



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for Naturforvaltning (INA)

Effekt av markberedning, næringsstatus og kortdagsbehandling ved planting av gran (*Picea abies*)

Effects of Soil Scarification, Nutrient Status and
Short-Day Treatment on Establishment of Norway
Spruce (*Picea abies*)

Simen Løken
Skogfag

Forord

Denne masteroppgaven er min siste og avsluttende oppgave som skogfagsstudent ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), tidligere UMB og NLH. Oppgaven er skrevet ved Institutt for Naturforvaltning (INA) og er basert på feltstudie av granplanter på en hogstflate i Kongsvinger sommeren 2015.

Jeg vil rette en stor takk til mine trofaste veiledere; hovedveileder og professor Line Nybakken og tilleggsveileder og forsker Inger S. Fløistad ved NIBIO. Jeg vil tro jeg har gitt dere mange grå hår gjennom prosessen, men uten dere hadde ikke denne oppgaven vært oppnåelig. Tusen takk for tydelig veiledning og korreksjon gjennom hele løpet, dere har vært fantastiske! En takk rettes også til seniorforsker Toril D. Eldhuset og overingeniør Helge Meissner ved NIBIO for veiledning og hjelp med rotstudier, forsker Therese With Berge, NIBIO, for lån og bruk av WhinRhizo rotscanner samt Glommen Skog som stilte arealer til min disposisjon. Takk også til Buskerud skogselskaps planteskole for planter til to av forsøksleddene.

Videre vil jeg også rette en stor takk til mine medstudenter på skogfag for en mengde gode opplevelser, godt sosialt og faglig miljø og masser av moro gjennom fem år. Også en stor takk til medstudenter generelt ved NMBU; dere har gitt meg evigvarende vennskap og lærdom jeg aldri kunne fått noe annet sted. En ekstra spesiell takk til Mannskoret Over Rævne, for så mye gærne sprell og historier som har blitt skapt med dere skal en lete lenge etter. Fem år på Ås uten sosialt påfyll med «en halvflaske hver» hadde ikke gått!

«Je fekk et sinn å spelle på, je stemte det i skogen. Det rann en drøm i elv og å, det sken e von bak plojen. Je såg en gubbe lut og sår, han gjekk å sådde slitarår.

Je fekk e bygd å lengte i, så morosamt å kjøre. Rundt dal og berg og ås og li, i dikt og drømmeføre. Hør gang je svek mi myr, min mo, satt talatrusten att og lo.

Je fann e gran å lute ved, je såg e mor ved rokken. Det låg et tjønn å sang om fred, det gret i tømmerstokken. Et hjerte helste i e hand, ti fingre tok omkring en'ann.

Je eig e tru hør dag og natt. Je kom frå skog – je drar dit att».

(Je kom frå skog, Dagfinn Grønset)

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Ås, 13. mai 2016

Simen Løken

Sammendrag

Planting er den mest vanlige etableringsmetoden for gran (*Picea abies*) i dagens skogbruk i Norge, og i 2015 ble det plantet til sammen 31,3 millioner skogplanter fordelt på 172 000 daa. Etablering av ny foryngelse er lovpålagt gjennom skogbrukslova og skogeier er pliktig til å sikre dette innen tre år etter sluttavvirkning. Etableringssuksessen og utviklingen til skogplanter avhenger av flere faktorer og dette var hovedformålet med denne undersøkelsen. I slutten av mai 2015 ble 772 to-årige granplanter (M60) med seks forskjellige behandlinger plantet på en markberedt hogstflate med bonitet G17 i Kongsvinger Kommune i Hedmark fylke. Behandlingene besto av tre ulike faktorer; høy og lav næringsstatus, kortdagsbehandling/ikke-kortdagsbehandling og markberedt/ikke-markberedt. Fire registreringer ble gjennomført med jevne mellomrom fra mai til oktober 2015 med registreringer av høyde- og diametertilvekst, skader av gransnutebille og pattedyr samt mengde avgang. Ved siste registrering i oktober ble det i tillegg høstet 108 planter for nærmere studie av biomasse og næringsstatus og 36 rotprøver for videre rotstudier. Høy næringsstatus før utplanting gav den største veksten i form av høyde, diameter og biomasse, men ingen forskjell mellom høy og lav status kunne påvises i næringsinnhold i nåler og kvister etter en vekstsesong. Kortdagsbehandlede planter gav ingen effekter i form av økt vekst eller forskjell i næringsinnhold. Forskjell i næringsstatus før utplanting gav dermed størst effekter i dette forsøket. Det ble ikke funnet at markberedning gav økning i rotvekst for ulike behandlinger, derimot gav denne behandlingen mindre andel planter skadet av gransnutebille, men kun for planter med høy næringsstatus. Plantene med høy næringsstatus var mest ettertraktet av planteetere, men hadde til tross for dette lavest mengde avgang gjennom forsøksperioden. Til tross for svakere utvikling og høyere andel avgang tok allikevel plantene med lav næringsstatus inn mye av forspranget på plantene med høy status i løpet av vekstsesongen. Disse resultatene antyder at planter med høyere næringsstatus før utplanting har best forutsetninger for rask etablering og utvikling, men at planter med lavere status klarer å utjevne denne forskjellen noe gjennom første vekstsesong, i tillegg til at de vil bli mindre påvirket av skader fra insekter og pattedyr.

Nøkkelord: *Picea abies*, gran, planteutvikling, næringsstatus, kortdagsbehandling, markberedning.

Abstract

Planting after clearcutting is the most common establishment method when establishing Norway spruce (*Picea abies*) in Norwegian forestry, and during 2015 it was planted about 31,3 mill. seedlings, distributed on 17 200 ha. Regeneration after clearcutting is mandated through Forestry act and land owners in Norway are therefore obliged to ensure this within three years after final cutting. Establishment success and development of Norway spruce seedlings depends on several factors and the main purpose of this experiment was therefore to investigate how seedlings react and develop due to different treatments. In late May, 2015, 772 two-year old containerized Norway spruce seedlings with six different treatments were planted on a fairly high site-index site (G17) in Kongsvinger municipality, Hedmark county in Norway. The treatments were consisted of three different factors, high and low nutrient status from the nursery, short-day treatment/non short-day treatment and soil scarification/non soil scarification. Four registrations were conducted periodically from May to October 2015 with recordings of height and diameter-development, damaged caused by pine weevil (*Hylobius abietis* L.) and browsing mammals, and the annual amount of dead seedlings. Together with the last registration in October, 108 plants were harvested for further studies of nutrients and biomass together with 36 root samples for studies of root-growth. Seedlings with high nutrient status from the nursery had the highest growth in terms of height, diameter and biomass compared to seedlings with low-nutrient status, but no such difference could be detected for the amount of nutrients in twigs or needles. According to my results short-day treated seedlings did not differ from seedlings without short-day treatment in terms of increased growth or nutrient content. This experiment could therefore only proof differences in seedlings development due to differences in nutrient status before planting. Effects of soil scarification increasing root-growth could not be detected in our study, however seedlings planted in mineral soil had the smallest amount of damages caused by pine-weevil although this effect only was significant for seedlings with high nutrient status. Seedlings with high nutrient status were also found to be most affected by mammals. These results suggest that seedlings with higher nutrient status before planting has the best assumptions for quicker growth and higher establishment success but are also more desirable to mammals. Even though seedlings with lower nutrient-status had slower growth they seem to equalize the differences throughout the first growing-season, in addition to be less affected by pine-weevils and mammals.

Keywords: *Picea abies*, Norway spruce, seedlings performance, nutrient status, short-day treatment, soil scarification.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1. Innledning.....	- 1 -
2. Materiale og metode.....	- 5 -
2.1 Studieområde	- 5 -
2.2 Plantemateriale	- 6 -
2.3 Rotskanning	- 7 -
2.4 Bestemmelse av biomasse og C og N konsentrasjoner	- 8 -
2.5 Statistikk	- 8 -
3. Resultater.....	- 9 -
3.1 Høyde og diametertilvekst og utgangshøyde/diameter	- 9 -
3.2 C og N-konsentrasjoner, C/N-forhold og biomasse.	- 11 -
3.2.1 C og N-konsentrasjoner høy og lav næringsstatus.....	- 11 -
3.2.2 C/N-forhold og biomasse høy og lav næringsstatus.	- 12 -
3.2.3 C og N-konsentrasjon KD/ikke-KD behandling.....	- 13 -
3.2.4 C/N-forhold og biomasse kortdag/ikke-kortdag.	- 14 -
3.3 Rotutvikling	- 15 -
3.3.1 Rotdiameter.....	- 15 -
3.3.2 Tørrvekter røtter	- 17 -
3.4 Avgang og skader	- 18 -
4. Diskusjon.....	- 20 -
5. Oppsummering og konklusjon	- 24 -
Litteraturliste	- 25 -
Kilder fra web-sider	- 28 -

1. Innledning

Etablering av ny foryngelse etter hogst er både lovpålagt gjennom skogbrukslova (Skogbrukslova § 6) og kanskje det viktigste tiltaket i løpet av ett bestandsomløp. Rask etablering gir gode forutsetninger for både fremtidsbestandet og for plantenes etableringsevne og overlevelse. I Norge ble det i 2015 plantet 31,3 millioner planter, hovedsakelig gran, fordelt på 172 000 daa (*Skogkultur* 2016) og dette er på samme nivå som i 2002. Trolig vil dette tallet fortsatt øke i nærmeste framtid da Stortinget i statsbudsjettet for 2016 har bevilget 18 millioner kroner til tettere planting på eksisterende skogarealer som klimatiltak (*Skogkultur* 2016).

I 2012 kom en ny standard for utplantingstall i innlandet (Fylkesmannen i Hedmark 2012). Anbefalt plantetall ut fra standarden varierer noe etter bonitet og andre forhold (markberedning, antatt naturlig foryngelse, driftsforhold o.l.) men ligger fra 100 planter/daa på G8-bonitet til 250 pr/daa for G26/23. I standarden har man også tatt hensyn til en avgang på 15 % i tillegg til maksimering av nåverdi. Plantetall i standarden ligger også godt over lovens minstekrav til plantetetthet (Forskrift om berekraftig skogbruk).

Planting på våren fra snøsmelting og fram til midten av juni er vanligst i Norge, da fuktigheten i jorda er relativt høy og sommervarmen fortsatt ikke har satt inn for fullt. I senere år har det i enkelte land også blitt plantet mer og mer gjennom hele vekstsesongen, da særlig med kortdagsbehandlete planter (Kohmann & Johnsen 2007; Luoranen et al. 2006).

Kortdagsbehandling (heretter KD-behandling) innebærer at plantene blir behandlet med lysforhold som tilsvarer eksempelvis 14 timer natt og 10 timer dag for å utvikle plantenes frostherdighet og igangsette innvintringsprosess (Fløistad 2002). Dette gir raskere knoppkyting våren etter behandling, men kan også gjøre plantene mer utsatt for frostskaader (Fløistad & Granhus 2010). KD-behandling av planter har vært viktig for forlengelse av plantesesongen slik at skogeierandelslag og andre aktører kan utnytte arbeidskraft ikke bare om våren men også utover høsten. Wallertz et al. (2016) viser også til at høstplanting og da særlig planting i august og september gav utslag i større diameter, høydevekst, biomasse samt bedre rotutvikling enn vårplanting. Den samme studien viste også til at aktiviteten av gransnutebille (*Hylobius abietis*) var lavere fra medio august enn tidligere på sommeren med påfølgende avtagende skadepotensiale av gransnutebillen, som i seg selv er positivt for små granplanter i etableringsfasen.

Ved etablering av ny skog vil hovedformålet alltid være å oppnå rask etablering med tilfredsstillende tetthet av ønsket treslag (Johansson et al. 2012). Dette behøver ikke alltid være like enkelt da plantene i etableringsfasen er sterkt utsatt for stress både med tanke på næringsbehov, konkurrerende vegetasjon, frost og angrep fra insekter og pattedyr (Nilsson et al. 2010). Ulike tiltak for å minske stressnivået for plantene kan være markberedning, kortdagsbehandling, bruk av insekticider, større planter etc.

Med tanke på etableringssuksessen til bestandet er det etter sluttavvirkning viktig at nye planter etableres så raskt som mulig. Tapt tid ved etablering gir plantene større konkurranse fra annen vegetasjon, og en dårlig start vil gi utslag i senere avvirkningstidspunkt ved neste hogst. Problemet derimot med rask etablering etter hogst er at man kan risikere store skader av gransnutebillen, som er en av de største skadegjørerne i dagens bestandsskogbruk (Långström & Day 2007). Gransnutebillens sverming starter som regel opp i slutten av mai/starten av juni (Solbreck & Gyldberg 1979). Billene tiltrekkes av ferskt hogstavfall og legger eggene sine i stubber og mineraljord inntil røtter på hogstflater (Von Sydow 1997). Skader, i form av næringsgnag på stammen til små skogplanter, får man allerede fra voksne snutebiller etablerer seg på en hogstflate i tillegg til når eggene klekkes (Day & Leather 1997). Tid fra egglegging til fullt utviklet larve kan variere mellom 1-3 år (Von Sydow 1997). Næringsgnag på skogplanter forårsaker i verste fall død, og dersom plantene ikke beskyttes på noe som helst vis, kan avgangen av planter komme helt opp mot 80 % de første årene etter hogst (Thorsen et al. 2001).

Ett av tiltakene som gir skogplanter høyere etableringssuksess og bedre beskyttelse mot gransnutebillen er markberedning. Ved markberedning brukes ulike metoder som eksempelvis hauglegging, invertering eller bruk av skålharv, men alle metodene går ut på å flette av humuslaget for å blottlegge mineraljord (Hille & Den Ouden 2004). Dette gir ikke bare bedre beskyttelse mot gransnutebillen men reduserer også mengden konkurrerende vegetasjon (Karlsson & Örlander 2000). I 2014 kom en ny standard for markberedning (Øvergård 2014) utarbeidet av Skogkurs på Honne. Der ble det kvantifisert hva som var en godkjent planteplass etter markberedning og hvor mange slike planteplasser det skal være fordelt på bonitetsklasser. Godkjente planteplasser ble satt til 20x20 cm med omvendt torv og mineraljordhaug på toppen eller en mix av mineraljord og humus. I standarden blir det vist til at dette hindrer uttørking, gir bedre beskyttelse mot gransnutebiller og høyner overlevelseshraten. Dette stemmer også bra overens med tidligere undersøkelser (Heiskanen et al. 2013; Nilsson et al. 2010). I tillegg til markberedning blir skogplanter i dag også behandlet

med Merit Forest (imidakloprid) fra planteskolene. Dette er ett plantevernmiddel som virker forebyggende mot gnagende insekter, hovedsakelig med tanke på gransnutebillen.

Rask rotetablering er viktig for plantenes videre vekst og utvikling, da det er røttene som står for opptak av næringsstoffer og vann (Munson & Bernier 1993), og da særlig nitrogen som påvirker vekst mest. Tiltak som fremmer plantenes rotutvikling og dermed raskere opptak av næringsstoffer gir både nye planter gunstigere vekstvilkår, men er også med på å påvirke trærnes videre vekst positivt. I en svensk undersøkelse (Nilsson & Orlander 1999) ble det funnet at veksten i andre vekstsesong er sterkt korrelert med opptak av nitrogen i utplantingssesongen, i tillegg til at man fant positiv korrelasjon mellom markberedning og nitrogenopptak. Når det gjelder markberedning er det også flere studier som viser at etablering av røtter skjer raskere i markberedte flekker (Heiskanen & Rikala 2006; Nordborg et al. 2003) grunnet økt jordtemperatur og lavere tetthet i jorda. Derimot ved planting i områder med større mengder tilgjengelig nitrogen vil plantene bruke mer energi på overflatevekst enn rotvekst, siden de da trenger mindre rotmasse og allikevel tar opp nok nitrogen (Helmisaari et al. 2007).

Karbon (C) og nitrogen (N)-statusen til plantene, og forholdet mellom disse næringsstoffene (C/N-forhold) er pekepinner for hvor vitale plantene er, i tillegg til hvor godt egnet de er til føde for planteetere. For skogplanters vekst er tilgang på nitrogen den mest begrensende faktoren i boreale skogstrøk (Lumme 1994) og dermed også det næringsstoffet det er knyttet mest konkurranse til. Etter en slutthogst der hogstavfall legges igjen vil det være en økning i mengde tilgjengelig nitrogen etter hogsten (Kreutzweiser et al. 2008), som er viktig å utnytte ved etablering av neste generasjon planter. Effekten av nedbrutt hogstavfall som blir omgjort til tilgjengelig nitrogen har blitt målt allerede ett år etter slutthogst, og vil kunne vare i 3-5 år, noe avhengig av annen konkurrerende vegetasjon (Staaf & Olsson 1994). Med økende mengde nitrogeninnhold i plantene vil de også bli mer ettertraktet som føde for planteetere (Bergquist & Örlander 1998), og dette kan føre til både redusert vekst og død. Selv om elg (*Alces alces*) oftest er omtalt som den store skadegjøreren i ungskogfelt, og da særlig i bestand av furu (*Pinus Sylvestris*), kan rådyr (*Capreolus capreolus*) også gjøre store skader i både gran og furuforyngelser. Fra en svensk undersøkelse (Bergström & Bergqvist 1997) var det indikasjoner på at nettopp rådyr var den største skadegjøreren på skogplanter i en til fire år gamle foryngelsesfelt i områder med en moderat rådyrtetthet. Lignende undersøkelser (Bergquist & Örlander 1998) har og vist til samme funn, slik at rådyret sitt potensiale som skadegjører på foryngelse absolutt er til stede selv.

Formålet med denne undersøkelsen var å se på ulike reaksjonsmønstre for to-årige granplanter med ulike forutsetninger og forbehandlinger. På bakgrunn av litteraturgjennomgangen tidligere i innledningen satte jeg opp 3 hovedhypoteser som jeg ønsket å teste:

(1) Planter med høy næringsstatus før utplanting vil ha en raskere vekst kontra de med lav næringsstatus både i form av høyde/diameter og biomasse, i tillegg til høyere næringsnivå ved endt vekstsesong. Plantene med høy næringsstatus antas også å være mest ettertraktet med tanke på beiting fra planteetere, men allikevel ha høy overlevelse grunnet stor biomasse som erstatter tap ved beiting.

(2) Planter satt ut i markberedningsflekker ville ha mindre snutebilleskader, utvikle røtter raskere og i større mengde enn planter satt ut uten markberedning av planteplass. Dette fordi markberedning erfaringsvis gir mindre skader forårsaket av snutebille i tillegg til høyere jordtemperatur som henger sammen med økt rotvekst.

(3) KD-behandlede planter ville ha en raskere vekst og lavere avgang enn planter uten KD-behandling fordi disse igangsetter knoppsskyting tidligere, noe som gir dem en raskere vekst og dermed høyere motstandsdyktige mot angrep fra ulike skadegjørere.

2. Materiale og metode

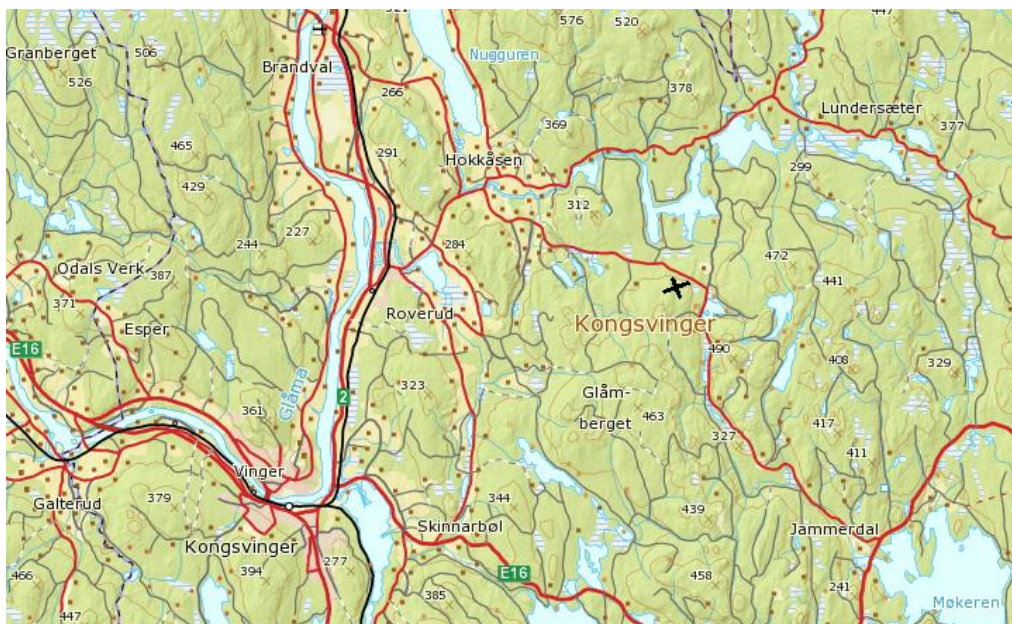
2.1 Studieområde

Forsøket ble etablert i Vestlibråtåberget-Galteryggen øst for Hokkåsen i Kongsvinger Kommune, Hedmark(figur 1). Området betegnes som boreal barskog, med norsk gran(*P.abies*) som dominerende treslag og typisk innlandsklima med tørre somre og kalde vintre.

Tabell 1: Værdata for Roverud målestasjon i forsøksperioden (30-års normaltall i parentes)

Dato	Middeltemperatur (°C)	Nedbør (mm)
01.05.2015	7,6 (9,5)	113 (50)
01.06.2015	12,6 (14,2)	60 (67)
01.07.2015	14,9 (15,3)	67 (76)
01.08.2015	14,7 (13,9)	65 (75)
01.09.2015	10,7 (9,4)	135 (75)
01.10.2015	5,3 (4,8)	7 (70)

Bestandet hvor forsøksfeltene ble anlagt ble sluttavvirket i 2013, markberedt juli 2014 og hadde bonitet lik G17. Hogstflatens totale areal var på 40 daa, mens mitt prøvefelt dekket ca. fire daa, fordelt på to forsøksfelt med tre gjentak à seks behandlinger i hver flate. Begge forsøksfelt ble anlagt med lik avstand til nabobestand(15 meter) for å oppnå like lysforhold, samt tilnærmet lik helling og samme avstand til tilgrensende bekkekløft.



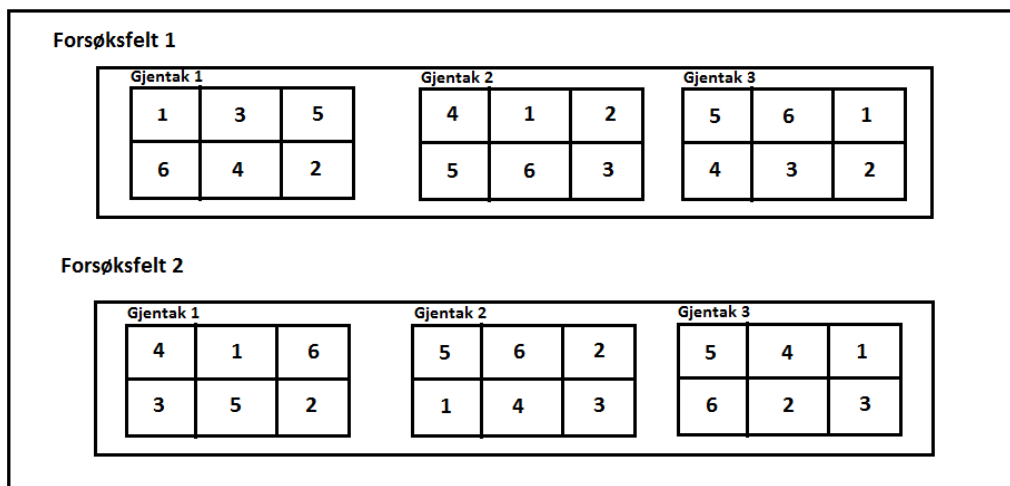
Figur 1. Kartet viser lokalisering av prøvefelt, Kongsvinger Kommune(markert kryss)

2.2 Plantemateriale

Plantematerialet som ble brukt i denne studien var to-årige M60-planter fra Sanderud frøplantasje, hvor 1/3 av plantene (N = 264) fikk «normal» behandling med god næringsstatus ved Buskerud skogplanteskole i Hokksund, mens 2/3 av plantene (N = 508), som ble dyrket fram ved NIBIO (Hoxmark forsøksgård, Ås), hadde en mindre god næringsstatus i forhold til Hokksund-plantene. Med mindre god næringsstatus menes at disse plantene ble dyrket under kontrollerte forsøksbetingelser i Ås hvor plantene fikk mindre mengde kalium (K) og nitrogen (N) mot det som er vanlig for planter ved planteskoler. Halvparten av plantene dyrket frem på Ås ble også kortdagsbehandlet, og dette ble gjennomført i perioden 4.7.2014 til 18.7.2014 (14 timer natt, 10 timer dag). Alle plantene ble behandlet med Merit Forrest før utsetting.

Feltarbeidet ble startet opp med utsetting av planter i perioden 22.-26.mai 2015 på to forskjellige forsøksfelt på samme hogstflate, med tre gjentak à seks forskjellige behandlinger (figur 2). Disse behandlingene ble nummerert i følgende rekkefølge:

- 1) Markberedt, høy næringsstatus, KD-behandlet (kortdagsbehandlet).
- 2) Ikke markberedt, høy næringsstatus, KD-behandlet.
- 3) Markberedt, lav næringsstatus, KD-behandlet.
- 4) Ikke markberedt, lav næringsstatus, KD-behandlet
- 5) Markberedt, lav næringsstatus, ikke KD-behandlet
- 6) Ikke markberedt, lav næringsstatus, ikke KD-behandlet



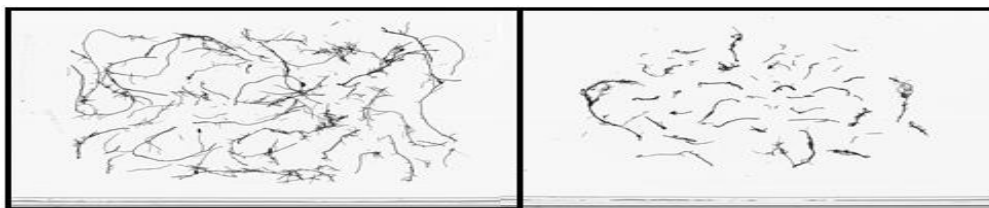
Figur 2. Modell over forsøksområde med plassering av behandlinger i tilfeldig rekkefølge etter trekning.

Plasseringen av hver behandling i hvert gjentak ble trukket for å få et tilfeldig utvalg. Det ble plantet 22 planter innenfor hver behandling, med planteavstand på 1,5 meter mellom hver plante. Gode planteplasser ble foretrukket selv om dette økte/minsket avstanden mellom plantene. For gjentak tre i forsøksfelt to ble det plantet 15 planter for behandling fem og seks og 19 planter for behandling tre og fire på grunn av mangel på planter. Hogstflaten som mitt forsøksfelt var en del av, hadde som tidligere nevnt blitt markberedt midtsommers året før (juli 2014), og dette medførte at særlig smyle (*Avenella flexuosa*) og bringebær (*Rubus idaeus*) hadde fått etablert seg nokså godt, og det måtte derfor til en del manuell «markberedning» for å oppnå godkjente planteplasser. Dette ble gjort ved å skrape vekk humuslaget i firkanter à 20x20 cm, hvorpå plantene ble plassert midt i disse flekkene. For planter som ble plassert uten markberedning ble det kun fjernet kvist og eventuell smyle som dekket planteplassen.

Etter utplanting gjennomførte jeg registreringer 4 ganger i løpet av vekstsesongen, hvor det ble målt diameter og høydevekst samt registrert avgang og beiting av både planteetere og gransnutebille. Disse målingene ble gjort 26. mai, 12.juli, 18.september og 14.oktober 2015. Ved siste måling i oktober ble det også innhøstet 36 rotprøver fra forsøksfelt en, to fra hver behandling i hvert gjentak, i tillegg til at ble det klippet 108 planter ved rothals, tre planter fra hver behandling i hvert gjentak i begge forsøksfelt. Alle prøver ble lagt i kjølebokser med kjøleelementer under innhøsting. Plantene som ble klippet ved rothals ble plassert i tørkeskap i 36 timer (30 °C), og deretter satt på kjølelager i ca to måneder inntil videre undersøkelser.

2.3 Rotskanning

Rotprøvene ble etter innhøsting vasket fri for jord, og årets rotproduksjon, det vil si alt av røtter som hadde vokst utenfor rotpluggen, ble klippet av helt inntil rotpluggen og lagt på vannbeholdere. Alle de 36 prøvene ble deretter scannet med WinRhizo-rotscanner (WinRhizo v2013a, Regent Instruments Canada Inc.) for å kvantifisere mengde røtter og mengde røtter i forskjellige diameterklasser for ulike prøver (figur 3). Etter scanning ble røttene tørket før tørrvekten av disse også ble registrert.



Figur 3: Bilder av rotscanning med WinRhizo-rotscanner.

2.4 Bestemmelse av biomasse og C og N konsentrasjoner

Etter ca. to måneder på kjølelager ble nåler og kvister fra plantene skilt fra hverandre og veid hver for seg, før oppmaling tok til. Oppmaling ble gjennomført ved hjelp av kulemølle type Retsch MM400 (Retsch GmbH, Germany), mindre metallkuler tilpasset Eppendorf-rør for nålene og kuler med diameter = 2 cm for kvist. På denne måten ble både nåler og kvist knust til det som kunne minne om melstruktur; særdeles fint pulver. Nåler ble ristet i 5 minutter med frekvens på 30 ristninger/sekund, mens kvister greide seg med 1,5 minutt på 25 ristninger/sekund. For å måle karbon- og nitrogeninnhold ble 5 mg (± 0.5 mg) pulver fra hver prøve veid og pakket inn i tinn-folie, en prøve for nåler og en for stilk fra hver plante (216 prøver). Disse prøvene ble så kjørt i elementanalysator (Elementar vario MICRO Cube, Germany).

2.5 Statistikk

Jeg brukte statistikkprogrammet R Commander, versjon 3.2.3 til de statistiske analysene av resultatene. For å få tallmaterialet normalfordelt måtte jeg LOG-transformere tallene, og kjørte deretter en Shapiro-Wilk test of normality (normalitetstest). Ved verdier av $p < 0,05$ ble tallmaterialet godkjent som normalfordelt. Alle variabler hadde en lavere p-verdi unntatt karbon-konsentrasjonen for kvist. Denne ble transformert både med LN- og kvadrat-transformering uten at det hjalp, og de statistiske testene ble gjennomført med tallene slik som de var.

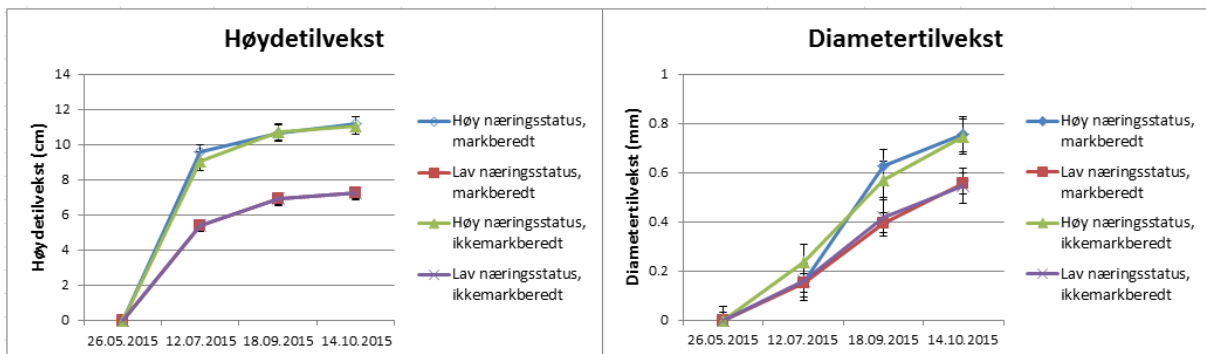
Figurer ble laget før kjøring av statistikk i R, for å se hvilke behandlinger som skilte seg signifikant fra andre. Alle figurer er basert på gjennomsnittstall, og feilfelt i ulike figurer er utregnet som standardfeil fra standardavvik av gjennomsnittet.

For alle figurer med hensyn på karbon og nitrogen-konsentrasjon, C/N-forhold og biomasse er det brukt flerveis-ANOVA, med markberedning/ikke-markberedning, næringsstatus og daglengde (KD/LD) som variabler og karbon- og nitrogenkonsentrasjoner, biomasse og C/N-forhold for både nåler og kvist som responser. For rotprøvene ble det istedenfor RCommander brukt SAS (Statistical Analysis System) og mixed models. Effekter ble godkjent som statistisk signifikante ved p-verdier mindre enn 0,05.

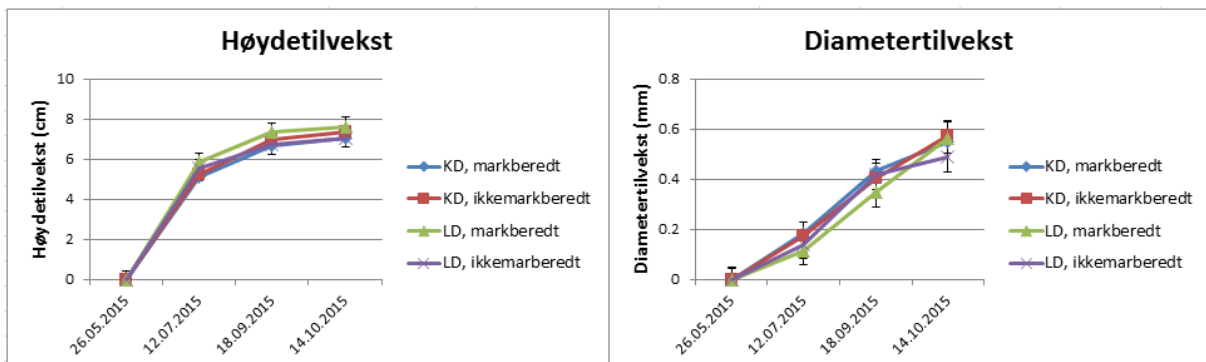
3. Resultater

3.1 Høyde og diametertilvekst og utgangshøyde/diameter

Høydetilveksten viste en sterk vekst fra utsettingstidspunkt og fram til måling i juni for alle behandlinger, før veksten stagnerte noe senere i vekstsesongen. Plantene med høy næringsstatus (figur 4) har hatt en signifikant større høyde og diametertilvekst gjennom vekstsesongen enn plantene med lav næringsstatus ($p < 0,001$), men vekstmønsteret generelt er noenlunde likt for alle behandlinger. KD/ikke-KD behandling (figur 5) gav ingen utslag for høyde/diametertilvekst. Det ble ikke funnet noen effekt av markberedning for noen av behandlingene ($p > 0,05$). Utgangshøyde og diameter (tabell 2) viser lavere høyde ved utsetting for plantene med høy næringsstatus, med 29,7 cm for begge behandlingene mot 31-36 cm for alle andre behandlingene. For utgangsdiameter er derimot disse behandlingene størst med 5,2 og 5,1 mm mot 4,0-4,6 for resten av behandlingene.

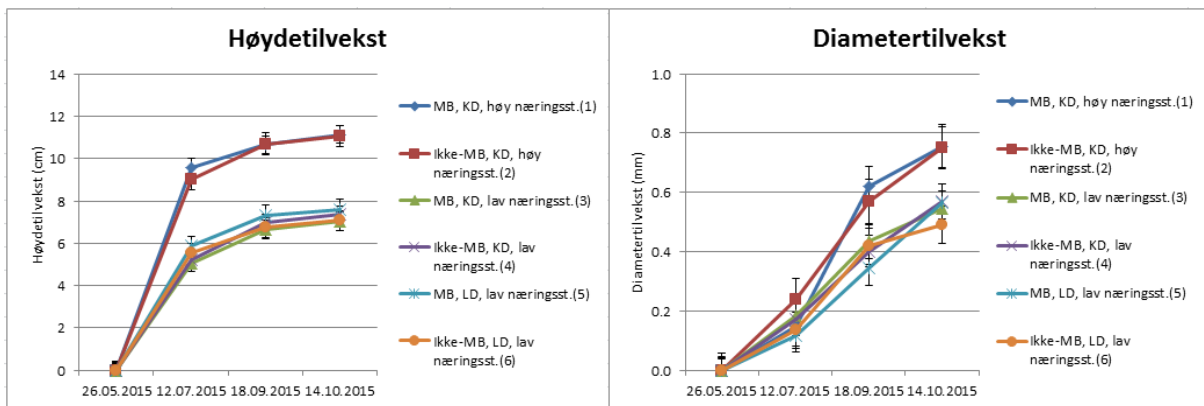


Figur 4: Gjennomsnittlig høyde og diametertilvekst for behandlingene høy/lav næringsstatus og markberedt/ikke markberedt i perioden 26.mai til 14.oktober.



Figur 5: Gjennomsnittlig høyde og diametertilvekst for behandlingene KD/ikke-KD og markberedt/ikke markberedt i perioden 26.mai til 14.oktober

Det ble også utarbeidet figurer for høyde/diametertilvekst for alle behandlinger uten oppdeling i høy/lav næringsstatus og KD/ikke-KD behandling (figur 6). KD-behandlede planter er som figuren viser planter med både høy og lav næringsstatus (1-4) mens planter uten KD-behandling kun er planter med lav næringsstatus (5-6). Figur 6 viser akkurat samme resultater som figur 4 og 5 men er utarbeidet for å vise at næringsstatus ga større effekt på høyde og diametertilvekst enn KD/ikke-KD behandling.



Figur 6: Gjennomsnittlig høyde og diametertilvekst for alle behandlinger uten oppdeling i høy/lav næringsstatus og KD/ikke-KD i perioden 26.mai til 14.oktober.

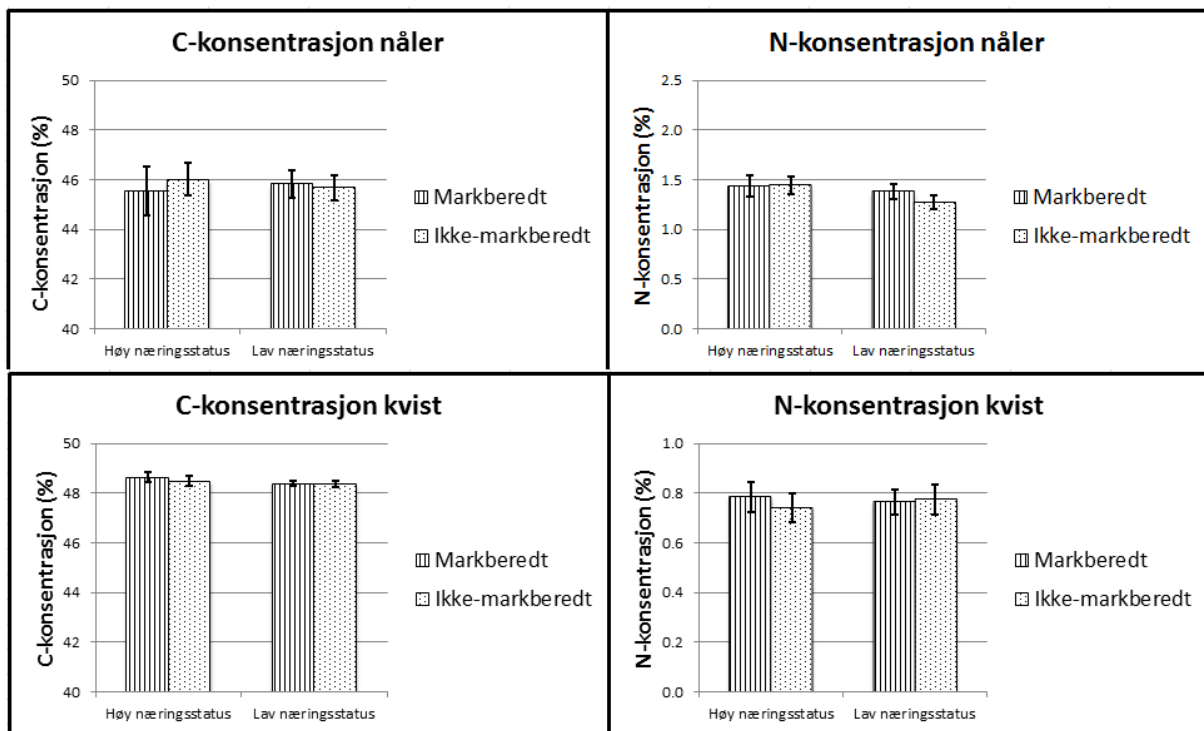
Tabell 2: Gjennomsnittlig utgangshøyde og diameter for høy/lav næringsstatus → markberedt/ikke markberedt og kortdagsbehandling/ikke-kortdagsbehandling → markberedt/ikke markberedt

	Utgangshøyde(cm)	Utgangsdiameter(mm)
Høy næringsstatus, markberedt	29.75	5.15
Lav næringsstatus, markberedt	34.83	4.21
Høy næringsstatus, ikkemarkberedt	29.72	5.20
Lav næringsstatus, ikkemarkberedt	34.28	4.02
KD, markberedt	31.40	4.64
LD, markberedt	36.62	4.31
KD, ikkemarkberedt	31.52	4.62
LD, ikkemarberedt	35.26	4.00

3.2 C og N-konsentrasjoner, C/N-forhold og biomasse.

3.2.1 C og N-konsentrasjoner høy og lav næringsstatus.

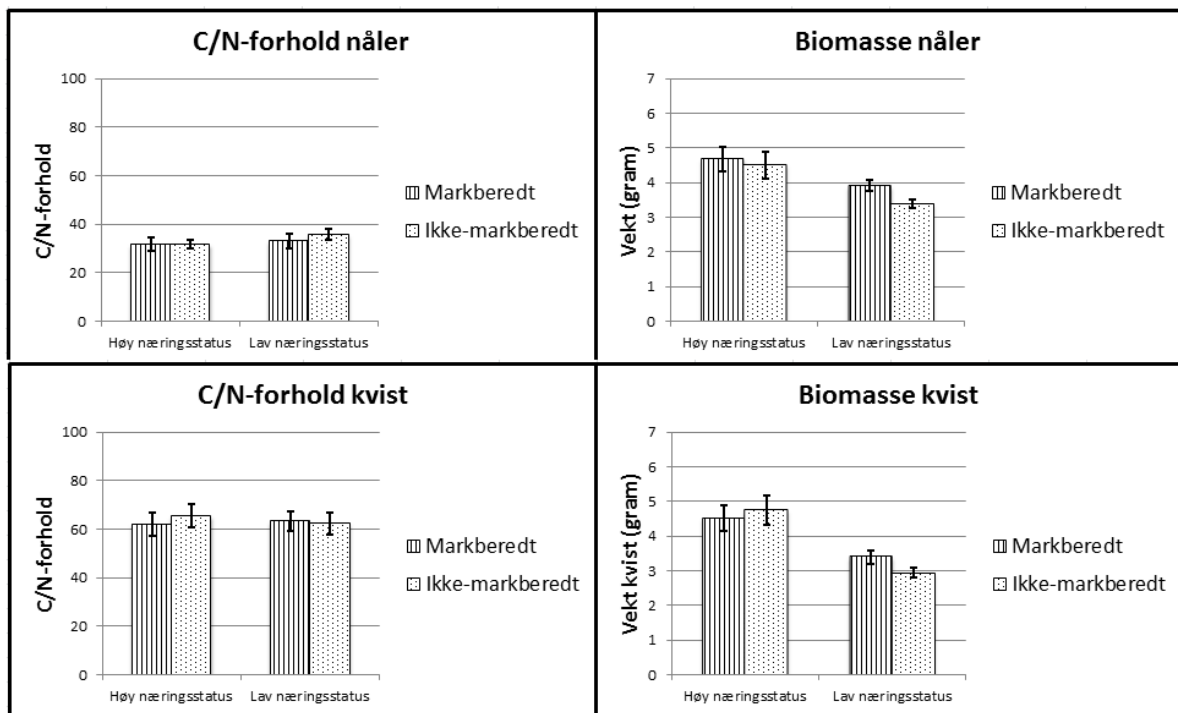
For konsentrasjonene av karbon (C) og nitrogen (N) var det ingen signifikante effekter av hverken næringsstatus eller behandling ($p > 0,05$ for begge alternativer) for hverken nåler eller kvist (figur 7).



Figur 7: Gjennomsnittlig (\pm SE) prosent karbon og nitrogen-konsentrasjon i nåler og kvist fordelt på høy/lav næringsstatus og markberedt/ikke-markberedt.

3.2.2 C/N-forhold og biomasse høy og lav næringsstatus.

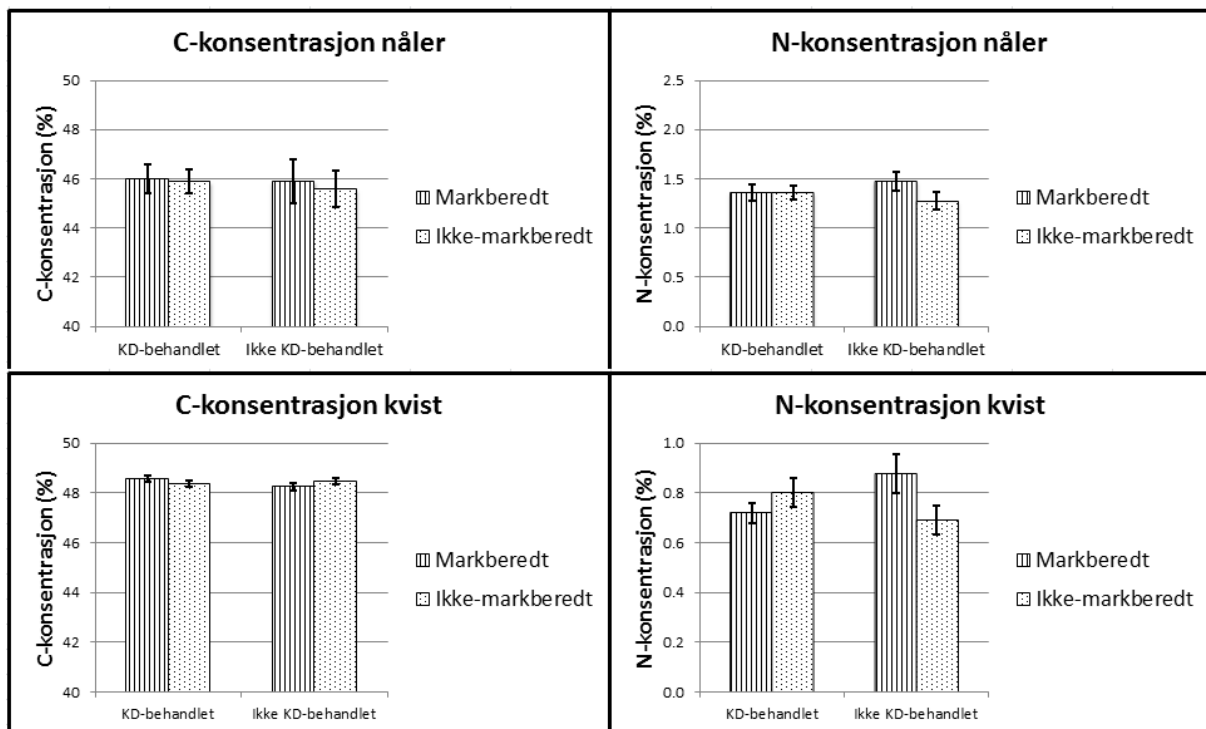
Det kunne ikke påvises noen signifikante effekter i C/N-forholdet for hverken nåler eller kvist mellom behandlingene næringsstatus og markberedt/ikke-markberedt (figur 8). For biomasse hadde planter med høy næringsstatus signifikant større mengde i både kvist og nåler mot planter med lav status ($p < 0,01$). Markberedning/ikke-markberedning gav derimot ingen signifikante utslag på biomassemengden ($p > 0,05$).



Figur 8: Gjennomsnittlig C:N-forhold og biomasse (\pm SE) for nåler og kvist med høy/lav næringsstatus og markberedt/ikke-markberedt.

3.2.3 C og N-konsentrasjon KD/ikke-KD behandling.

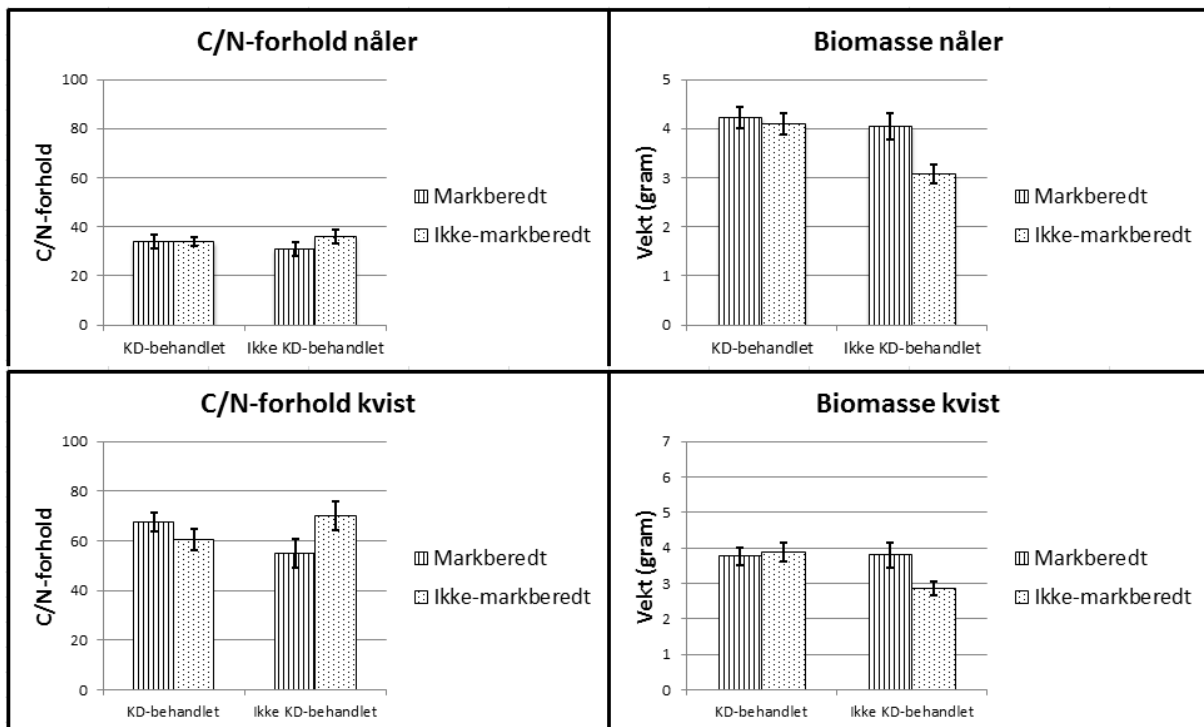
Det ble ikke funnet signifikante utslag for karbon-konsentrasjon i hverken kvist eller nåler (figur 9). For nitrogen-konsentrasjonen i kvistprøvene hadde plantene uten KD-behandling i markberedningsflekk signifikant større nitrogenkonsentrasjon enn plantene med samme behandling utenfor markberedningsflekk ($p < 0,05$). Den samme effekten kunne derimot ikke påvises i nåleprøvene. For KD-behandlede planter kunne ingen slik effekt påvises.



Figur 9: Gjennomsnittlig (\pm SE) prosent karbon og nitrogenkonsentrasjon i nåler og kvist fordelt på behandlingene KD/ikke-KD og markberedt/ikke-markberedt.

3.2.4 C/N-forhold og biomasse kortdag/ikke-kortdag.

For C/N-forholdet i nålene (figur 10) var det ingen signifikante forskjeller mellom noen av behandlingene ($p > 0,05$). For C/N-forholdet i kvist kunne ingen effekt av daglengde påvises ($p > 0,05$), derimot gav markberedning lavere C/N-forhold for planter uten KD-behandling ($p = 0,045$). Det ble ikke påvist noen effekt av daglengde for biomasse i nåler, men planter uten KD-behandling i markberedningsfleck hadde signifikant høyere biomasse i nåler enn planter med samme behandling utenfor markberedningsfleck. Den samme effekten kunne ikke påvises med statistisk signifikans i kvistbiomassen ($p = 0,062$).

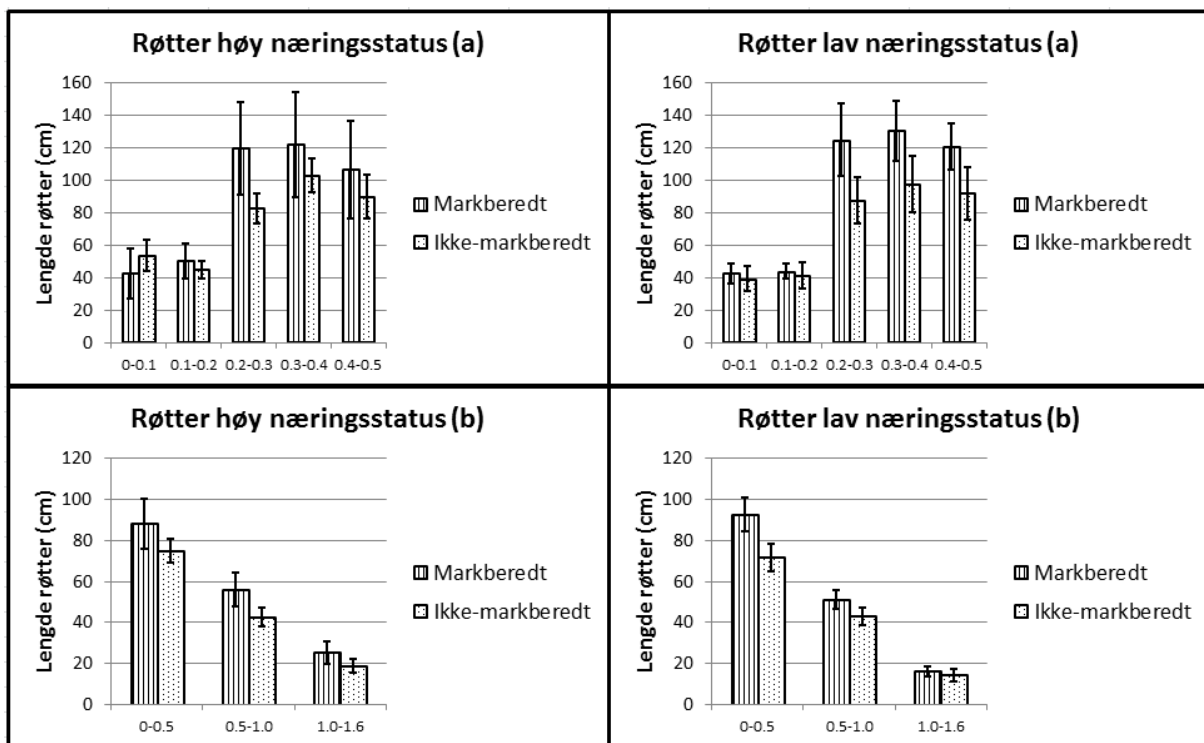


Figur 10: Gjennomsnittlig C:N-forhold og biomasse (\pm SE) for nåler og kvist med KD/ikke KD-behandling og markberedt/ikke-markberedt.

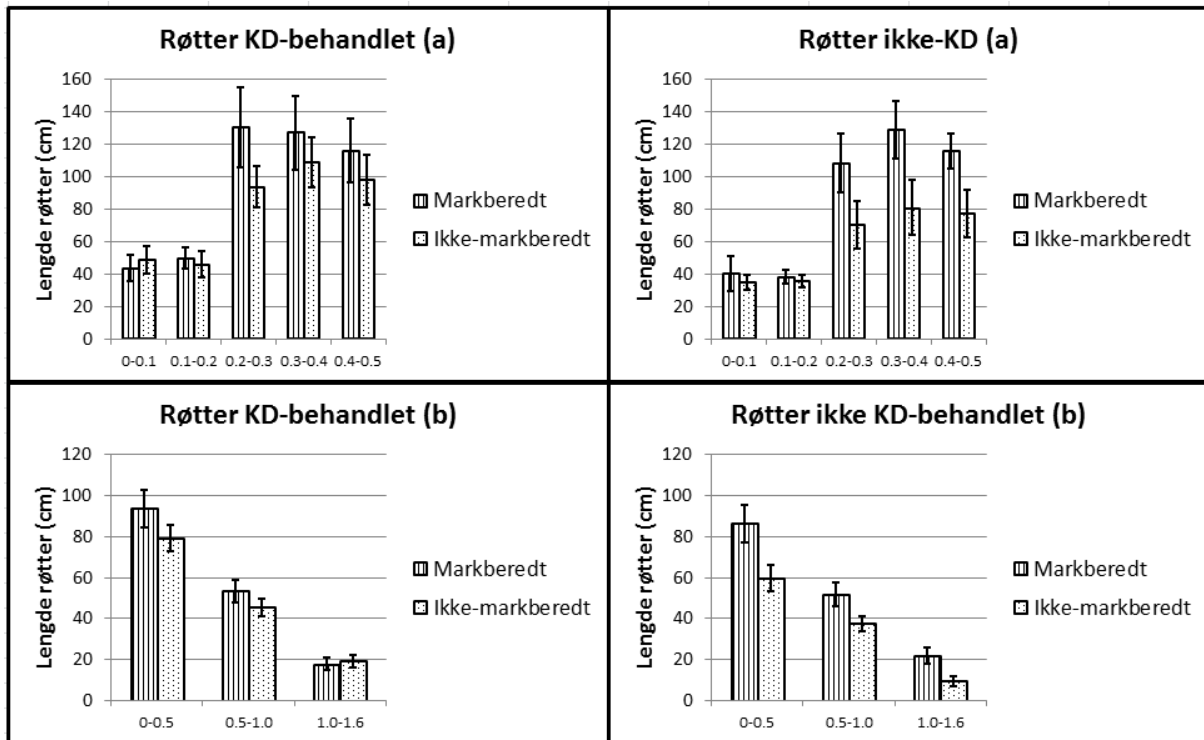
3.3 Rotutvikling

3.3.1 Rotdiameter

Det ble ikke påvist noen forskjeller mellom de ulike behandlingene høy/lav næringsstatus og markberedning/ikke-markberedning (figur 11). Det samme gjaldt også for plantene med/uten KD-behandling (figur 12). Det var derimot tendenser for alle behandlinger at markberedning gav økt mengde røtter for størrelsesklasser over 0,2 mm uten at dette kunne påvises med statistisk signifikans. Planter uten KD-behandling hadde i denne sammenhengen sterkest tendens med lavest p-verdi ($p = 0,07$).



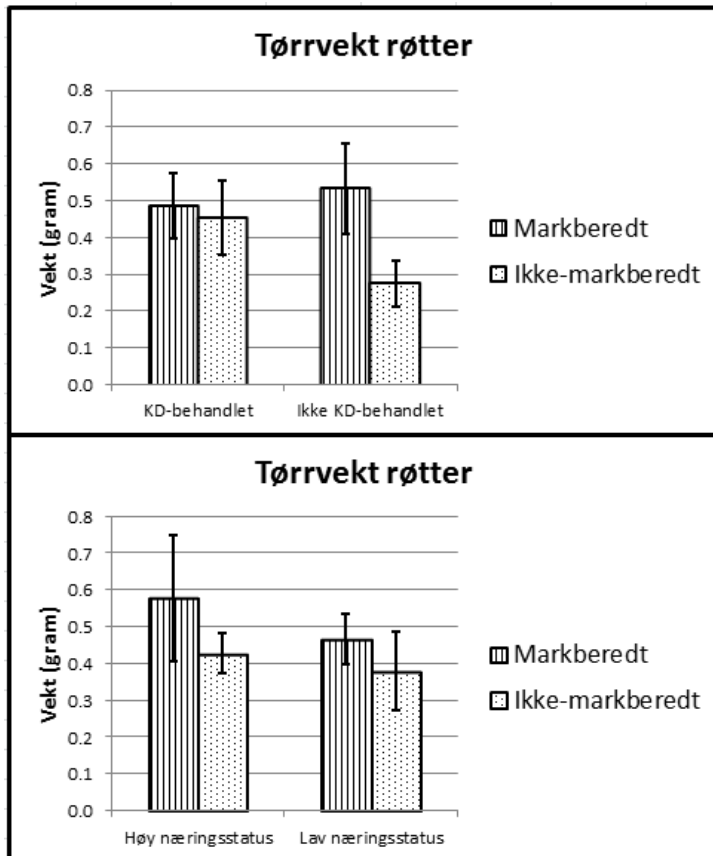
Figur 11: Gjennomsnittlig mengde (total lengde) røtter (\pm SE) for behandlingene høy/lav næringsstatus, markberedt/ikke-markberedt. Delfigurer (a) og (b) viser til henholdsvis mengde finrøtter (0-0,5 mm) og fordeling finrøtter mot grovere røtter (0-1,6 mm).



Figur 12: Gjennomsnittlig mengde (total lengde) røtter (\pm SE) for behandlingene KD-/ikke-KD behandlet, markberedt/ikke-markberedt. Delfigurer (a) og (b) viser til henholdsvis mengde finrøtter (0-0,5 mm) og fordeling finrøtter mot grovere røtter (0-1,6 mm).

3.3.2 Tørrvekt røtter

Hos plantene uten KD-behandling ble det påvist høyere rotvekt for plantene som sto i markberedningsflekker mot plantene som sto utenfor markberedningsflekker ($p < 0,05$). For resten av behandlingene kunne ingen signifikant forskjell mellom behandlingene påvises (figur 13), selv om det var tendenser for alle behandlinger at markberedning økte rotvekten ($p > 0,05$).



Figur 13: Gjennomsnittlig tørrvekt røtter (\pm SE) for alle behandlinger (høy/lav næringsstatus, KD/ikke-KD behandling, markberedt/ikke-markberedt).

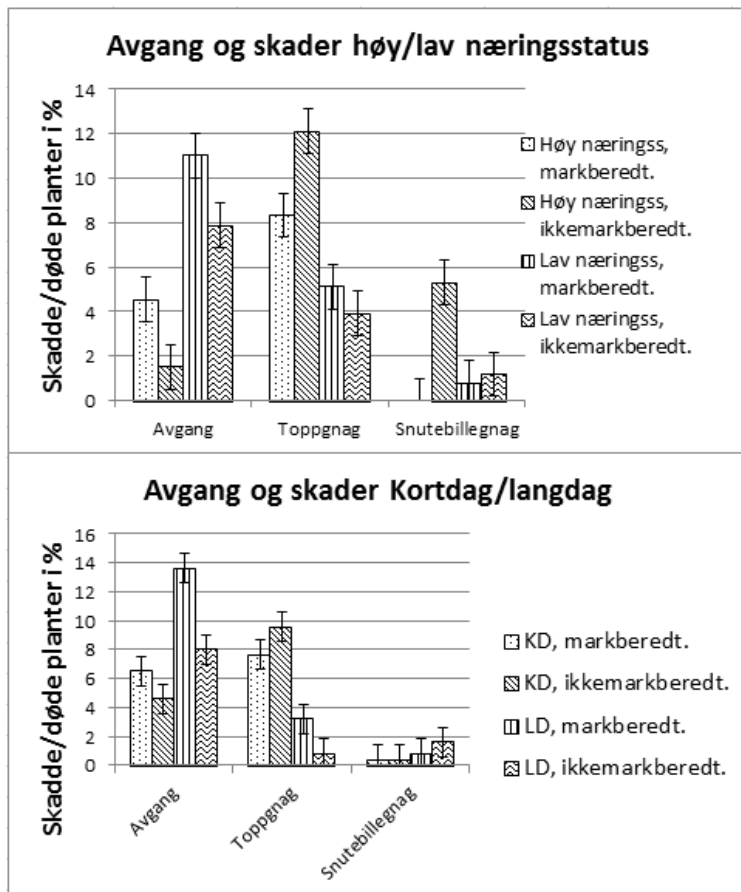
3.4 Avgang og skader

Ved sammenligning av planter med ulik næringsstatus (figur 14) ble det funnet at planter med lav næringsstatus hadde signifikant høyere avgang enn plantene med høy næringsstatus ($p = 0,001$). Det ble ikke påvist noen effekt av markberedning på mengde avgang ($p > 0,05$). Når det gjaldt toppgnag hadde plantene med høy næringsstatus signifikant mer skader enn de med lav næringsstatus ($p = 0,002$). Forskjeller i mengde toppgnag hadde derimot ingen sammenheng med markberedning ($p > 0,05$). Planter med høy næringsstatus som ikke sto i markberedningsflekker hadde signifikant høyere andel næringsgnag av snutebille enn alle andre behandlinger ($p = 0,001$), men det kunne ikke påvises effekt av markberedning på andel snutebillegnag for behandlingene med lav næringsstatus ($p > 0,05$).

Planter uten kortdagsbehandling hadde større mengde avgang ($p = 0,0071$) enn planter med kortdagsbehandling. Plantene med KD-behandling ble påvist å bli mer toppbeitet ($p = 0,006$), enn planter uten KD-behandling, mens det ikke kunne påvises noen forskjell mellom behandlingene for mengde næringsgnag av snutebille ($p > 0,05$). Det ble ikke registrert næringsgnag av snutebille før registreringene i september og oktober så i løpet av hele perioden før dette (mai – juli) ble det ikke påvist en eneste skade. Størsteparten av toppgnagskadene ble registrert i starten av forsøksperioden, og etter registreringen i juli ble det ikke registrert flere slike skader.

Tabell 3: Prosentvis skade og avgang av totalt antall planter for alle behandlinger.

	Avgang (%)	Toppgnag (%)	Snutebillegnag (%)
Høy næringsss, markberedt.	4,5 %	8,3 %	0,0 %
Lav næringsss, markberedt.	11,0 %	5,1 %	0,8 %
Høy næringsss, ikkemarkberedt.	1,5 %	12,1 %	5,3 %
Lav næringsss, ikkemarkberedt.	7,9 %	3,9 %	1,2 %
KD, markberedt.	6,5 %	7,7 %	0,4 %
LD, markberedt.	13,6 %	3,2 %	0,8 %
KD, ikkemarkberedt.	4,6 %	9,6 %	0,4 %
LD, ikkemarkberedt.	8,0 %	0,8 %	1,6 %



Figur 14: Prosentvis mengde avgang, toppnag og snutebillegnag for alle behandlinger (\pm SE).

4. Diskusjon

Plantene med høy næringsstatus var forventet å ha den største veksten gjennom vekstsesongen, noe de også hadde både i høyde og diameter (figur 4). Utgangshøyden for plantene med høy næringsstatus var fire-fem centimeter lavere enn plantene med lav næringsstatus (tabell 2), men dette forspranget ble så å si utjevnet i løpet av vekstsesongen. Før utplanting hadde plantene med høy næringsstatus størst diameter, og dette forspranget økte i forhold til resten av behandlingene gjennom vekstsesongen. Dette resultatet samsvarer med både Heiskanen et al. (2009) og Rikala et al. (2004) som fant økt høyde og diametervekst i første vekstsesong med økt næringsstatus på plantene før utplanting. Mitt forsøk var derimot ikke fullt ut faktorielt, det vil si at alle kombinasjoner av alle behandlinger ikke var kombinert. Dette gjaldt ved sammenligning av høy og lav næringsstatus hvor plantene med høy status kun inneholdt KD-behandlede planter, mens lav status hadde både KD/ikke-KD behandling. Samme situasjon var det også for KD-behandlede planter, hvor planter med KD hadde både høy og lav næringsstatus, mens ikke-KD kun hadde lav status. Kort sagt manglet dette forsøket planter med høy næringsstatus uten KD-behandling. På bakgrunn av dette og fordi KD-behandling gir økt høydetilvekst (Luoranen et al. 2006) kunne sammenligningen mellom høy/lav næringsstatus på høyde og diameter antas å være skjevt fremstilt. Det ble derimot ikke påvist noen forskjell mellom KD/ikke-KD for høyde/diameterilvekst i mitt forsøk, uavhengig av næringsstatus (figur 6). Derfor anses det som korrekt at planter med høy næringsstatus hadde større høyde/diameterilvekst i dette forsøket.

Vi klarte ikke å finne noen effekter av at næringsstatus påvirket karbon og nitrogen-konsentrasjonen eller C/N-forholdet gjennom våre registreringer, hverken for nåler eller kvist (Figur 7 og 8). En grunn til at dette ikke kunne påvises kan være at nitrogentilgangen var såpass god over hele forsøksfeltet at plantene med lav næring tok igjen det tapte gjennom vekstsesongen. Samme resultat har også tidligere blitt påvist på felter med gode boniteter (Heiskanen et al. 2009), som feltet i vårt forsøk også hadde (G17). Plantene med høy næringsstatus hadde derimot signifikant større biomasse (figur 8) ved avsluttet vekstsesong. Det at både biomassen og høyde/diameterilveksten var høyere for disse plantene indikerer at planter med høy næringsstatus før utplanting har best forutsetninger for rask vekst og etablering. Større mengder biomasse ved økt næringsstatus før utplanting stemmer også godt overens med funnene i Rikala et al. (2004).

Selv om det ikke kunne påvises forskjeller i karbon og nitrogen-mengde mellom plantene ved innhøsting i oktober ble det som antatt påvist et høyere beitepress på plantene med høyere

næringsstatus enn for de med lav status (figur 14 og tabell 3). Siden samtlige skader oppsto i starten av forsøksperioden (mai-juli) kan det antas at disse plantene fortsatt hadde høyere nivå av nitrogen i nåler og toppskudd og at de derfor var mer ettertraktet for planteetere (Bergström & Bergqvist 1997). Selv om beiteskadene i de færreste tilfellene førte til død for plantene var allikevel beitetrykket av en slik art at planteutviklingen på visse områder av forsøksfeltet antagelig ble satt noe tilbake. Hva slags skadegjørere som forårsaket skadene i dette forsøket er mer usikkert, da det ikke ble gjort synsobservasjoner gjennom forsøksperioden. Det ble derimot registrert spor av både elg og rådyr, som er kjente skadegjørere i foryngelsesfelter (Bergquist & Örlander 1998), men i så liten grad at det kan antas at disse ikke har forårsaket alle skader. Andre mulige pattedyr som kan mistenkes er klatremus (*Clethrionomys glareolus*) og hare (*Lepus timidus*), som og kan gjøre skade i foryngelsesfelter (Christiansen 1975; Rangen et al. 1994). Trolig burde det da vært mer spor etter avgnagde skudd og kvister på bakken ved plantene, noe det ikke var (Bang & Dahlstrøm 1972).

Når det gjelder hovedårsaken til avgang i forsøksfeltet antas dette å skyldes at plantene ikke har fått etablert ett godt nok rotsystem før de har tørket ut og dødd. Grunnen til denne påstanden er observasjoner av «rotplugg» ved nøyere beskuelse av døde planter, hvor det ikke var tegn til ny rotvekst, i tillegg til at størsteparten av plantene som døde raskt fikk røde/brune nåler som falt av relativt raskt. Frostskader kan også ha vært en mulig årsak til avgang. Derimot var det kun registrert en dag med temperatur under null °C (*NIBIO - Landbruksmeteorologisk tjeneste*) og det er derfor trolig at dette ikke har gitt noen utslag i form av skader. Frostskader på planter inntreffer først ved temperaturer under minus tre °C (Langvall et al. 2001; Repo 1992). Mulige sjukdommer som kan ha vært årsaken til skader og avgang er filtskye, vanlig granrustsopp og furuas knopp- og grentørkesopp, med sistnevnte som mest aktuell i vårt forsøk (Talgø & Fløistad 2015).

Påvirkningen av markberedning på rotveksten kunne antas å være stor, og da med større og raskere utvikling hos planter som sto i markberedte flekker fordi blottlegging av mineraljord ved markberedning øker jordtemperaturen, som igjen henger sammen med raskere rotutvikling (Nilsson et al. 2010). Tilgang til næring og vann er de mest begrensede faktorer for planter ved etablering (Johansson et al. 2012) og det er derfor viktig at rotetablering skjer raskest mulig (Örlander et al. 1990). Effekten av markberedning på rotveksten var derimot ikke-signifikant (figur 11 og 12), men det kunne anes tendenser, dog ikke signifikant, til at dette var tilfellet for rotlengder over 0,2 mm, og da med mest overbevisende tendens for

plantene uten kortdagsbehandling (figur 12). Dette var også den eneste behandlingen der markberedning gav signifikant større rotvekt (tørrvekt), (figur 13).

Næringsgnag forårsaket av gransnutebille ble ikke registrert på noen av plantene i forsøksfeltet før september, og disse skadene oppsto derfor tidligst i slutten av juli måned (figur 14 og tabell 3). Hvorfor dette ikke oppsto tidligere kan skyldes flere årsaker, men en noe lavere gjennomsnittstemperatur enn normalt tidlig på sommeren kan ha vært medvirkende til lavere aktivitet fordi aktivitetsnivået til billene er som høyest rundt 18-19 °C (Solbreck & Gyldberg 1979). Andre muligheter kan være at det i nærheten av forsøksområdet ble bedrevet hogst av furu i oppstartsperioden og at flere biller heller emigrerte hit siden de foretrekker ferskt hogstavfall og stubber (Örlander et al. 2000). Samlet kan disse faktorene ha ført til mindre skader i mitt forsøksfelt. Plantene med høy næringsstatus som sto utenfor markberedningsfleck hadde absolutt høyest andel gnag (5,3 % av plantene) sammenlignet med de andre behandlingene som varierte mellom 0-1,6 %. Tidligere studier levner ingen tvil om at markberedning er et effektivt tiltak for å unngå skader av snutebille (Heiskanen & Viiri 2005; Örlander & Nilsson 1999), selv om vi kun fant denne effekten for plantene med høy næringsstatus. Dette kan også antyde at snutebiller foretrekker mer næringsrike planter fremfor planter med lavere næringsstatus. Siden skadene først oppsto mot slutten av forsøksperioden vites det ikke om næringsgnag av snutebille vil drepe noen av plantene som ble angrepet, dette vil først bli synlig førstkommende vekstsesong (2016). Ved diameter over seks millimeter øker overlevelsesraten for skogplanter betraktelig ved angrep av snutebille (Thorsen et al. 2001). Ut ifra utgangsdiameter som plantene i dette forsøket hadde (tabell 2) er det kun plantene med høy næringsstatus som vil være i nærheten av dette våren 2016, sett ut ifra diametertilveksten gjennom 2015 (figur 6), slik at faren for skader og avgang er fortsatt til stede selv om plantene overlevde første vekstsesong.

KD-behandlede planter var antatt å ha en raskere vekst og mindre avgang enn planter uten KD-behandling. KD-behandling vil gi tidligere knoppsskyting våren etter behandling (Bigras & Daoust 1992) som igjen gir en raskere vekst, men som også kan føre til at plantene blir mer utsatt for frostskaider (Floistad & Granhus 2010). Derimot viste Rostad et al. (2006) til at selv om KD-behandlede planter blir utsatt for frost på våren tåler de dette bedre enn ubehandlede planter på grunn av den tidligere vekstavslutningen foregående høst, som gir mer robuste planter dersom KD-behandlingen ikke starter for tidlig sommeren i forveien.

Teorien om at KD-behandling gir raskere høydevekst ble ikke bevist i dette forsøket, da det ikke kunne påvises noen forskjell mellom KD/ikke-KD for plantene med lav næringsstatus (figur 5). Ut ifra figur 6 som viser høyde/diametertilvekst for alle behandlinger, kan vi med relativt stor sikkerhet slå fast at forskjellene i høyde og diametertilvekst i dette forsøket, skyldtes forskjeller i næringsnivået til plantene og ikke forskjeller i daglengde. Det ble også anslått at det ville være høyere overlevelsesrate for KD-behandlede planter (figur 14), noe resultatene i denne undersøkelsen også viser. Dette må derimot sees i lys av at planter uten KD-behandling kun besto av planter med lav næringsstatus, og ved sammenligning av avgang mellom høy/lav næringsstatus og KD/ikke-KD behandling (figur 14) ser man at disse to figurene korrelerer sterkt med hverandre. Det blir derfor vanskelig å anslå om det var forskjeller i avgang, toppgnag eller snutebillegnag i dette forsøket mellom KD/ikke-KD behandling.

5. Oppsummering og konklusjon

Planter med høy næringsstatus og som hadde like forutsetninger som «planteskole-planter» før utplanting hadde i løpet av første vekstsesong den største veksten, både i form av høyde, diameter og biomasse i tillegg til lavest mengde avgang. Til tross for forsprang før utplanting kunne det ikke påvises forskjell i næringsinnhold mellom planter med høy og lav næringsstatus etter endt vekstsesong. Markberedning gav signifikant mindre snutebilleskader for plantene med høy næringsstatus. Denne forskjellen mellom markberedt/ikke-markberedt kunne derimot ikke påvises for planter med lav status. Dette resultatet må trolig sees i lys av nokså lite aktivitet av gransnutebille på forsøksfeltet. Markberedning gav heller ingen signifikante resultater i form av større og raskere rotutvikling, bortsett fra for plantene uten KD-behandling hvor tørrvekten av røttene var signifikant høyere hos planter i markberedningsflekker. Det var tendenser til at markberedning både økte rotvekt og gav større rotlengder for alle behandlinger, selv om dette ikke kunne påvises med statistisk signifikans. Med hensyn på vekst og avgang kunne det i dette forsøket ikke påvises noen forskjell mellom planter med og uten KD-behandling. De største effektene synes derfor å skyldes forskjell i næringsstatus hos plantene før utplanting.

Selv om plantene med høyest næringsstatus før utsetting har hatt den laveste mengden avgang i dette forsøket, er det også verdt å merke seg svært liten avgang for planter med lav næringsstatus. Sistnevnte planter var også minst utsatt for næringsgnag av gransnutebille samt at de tok igjen mye av forspranget som høy-status plantene hadde med hensyn til næringsinnhold i form av karbon og nitrogen. Selv om det ikke kunne påvises med statistisk signifikans tyder det på at plantene med lav næringsstatus hadde lavere rotvekter enn planter med høy næringsstatus etter endt vekstsesong, og at de dermed hadde en noe svakere rotvekst. Videre undersøkelser i samme forsøksfelt bør være av interesse for å kunne følge opp den videre utviklingen for de ulike behandlingene.

Litteraturliste

- Bang, P. & Dahlstrøm, P. (1972). Dyrespor. Sportegn efter pattedyr og fugle. . I. København: G-E-C Gads Forlag, .
- Bergquist, J. & Örlander, G. (1998). Browsing damage by roe deer on Norway spruce seedlings planted on clearcuts of different ages: 1. Effect of slash removal, vegetation development, and roe deer density. *Forest Ecology and management*, 105 (1): 283-293.
- Bergström, R. & Bergqvist, G. (1997). Frequencies and patterns of browsing by large herbivores on conifer seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12 (3): 288-294.
- Bigras, F. J. & Daoust, A. L. (1992). HARDENING AND DEHARDENING OF SHOOTS AND ROOTS OF CONTAINERIZED BLACK SPRUCE AND WHITE SPRUCE SEEDLINGS UNDER SHORT AND LONG DAYS. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 22 (3): 388-396.
- Christiansen, E. (1975). Field rodent damage in Norway. *Ecological Bulletins*: 37-45.
- Day, K. R. & Leather, S. R. (1997). Threats to forestry by insect pests in Europe. *Forests and insects*: 177-205.
- Floistad, I. S. & Granhus, A. (2010). Bud break and spring frost hardiness in *Picea abies* seedlings in response to photoperiod and temperature treatments. *Canadian Journal of Forest Research*, 40 (5): 968.
- Fløistad, I. S. (2002). Effects of Excessive Nutrient Supply and Short Day Treatment on Autumn Frost Hardiness and Time of Bud Break in *Picea abies* Seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17 (4): 295-303.
- Forskrift om berekraftig skogbruk. FOR-2006-06-07-593: Forskrift om berekraftig skogbruk. Fylkesmannen i Hedmark. (2012).
- Heiskanen, J. & Viiri, H. (2005). Effects of mounding on damage by the European pine weevil in planted Norway spruce seedlings. *Northern Journal of Applied Forestry*, 22 (3): 154-161.
- 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.
- Heiskanen, J., Lahti, M., Luoranen, J. & Rikala, R. (2009). Nutrient Loading Has a Transitory Effect on the Nitrogen Status and Growth of Outplanted Norway Spruce Seedlings. *Silva Fennica*, 43 (2): 249-260.
- 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).
- Helmisaari, H.-S., Derome, J., Nöjd, P. & Kukkola, M. (2007). Fine root biomass in relation to site and stand characteristics in Norway spruce and Scots pine stands. *Tree Physiology*, 27 (10): 1493-1504.
- Hille, M. & Den Ouden, J. (2004). Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *European Journal of Forest Research*, 123 (3): 213-218.
- Johansson, K., Langvall, O. & Bergh, J. (2012). Optimization of Environmental Factors Affecting Initial Growth of Norway Spruce Seedlings. *Silva Fennica*, 46 (1): 27-38.
- Karlsson, C. & Örlander, G. (2000). Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed tree stands of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15 (2): 256-266.
- Kohmann, K. & Johnsen, Ø. (2007). Effects of early long-night treatment on diameter and height growth, second flush and frost tolerance in two-year-old *Picea abies* container seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22 (5): 375-383.
- Kreutzweiser, D. P., Hazlett, P. W. & Gunn, J. M. (2008). Logging impacts on the biogeochemistry of boreal forest soils and nutrient export to aquatic systems: a review. *Environmental Reviews*, 16 (NA): 157-179.

- Langvall, O., Nilsson, U. & Örlander, G. (2001). Frost damage to planted Norway spruce seedlings — influence of site preparation and seedling type. *Forest Ecology and Management*, 141 (3): 223-235.
- Lumme, I. (1994). Nitrogen uptake of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) seedlings from simulated wet deposition. *Forest Ecology and Management*, 63 (2): 87-96.
- 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.
- Långström, B. & Day, K. (2007). Damage, control and management of weevil pests, especially *Hylobius abietis*. I: *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*, s. 415-444: Springer.
- Munson, A. D. & Bernier, P. Y. (1993). Comparing natural and planted black spruce seedlings. II. Nutrient uptake and efficiency of use. *Canadian Journal of Forest Research*, 23 (11): 2435-2442.
- Nilsson, U. & Örlander, G. (1999). Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. *Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden*, 29 (7): 1015-1026.
- Nilsson, U., Luoranen, J., Kolstrom, T., Örlander, G. & Puttonen, P. (2010). Reforestation with planting in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25 (4): 283-294.
- 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): 571-582.
- Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14 (4): 341-354.
- Rangen, S. A., Hawley, A. W. & Hudson, R. J. (1994). Relationship of snowshoe hare feeding preferences to nutrient and tannin content of four conifers. *Canadian Journal of Forest Research*, 24 (2): 240-245.
- Repo, T. (1992). Seasonal changes of frost hardiness in *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 22 (12): 1949-1957.
- Rikala, R., Heiskanen, J. & Lahti, M. (2004). Autumn fertilization in the nursery affects growth of *Picea abies* container seedlings after transplanting. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19 (5): 409-414.
- 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.
- Skogbrukslova. LOV-2005-05-27-31: Lov om skogbruk (skogbrukslova).
- Solbreck, C. & Gyldberg, B. (1979). Temporal flight pattern of the large pine weevil, *Hylobius abietis* L.(Coleoptera, Curculionidae), with special reference to the influence of weather. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 88 (1-5): 532-536.
- StAAF, H. & Olsson, B. A. (1994). Effects of slash removal and stump harvesting on soil water chemistry in a clearcutting in SW Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9 (1-4): 305-310.
- Talgø, V. & Fløistad, I. (2015). *Skader i juletreffelt - biotiske og abiotiske årsaker.*, b. 10, nr. 5. Ås.
- Thorsen, Å. A., Mattsson, S. & Weslien, J. (2001). Influence of Stem Diameter on the Survival and Growth of Containerized Norway Spruce Seedlings Attacked by Pine Weevils (*Hylobius spp.*). *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16 (1): 54-66.
- Von Sydow, F. (1997). Abundance of pine weevils (*Hylobius abietis*) and damage to conifer seedlings in relation to silvicultural practices. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12 (2): 157-167.
- Wallertz, K., Holt Hanssen, K., Hjelm, K. & Sundheim Fløistad, I. (2016). Effects of planting time on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage to Norway spruce seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31 (3): 262-270.

Örlander, G., Gemmel, P. & Hunt, J. (1990). *Site preparation: a Swedish overview*: BC Ministry of Forests.

Örlander, G., Nordlander, G., Wallertz, K. & Nordenhem, H. (2000). Feeding in the crowns of Scots pine trees by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15 (2): 194-201.

Kilder fra web-sider

NIBIO - Landbruksmeteorologisk tjeneste. Tilgjengelig fra:

[http://lmt.bioforsk.no/agrometbase/showweatherdata.php?weatherstation=40&elementMeasurementTypes\[\]=4&elementMeasurementTypes\[\]=2&loginterval=3&valuetype=value_controlled&date_start=2015-05-20&date_end=2015-10-20&format=html&separator=comma&adjustForDST=true](http://lmt.bioforsk.no/agrometbase/showweatherdata.php?weatherstation=40&elementMeasurementTypes[]=4&elementMeasurementTypes[]=2&loginterval=3&valuetype=value_controlled&date_start=2015-05-20&date_end=2015-10-20&format=html&separator=comma&adjustForDST=true).

Skogkultur. (2016). Tilgjengelig fra: <https://www.slf.dep.no/no/statistikk/skogbruk/skogkultur>.

Øvergård, S. T. (2014). *Standard for markberedning*. Tilgjengelig fra: <http://www.glommen-skog.no/wp-content/uploads/Standard-kortversjon-2014.pdf>.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway