 1997; Sutton 1983; Vaario et al. 2008) forventet jeg at granplantene med høyest rotvektkapasitet før utplanting også ville ha størst relativ høyde- og diameter-tilvekst etter utplanting. Rotveksten etter utplanting er et resultat av dyrkingsvilkårene i planteskolen. God rotvekst gjør at granplanten har et godt vann- og næringsopptak, står sterkere mot stressfaktorer i startfasen og dermed har god etablering

(Grossnickle 2005). Ved begrensning i opptak av vann og næring i etableringsfasen blir ikke rotsystemet videre utviklet og granplanten har ikke mulighet til fullstendig fotosyntese (Grossnickle 2012).

Totalt sett hadde finrotssum fra dyrkingstesten en signifikant effekt på relativ høyde- og diameter tilvekst etter utplanting, men ikke for alle plantegruppene enkeltvis. Plantegruppe 5 og 6 hadde høy finrotssum og generelt god relativ høyde- og diameter tilvekst ved begge lokaliteter (Figur 9 og 10, Tabell 5). Plantegruppe 4 viste til tross for høy finrotssum generelt lav tilvekst.

Plantegruppe 1, 2 og 3 hadde de korteste finrøttene etter dyrkingstesten, og plantegruppe 1 og 3 hadde generelt lav relativ tilvekst (Figur 9 og 10, Tabell 5). Plantegruppe 2 skiller seg ut fra de andre plantegruppene med lav finrotssum, med høy relativ diameter tilvekst ved begge lokaliteter. Sutton (1983) fant lite sammenheng mellom rotvekstkapasitet før utplanting og rotvekst etter utplanting. Alene kan rotvekstkapasiteten gi et begrenset bilde av hvor vesentlig rotvekstkapasiteten egentlig er for plantens etableringsevne (Burdett 1987; Simpson & Ritchie 1997), og bestemmer ikke nødvendigvis plantens etableringsuksess direkte.

Rotvekstkapasiteten er heller en veiledende faktor som bør brukes sammen med annen informasjon.

Plantegruppe 4 er et interessant tilfelle. Denne plantegruppen hadde både optimalt innhold av næringsstoffer og høy total finrotssum. Dette skulle tilsi god vekst, men plantegruppe 4 viste likevel generelt lav relativ tilvekst ved begge lokaliteter. Under dyrkingstesten ble denne plantegruppen observert med svarte rothalsar (Tabell 5), som kan tyde på en sykdom plantene hadde før utplanting. Dette viste seg også gjeldende i felt hvor plantegruppe 4 hadde stor forekomst av dødelighet i vitalitetskategori 1 (Tabell 8). Plantegruppe 1 viste også tegn til sykdom, med dryssende nåler og misfarging. Disse plantene ble selektert bort før utplanting. I felt hadde plantegruppe 1 størst forekomst av dødelighet i vitalitetskategori 1 (Tabell 8), som tyder på at noen av de gjenværende plantene har hatt skader som har påvirket resultatene. Grunnen til at plantegruppe 1 og 4 var utsatt for sykdom kan komme av lagerskader (Lilja et al. 2010) og angrep av Gråskimmel (*Botrytis cinerea*). Gråskimmel er en av de mest alvorlige soppinfeksjonene på små granplanter (Petäistö et al. 2004) og forekommer ofte under produksjon i skogplanteskolene. I vintersesongen kan plantene i skogplanteskolen bli lagret i kjølelager i temperaturer like under 0 °C (Lilja et al. 2010), hvor de blir holdt i vinterdvale frem til utplanting på våren (Rytter & Rytter 2010). Gråskimmel kan spres gjennom

ventilasjonsanlegg og trives godt i et fuktig miljø som finnes i et kjølelager (Lilja et al. 2010). På dette tidspunktet kan soppsporene ha spredd seg og infisert plantegruppe 1 og 4.

Fremskyndet vekstavslutning etter bruk av kortdagsbehandling har ved flere tilfeller vist seg å gi økt vekst etter utplantning (Fløistad & Eldhuset 2017; Lamhamedi et al. 2013; Luoranen & Rikala 2015), som også var forventet i denne studien. Ved kortdagsbehandling vil granplanten sette knopp og omdisponere energi fra lengdevekst til økt rotvekst (Fløistad & Eldhuset 2017; Lamhamedi et al. 2013). Økt vekst hos kortdagsbehandlede granplanter etter utplantning kan dermed forklares ved god rotutvikling (Luoranen & Rikala 2015). Plantegruppe 1, 2, 5 og 6 var alle kortdagsbehandlet i sine planteskoler, men hadde varierende rotvekst (Tabell 5) og relativ tilvekst (Figur 9 og 10). Plantegruppe 5 og 6 bekrefter hypotesen om økt vekst etter kortdagsbehandling, men plantegruppe 1 og 2 viser ikke samme resultat. For plantegruppe 4 ble det målt høy rotvekst uten kortdagsbehandling (Tabell 5).

Konttinen et al. (2007) fant ingen effekt av kortdagsbehandling på plantenes vekst i første vekstsesong. I tillegg til selve kortdagsbehandlingen vil faktorer som jordforhold, temperatur og kortdagsbehandlingens varighet og starttidspunkt spille inn (Fløistad & Eldhuset 2017).



## 5 Konklusjon

Plantegruppene var både ved testing og målinger signifikant forskjellige og gav ulike utslag i forhold til hypotesene som ble satt opp i forkant av studien. Spesielt plantegruppe 6 skilte seg ut fra de andre plantegruppene med næringsinnhold innenfor optimum ved alle næringsstoffer, høyest rotvekstkapasitet og høyest relativ høyde- og diametertilvekst ved begge lokaliteter. Plantegruppe 6 var eneste plantegruppe som bekreftet alle hypotesene. Plantegruppe 4 hadde god rotvekst under dyrkingsanalysen og hadde et høyt innhold av nitrogen, men var trolig utsatt for et soppangrep under lagring i skogplanteskolen, som hindret veksten etter utplanting. Dette påvirket resultatene negativt. Plantegruppe 2 hadde lav rotvekstkapasitet og for lavt innhold av nitrogen. Likevel hadde plantegruppe 2 en veldig høy relativ diametertilvekst ved begge lokaliteter, uten at jeg ser en direkte årsak til dette. Hypotesen om økt vekst etter kortdagsbehandling ble delvis bekreftet ved plantegruppe 5 og 6.

Til tross for varierende resultater hadde rotvekstkapasitet en signifikant effekt på relativ høyde- og diametertilvekst. Plantegruppene med høyt innhold av nitrogen (2,0 – 2,2 %) viste generelt bedre vekst enn plantegruppene med for lavt innhold av nitrogen (1,3 – 1,6 %). God rotutvikling og høyt innhold av viktige næringsstoffer tyder altså på god plantekvalitet. Soppangrep hos granplantene viste seg å ha sterk negativ påvirkning på plantekvaliteten. Dermed er kontroll og testing av rotvekst og næringsinnhold, samt god planteskolehygiene, viktig for å opprettholde optimal plantekvalitet hos granplanter til skogbruket.

Dette forsøket foregikk over første vekstsesong, som er bare en liten del av et helt skogomløp. Det bør derfor følges opp med videre forskning over flere vekstsesonger. Da vil man få et bedre inntrykk av hvordan ulike dyrkingsforhold og plantekvalitet ved utplanting påvirker granplantene over lengre tid i et omløp.

## 6 Litteratur

- Burdett, A. N. (1987). Understanding root growth capacity: theoretical considerations in assessing planting stock quality by means of root growth test. *Can. J. For. Res.*, 17: 768-775.
- Fløistad, I. & Granhus, A. (2013). Timing and duration of short-day treatment influence morphology and second bud flush in *Picea abies* seedlings. *Silva Fennica*, 47 (3).
- Fløistad, I. S. (2000). *Seedling quality in Picea abies is affected by growing conditions and routines in forest nurseries = Plantekvalitet i Picea abies påvirkes av dyrkingsklima og rutiner i skogplanteskolene*. Doktoravhandling. Ås: Department of Forest Sciences, Agricultural University of Norway.
- Fløistad, I. S. & Kohmann, K. (2004). Influence of nutrient supply on spring frost hardiness and time of bud break in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings. *New Forests*, 27 (1): 1-11.
- Fløistad, I. S. & Eldhuset, T. D. (2017). Effect of photoperiod and fertilization on shoot and fine root growth in *Picea abies* seedlings. *Silva Fennica*, 51 (1).
- Granhus, A., Eriksen, R. & Nilsen, J.-E. Ø. (2016). Resultatkontroll skogbruk/miljø, Rapport 2015. NIBIO.
- Grossnickle, S. C. (2000). *Ecophysiology of northern spruce species : the performance of planted seedlings*. Ottawa: National Research Council.
- Grossnickle, S. C. (2005). Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests* (30).
- Grossnickle, S. C. (2012). Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* (43).
- Grossnickle, S. C. & El-Kassaby, Y. A. (2015). Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. *New Forests*.
- Ingestad, T. (1979). Mineral Nutrient Requirements of *Pinus silvestris* and *Picea abies* Seedlings. *Physiologia Plantarum*, 45 (4): 373-380.
- Johansson, K., Langvall, O. & Bergh, J. (2012). Optimization of Environmental Factors Affecting Initial Growth of Norway Spruce Seedlings. *Silva Fennica*, 46 (1).
- Johansson, K., Hajek, J., Sjolín, O. & Normark, E. (2015). Early performance of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* - a comparison between seedling size, species, and geographic location of the planting site. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30 (5): 388-400.
- Johnson, J. D. & Cline, M. L. (1991). Seedling Quality of Southern Pines. I: Duryea, M. L. & Dougherty, P. M. (red.) *Forest Regeneration Manual*, s. 143-159. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Jylhä, P. & Hytönen, J. (2006). Effect of vegetation control on the survival and growth of Scots pine and Norway spruce planted on former agricultural land. *Canadian Journal of Forest Research*, 36 (10): 2400-2411.
- Kartverket. (2017). Norgeskart. Tilgjengelig fra: <https://www.norgeskart.no/-/209415/6575238> (lest 05/01-2017).

- Konttinen, K., Luoranen, J. & Rikala, R. (2007). Growth and frost hardening of *Picea abies* seedlings after various night length treatments. *Baltic Forestry*, 13 (2): 140-148.
- Lamhamedi, M. S., Renaud, M., Desjardins, P. & Veilleux, L. (2013). Root Growth, Plug Cohesion, Mineral Nutrition, and Carbohydrate Content of 1+0 *Picea mariana* Seedlings in Response to a Short-Day Treatment. *Tree Planters' Notes*, 56.
- Landbruksdirektoratet. (2017). *Skogkultur*: Landbruksdirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/skogbruk/skogkultur> (lest 15/03-2017).
- Lilja, A., Poteri, M., Petaisto, R. L., Rikala, R., Kurkela, T. & Kasanen, R. (2010). Fungal Diseases in Forest Nurseries in Finland. *Silva Fennica*, 44 (3): 525-545.
- Linder, S. (1995). Foliar Analysis for Detecting and Correcting Nutrient Imbalances in Norway Spruce. *Ecological Bulletins* (44): 178-190.
- Lovdata. (2017). *Skogbrukslova. LOV-2005-05-27-31: Lov om skogbruk (skogbrukslova)*. Lovdata. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-05-27-31> (lest 13/03-2017).
- Luoranen, J. & Rikala, R. (2011). Nutrient loading of Norway spruce seedlings hastens bud burst and enhances root growth after outplanting. *Silva Fennica*, 45 (2011).
- Luoranen, J. & Rikala, R. (2015). Post-planting effects of early-season short-day treatment and summer planting on Norway spruce seedlings. *Silva Fennica*, 49 (1).
- Luoranen, J. & Viiri, H. (2016). Deep planting decreases risk of drought damage and increases growth of Norway spruce container seedlings. *New Forests*, 47.
- Mattsson, A. (1997). Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests*, 13 (1): 227-252.
- Miljødirektoratet. (2010). *Klimakur 2020*. Miljødirektoratet.
- NIBIO. (2017). *Landbruksmeteorologisk tjeneste*. NIBIO - Landbruksmeteorologisk tjeneste. Tilgjengelig fra: [http://imt.nibio.no/weatherstations/93/table?ignored\\_from\\_date=01.05.2016&from\\_date=2016-05-01&ignored\\_to\\_date=01.09.2016&to\\_date=2016-09-01&log\\_interval=3](http://imt.nibio.no/weatherstations/93/table?ignored_from_date=01.05.2016&from_date=2016-05-01&ignored_to_date=01.09.2016&to_date=2016-09-01&log_interval=3) (lest 05/01-2017).
- Nilsson, U. & Örlander, G. (1999a). Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. *Can. J. For. Res.*, 29 (7): 1015-1026.
- Nilsson, U. & Örlander, G. (1999b). Water Uptake by Planted *Picea abies* in Relation to Competing Field Vegetation and Seedling Rooting Depth on Two Grass-dominated Sites in Southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14 (4): 312-319.
- Petäistö, R.-L., Heiskanen, J. & Pulkkinen, A. (2004). Susceptibility of Norway spruce seedlings to grey mould in the greenhouse during the first growing season. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19 (1): 30-37.
- Rostad, H., Granhus, A., Flistad, I. S. & Morgenlie, S. (2006). Early summer frost hardiness in *Picea abies* seedlings in response to photoperiod treatment. *Canadian Journal of Forest Research*, 36 (11): 2966-2973.
- Rytter, R.-M. & Rytter, L. (2010). Root preparation technique and storage affect results of seedling quality evaluation in Norway spruce. *New Forests*, 39 (3): 355-368.
- Simpson, D. G. & Ritchie, G. A. (1997). Does RGP predict field performance? A debate. *New Forests*, 13 (1): 253-277.

- Stattin, E., Verhoef, N., Balk, P., van Wordragen, M. & Lindström, A. (2012). Development of a molecular test to determine the vitality status of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings during frozen storage. *New Forests*, 43 (5): 665-678.
- Steffenrem, A., Kvaalen, H., Høibø, O. A., Edvardsen, Ø. M. & Skrøppa, T. (2009). Genetic variation of wood quality traits and relationships with growth in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24 (1): 15-27.
- Sutton, R. F. (1983). Root growth capacity: relationship with field root growth and performance in outplanted jack pine and black spruce. *Plant and Soil*, 71 (1): 111-122.
- Timonen, S. (2008). The effect of nursery substrate and fertilization on the growth and ectomycorrhizal status of containerized and outplanted seedlings of *Picea abies*. *Canadian Journal of Forest Research*, 39 (1): 64-75.
- Tveite, B. (1977). Bonitetskurver for gran. Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning. 33, 1: 1-84.
- Vaario, L.-M., Tervonen, A., Haukioja, K., Haukioja, M., Pennanen, T. & Timonen, S. (2008). The effect of nursery substrate and fertilization on the growth and ectomycorrhizal status of containerized and outplanted seedlings of *Picea abies*. *Canadian Journal of Forest Research*, 39 (1): 64-75.





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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway