



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2019 30 stp

Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning, MINA

Stresstoleranse hos granplanter (*Picea abies*) ved transport og etter utplanting

Stress tolerance in Norway spruce (*Picea abies*)
seedlings during transport and after planting

Håkon Husdal

Skogfag

Forord

Med denne masteroppgaven er jeg ferdig med fem år på Norges miljø- og biovitenskaplige universitet. Det føles som jeg regner med det skal føles, både vemodig og godt. Jeg gikk først en bachelor i økologi- og naturforvaltning før jeg gikk mastergraden i skogfag. Jeg fikk skrive om et tema som jeg interesserer meg for og som jeg mener har en viktig rolle i det grønne skiftet. Jeg vil takke Norsk institutt for bioøkonomi for at jeg fikk muligheten til å være med på dette prosjektet og skrive oppgave med dere. Takk til Viken Skog ved Geir Jacobsen for hjelp til å finne plantefelt og en stor takk til NordGen for økonomisk støtte til dette prosjektet. Takk til planteskolene som var med på forsøket, uten dere hadde ikke denne oppgaven vært mulig. Jeg vil også rette en takk til Chris Roelofsen og Natalie Verhoef ved NSure BV for hjelp og oppfølging ved målingene av genaktivitet.

Takk til mine veiledere professor Line Nybakken og forsker Inger Sundheim Fløistad for hjelp med oppgave og god oppfølging hele veien. Jeg vil takke foreldre og søsken for støtte og gode ord hele året. Jeg vil takke min samboer for støtten, alle rådene og de gode diskusjonene om oppgaven. Til slutt vil jeg takke mine venner, foreningslivet og alle studentene med Ås-ånden som har gjort livet mitt fantastisk de siste fem årene. Men det er en tid for alt, og nå gleder jeg meg til arbeidslivet, hus, hund og familie. Som x-hankattene så fint synger «nå er det bare minner», og da passer det med diktet «Minner» av Hans Børli:

*Et sted i skyggen
bakom alle solefall i ditt liv
sitter minnene
og blåser på sine skjøre hender av spindelvev
og blar valent i bunken
av ubetalte dager.*

Ås, 10. mai 2019

Håkon Husdal

Sammendrag

I kommersielt skogbruk er det planting som setter grunnlaget for resten av omløpet. Dette er sannsynligvis den viktigste beslutningen relatert til etablering. I Norge ble det i 2018 solgt 39,2 millioner granplanter fra norske planteskoler. Planteetablering og vekst etter planting er avgjørende for om planting blir vellykket, og bestemmes av plantenes vekstpotensial og i hvilken grad miljøbetingelsene tillater denne veksten. Dermed er det viktig å bruke godt plantemateriale med riktig alder, proveniens, kortdagsbehandling og plantetidspunkt. Hovedmålet med denne oppgaven var å teste prestasjonen til ulike plantepartier for å si noe om plantekvaliteten og anbefalinger ved vår- og høstplanting.

Denne oppgaven består av et hardighetsforsøk og et planteforsøk. I hardighetsforsøket ønsket jeg å teste hva som påvirker hvor robust et planteparti er ved høstplanting. Ved å teste i hvilken grad forskjellige planteparti ville bli skadet ved en tidlig frostnatt eller en varm og stressende utplanting. Det ble gjennomført en frysetest og fire varmebehandlinger ved to forskjellige tidspunkt for å undersøke forskjeller ved proveniens, kortdagsbehandling og plantetidspunkt. Jeg fant at varmetoleransen øker med en høyereliggende proveniens. Kortdagsbehandling ga signifikant mindre skade etter frysetesten og varmebehandlingene. Analyser av genaktiviteten viste at høyereliggende provenienser, kortdagsbehandling og et senere plantetidspunkt ga høyere frosttoleranse.

I planteforsøket testet jeg forskjellen mellom ettårige og toårige granplanter fra to forskjellige planteskoler. Jeg fant at plantene fra en av planteskolene var større ved utplanting, og beholdt forspranget gjennom hele vekstsesongen. Det ble ikke funnet noe signifikant forskjell i avgang av planter i første vekstsesong mellom ettårige og toårige granplanter. De ettårige granplantene hadde større total høydetilvekst og relativ høydetilvekst enn de toårige plantene fra samme planteskole. Dette er gode nyheter for planteskoler som kan øke produksjonen og senke prisen per plante ved en økning av ettårige granplanter i forhold til toårige. Det var signifikant større avgang i markberedningsflekker enn i vanlig humus. Det skyldes nok den spesielt varme sommeren 2018, men kan være tegn på at man bør unngå markberedning i tørre områder om det er fare for ekstrem tørke i første vekstsesong.

Abstract

In commercial forestry, planting sets the foundation for the rest of the circulation. This is probably the most important decisions related to establishment. In 2018, 39,2 million Norway spruce seedlings were sold from Norwegian nurseries. Seedling establishment and growth after planting are crucial to determine if the planting is successful. This depends on the growth potential of the seedlings and to what extent environmental conditions permit this growth. Thus, it is important to use good seedling material with the right age, provenance, short-day treatment and planting time. The main objective of this thesis was to test the performance of various seedling batches to come to some conclusions about the seedling quality and recommendations for spring and autumn planting.

This thesis consists of a hardiness experiment and a plant experiment. In the hardiness experiment, I wanted to test what affects how robust a seedling batch is in autumn planting. By testing to what extent different seedling batches would be damaged by an early frost night or a warm and stressful planting. A freezing test and four heat treatments were carried out at two different dates to investigate differences in provenance, short-day treatment and planting date. I found that a higher-lying provenance increases the heat tolerance of the seedling batch. Short-day treatment gave significantly less damage after the freeze test and heat treatments. Analyzes of gene activity also showed that higher provenances, short-day treatment and a later planting time gave higher frost tolerance.

In the plant experiment, I tested the difference between one-year-old and two-year-old Norway spruce seedlings from two different nurseries. I found that the seedlings from one of the nurseries were larger at planting and kept the lead throughout the growing season. No significant difference was found in the mortality of seedlings in the first growing season between the one-year-old and two-year-old seedlings. The one-year-old seedlings had greater overall height growth and relative height growth than the two-year-old seedlings from the same nursery. This is good news for nurseries that can increase production and lower the price per seedling by an increase of one-year-old compared to two-year-old seedlings. There was a significantly greater mortality in scarification planting spots than in regular planting spots. This is probably due to the particularly hot summer in 2018 but may indicate that soil scarification should be avoided in dry areas if there is a risk of extreme drought in the first growing season.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	III
Abstract	V
Innholdsfortegnelse	VII
1. Innledning.....	1
2. Materiale og metode	5
2.1. Herdighetsforsøk	6
Plantemateriale	6
Genaktivitet	9
2.2. Planteforsøk.....	10
Plantemateriale	10
Studieområdet.....	10
Næringsanalyse	12
Dyrkingstest.....	13
Statistikk.....	14
3. Resultater.....	15
3.1. Herdighetsforsøk	15
Frysetest.....	15
Varmebehandling	19
Genaktivitet	21
3.2 Planteforsøk.....	22
Dyrkingstest.....	22
Rotvekst i felt	23
Diameter- og høydetilvekst	24
Relativ diameter- og høydetilvekst.....	25
Avgang	26
4. Diskusjon.....	27
4.1. Herdighetsforsøk	27
4.2.Planteforsøk.....	29
5. Konklusjon	31
6. Litteraturliste	32

1. Innledning

I kommersielt skogbruk er det planting som setter grunnlaget for resten av omløpet. Dette er sannsynligvis den viktigste beslutningen relatert til etablering (Nilsson *et al.*, 2010). Planteetablering og vekst etter planting er avgjørende for om plantingen blir vellykket, og bestemmes av plantenes vekstpotensial og til hvilken grad miljøbetingelsene tillater denne veksten (Grossnickle, 2000). I løpet av de første stadiene i et omløp gjennomføres det en rekke tiltak i skogbruket og ved planteskolene for å sikre en god etablering i felt (Gladstone & Ledig, 1990). Dette er prosesser som å velge riktig treslag og proveniens, planteskolenes praksis for å vedlikeholde plantekvalitet, sikre god plantebehandling i felt og gjøre eventuelle endringer i det fysiske plantefeltet som f.eks. markberedning (Grossnickle & MacDonald, 2017). Det er mange forskjellige faktorer som påvirker hvordan et planteparti vil etablere seg i felt. For at planteskoler skal kunne levere god kvalitet trengs det kunnskap om hvordan planter reagerer på forskjellige miljøbelastninger (Wallin, 2018). Dermed er det viktig å vite hvordan forskjellig proveniens, alder, næringsinnhold og kortdagsbehandling påvirker plantepartiets etablering og vekst.

I Norge er skogeier pålagt å sørge for tilfredsstillende foryngelse etter hogst innen tre år (Lovdata, 2015). Statistikk over plantinger som er utført med hjelp av skogfondsmidler, eller som har fått statstilskudd, viser at det ble plantet 38,3 millioner granplanter (*Picea abies*) i Norge i 2018 (Landbruksdirektoratet, 2019b). Ifølge Landbruksdirektoratet (2019b) var dette en økning på 5% fra 2017 hvor det ble plantet 36,4 millioner planter. Av totalt 39,2 millioner granplanter som ble solgt fra planteskoler i Norge i 2018 var 28,6 millioner toårige-granplanter og 10,6 millioner ettårige-granplanter (Skogfrøverket, 2019). Landbruks- og Matdepartementet (2017, 2019b) presenterte en ny strategi hvor de oppfordrer og ønsker å legge til rette for å øke avvirkningen i Norge. Økes avvirkningen må man også øke mengden planting og skogkultur, noe som igjen kan bidra til å øke sysselsetting og omsetning i skogbrukssektoren. Skal det plantes mer vil dette øke presset på de skogplanteskolene vi har her i landet og det kan bli vanskelig å tilpasse produksjonen etter etterspørselen. Om planteskolene da kunne produsert flere ettårige granplanter ville de mest sannsynlig vite mer om etterspørselen i markedet påfølgende sesong. Det vil da teoretisk være lettere å treffe på etterspørselen og det vil potensielt bli mindre svinn og dermed billigere både for planteskolene og skogeier. Med en lavere andel av toårige enn ettårige granplanter vil man også potensielt kunne produsere flere planter hver sesong (Johansson *et al.*, 2014).

Planter som vokser godt er utgangspunktet for en vellykket etablering (Cleary *et al.*, 1978; Grossnickle, 2000), og det er en positiv sammenheng mellom plantestørrelse og etterfølgende vekst (Grossnickle, 2005b; Grossnickle, 2012). Johansson *et al.* (2006) fant derimot i sine studier at mindre og yngre planter kan vokse bedre enn eldre og større planter om de er plantet i et forhåndstilpasset felt.

På en annen side er mindre og yngre granplanter mindre robuste for forholdene på planteplassen og stresset ved planteprosessen (Johansson *et al.*, 2006; Johansson *et al.*, 2014). De største problemene med planting av vanlig gran og furu (*Pinus sylvestris*) i Nord Europa er skader fra snutebiller (*Hylobius abietis*), dyr, frost og konkurrerende vegetasjon (Nilsson *et al.*, 2010). En rask tilvekst er viktig for å minimere perioden hvor granplanter er mest utsatt for stress (Johansson *et al.*, 2012). Lenge har skogselskaper og private skogeiere i Nord Europa prøvd å øke kostnadseffektiviteten ved foryngelsen for å forbedre overlevelse og vekst hos plantene (Nilsson *et al.*, 2010). Thorsen *et al.* (2001) konstaterte at en tykk rothalsdiameter er viktig for overlevelse, og fant i sine studier at en rothalsdiameter på 8 millimeter kombinert med markberedning ville gi over 80% overlevelse i områder med mye snutebiller. Markberedning er kjent for å øke veksten til planter (Brand, 1990; Johansson *et al.*, 2006; Nilsson & Allen, 2003) og Johansson *et al.* (2006) fant at det har størst effekt på mindre og mer sårbare planter.

Hensikten med kortdagsbehandling er å stoppe høydeveksten ved å trigge knoppsetting og fremskynde innvintringsprosessen, frysetoleransen og tørketoleransen hos planepartier (Fløistad & Granhus, 2010; Grossnickle, 2000). I nordiske planteskoler er kortdagsbehandling standardrutine for produksjon til høstplanting eller for å forberede plantene på fryselagring over vinteren (Fløistad & Granhus, 2010; Wallin *et al.*, 2017). Etter knoppsetting øker innvintringen og frosttoleransen øker noe (Burr, 1990), og Fløistad (2002) fant at kortdagsbehandling ga en signifikant reduksjon av frostskader. På en annen side kan tidlig eller kortvarig kortdagsbehandling forårsake høstskudd (Fløistad & Granhus, 2013; Wallin *et al.*, 2017). Høstskudd øker igjen sjansen for frostskader og soppinfeksjoner (Petäistö, 2006).

Sen høstplanting fører til en kortere periode med rotvekst etter planting og fører til at plantepartiet får en redusert evne til å komme seg etter skade av for eksempel snutebiller (Wallertz *et al.*, 2006). Påfølgende vår vil planteparti som har hatt dårlig eller ingen rotvekst på høsten starte rotvekst senere enn tidligere plantede planteparti, som igjen vil redusere skuddveksten senere år (Luoranen, 2018). Frosthevning er en risiko for planter med dårlig rotfeste, og dyp planting er derfor viktig ved høstplanting. På grunn av disse faktorene er det økt risiko for skade ved sen høstplanting (Luoranen *et al.*, 2018). Om det er tilstrekkelig stor avgang er det nødvendig å supplere inn planter for å erstatte avgangen. I 2019 kan skogeier søke om 50% tilskudd til suppleringsplanting (Landbruksdirektoratet, 2019a). Det er gode ordninger for suppleringsplanting i Norge, men man skulle jo helst sett at behovet ikke var der. Dermed er det viktig å høstplante tidlig nok og da er det viktig å vite når et planteparti er robust nok for utplanting.

I nordiske land blir de fleste plantene plantet innenfor en måneds tidsrom i mai og tidlig juni (Luoranen *et al.*, 2018). Denne korte perioden er travel for både planteskoler og skogeiere, samtidig som antallet skogsarbeidere synker (Luoranen, 2018). Mangelen på arbeidskraft i skogen gjør det mer nødvendig å utvide tidshorisonten for planting (Luoranen *et al.*, 2018). Det er dermed et behov og et

marked for å utvide plantesesongen til mer sommer- og høstplanting. Planter man til riktig tid unngår man problematikk ved frostskaider og høstskudd, men et annet problem med både sommer- og høstplanting i Norden kan være tørke.

Helenius *et al.* (2002) fant at tørke etter sommerplanting ikke ville føre til vesentlig dødelighet om man vannet pluggene rett før utplanting. Men planter er også ofte utsatt for tørke tett før utplanting, under manuell flytting, transport og lagring i felt, spesielt når planteskolene leverer i åpne beholdere (Helenius *et al.*, 2005). De fant at om vanninnholdet i pluggen er <15-20% får det stor innvirkning på overlevelse, rotvekst og høydevekst, og blir vanninnholdet <7% er det dødelig. Vanninnholdet bør være >20%, men dette kan selvfølgelig variere med vær-, jord- og temperaturforskjeller (Helenius *et al.*, 2005). Dette gjør transporten og praksisen ved plantebehandlingen til en svært viktig del av etableringen.

Hovedformålet i denne oppgaven var å undersøke forskjellige materielle- og prestasjonsegenskaper hos granplanter med hensyn til alder, proveniens, kortdagsbehandling og plantetidspunkt. Oppgaven er basert på to eksperimenter: et hardighetsforsøk og et planteforsøk som begge tar for seg plantekvalitet. I hardighetsforsøket ønsket jeg å teste hvor hardig tre forskjellige provenienser dyrket fram ved samme planteskole var. For hver proveniens ble det brukt et kortdagsbehandlet planteparti og et som ikke var kortdagsbehandlet. Forsøket ble gjennomført ved to tidspunkter for å undersøke effekten av senere utplanting. I planteforsøket ønsket jeg å teste forskjeller mellom ettårige og toårige granplanter. De totalt fire plantepartiene er fra to forskjellige planteskoler hvor det ble brukt ettåringer og toåringer fra begge planteskolene. Dette ga grunnlaget for å sammenligne mellom alder og ulik dyrkningsbakgrunn. Basert på disse eksperimentene ønsker jeg å svare på følgende problemstillinger:

1. Hva påvirker frosttoleranse og plantestress ved høstplanting, og er det mulig å finne en indikator som viser når granplanter er robuste nok til å tåle pakking, transport ut i felt og en frostnatt?

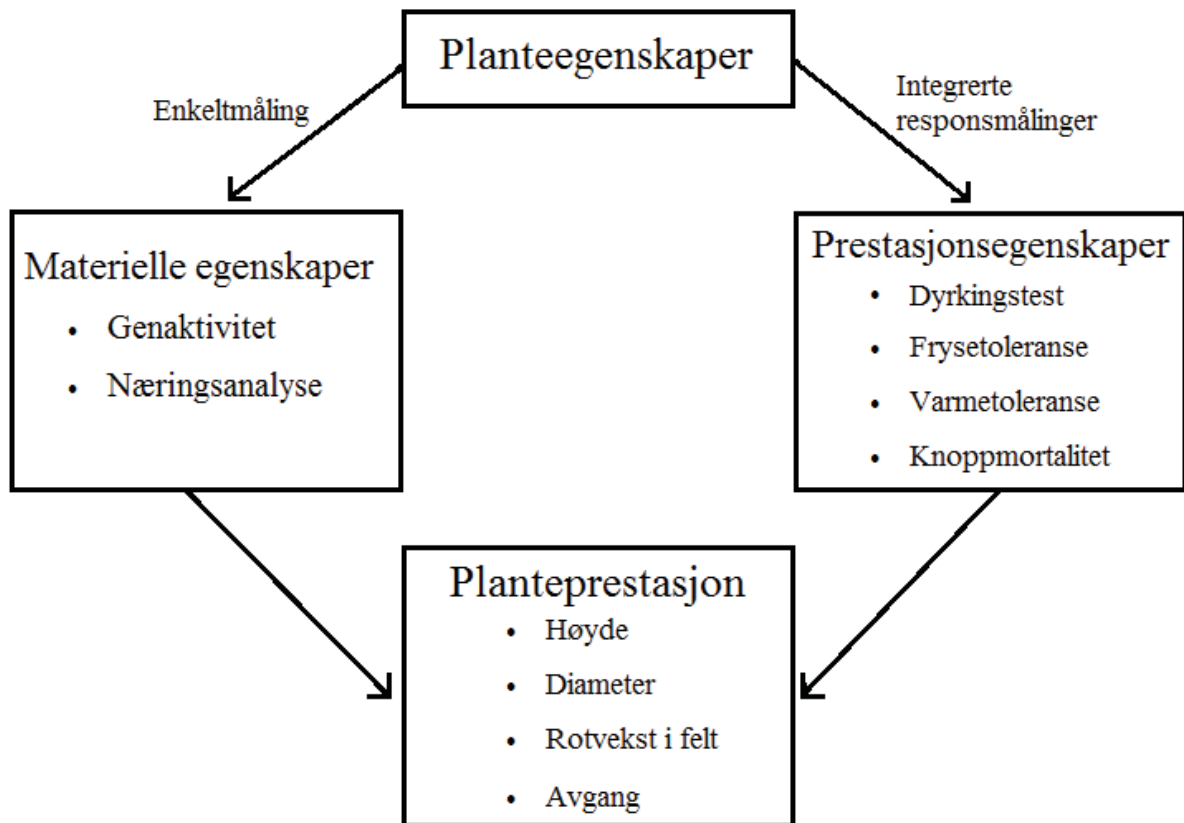
Hypotese: Plantepartiet vil ha høyere frosttoleranse og varmetoleranse om det er kortdagsbehandlet og fra en høyereliggende proveniens. Frosttoleransen og varmetoleransen vil øke utover høsten. Det er mulig å gjøre målinger på når granplanter er robuste nok til å tåle pakking og transport ut til felt.

2. Hvilke forskjeller er det på vekst og overlevelse mellom ettårige og toårige granplanter?

Hypotese: Ettårige granplanter har større avgang og høyere relativvekst enn toåringer.

2. Materialer og metode

For å teste kvaliteten til plantepartiene ble det gjort en rekke tester og målinger av egenskaper, oppsummert i figur 1.



Figur 1. En modell over forholdet mellom materielle egenskaper og prestasjonsegenskaper hos planter. I denne modellen har jeg listet opp hvilke egenskaper og resultater jeg har vurdert i denne oppgaven. (Tilpasset fra Folk og Grossnickle (1996) og Grossnickle (2000))

2.1. Herdighetsforsøk

Plantemateriale

I herdighetsforsøket brukte jeg seks forskjellige plantepartier og tre forskjellige planteprovenienser (tabell 1). Alle plantene var 2-årige M95-planter som ble sådd sommer/høst 2016. Plantene er fra Skogplanter Østnorge AS som holder til på Biri planteskole (Gjøvik kommune, Oppland). For hver planteproveniens ble det brukt et parti som ikke var kortdagsbehandlet og et som var kortdagsbehandlet for å sammenligne med hverandre (tabell 1).

Tabell 1. Plantepartiene brukt i herdighetsforsøket.

Planteparti	Proveniens	Kortdagsbehandling	Høydelag i moh.	Merit Forest	Sprøytet mot ugress
1	Sanderud	Ingen	150 – 349	ja	Nei
2	Sanderud	23.07. - 07.08 & 10.08.-19.08.	150 – 349	ja	Nei
3	Drogseth	Ingen	250 – 649	ja	Nei
4	Drogseth	23.07. - 07.08 & 10.08.-19.08.	250 – 649	ja	Nei
5	Kaupanger frostherdig	Ingen	550 – 849	ja	Ja
6	Kaupanger frostherdig	31.07.- 13.08.	550 – 849	ja	Ja

Det var seks forskjellige plantepartier som alle gikk igjennom seks forskjellige behandlinger.

Behandlingene var følgende:

- A. Kontrollplanter, direkte innpotting i veksthus
- B. Frysetest, frostnatt på -5 °C
- C. Varmekammer på 45 °C i 12 timer
- D. Varmekammer på 50 °C i 12 timer
- E. Varmekammer på 45 °C i 20 timer
- F. Varmekammer på 50 °C i 20 timer

For hver behandling ble det brukt en bunt med 50 planter fra hvert planteparti. Det ble et totalt planteantall på 6 planteparti x 6 behandlinger x 50 planter (1 bunt) = 1800 planter. Forsøket ble gjennomført to ganger for å se om plantene var mer robuste etter en uke til på planteskolen, dermed ble det totale planteantallet for hele forsøket på 1800 planter x 2 omganger = 3600 planter.

Behandlingene ble utført på SKP (Senter for klimaregulert planteforskning, Ås kommune, Akershus), i

ett frysekammer og to varmekamre. Frysekammeret ble programmert til å simulere en frostnatt. Frysekammeret startet på 0 °C og gikk ned -0,5 °C i timen til -5 °C. Det holdt så -5 °C i to timer før temperaturen steg med 0,5 °C til kammeret var på 0 °C igjen. Denne prosessen tok til sammen 22 timer (tabell 2 og 3). Varmebehandlingene var ment å simulere stress ved transport, utplanting og mellomlagring i en varm henger, ved forskjellig temperatur og over tid. Varmekamrene holdt 45 °C og 50 °C hele tiden og det ble lagt inn to plantesett i begge varmekamrene den 22.08. og 30.08. Etter 12 timer ble det tatt ut ett plantesett fra varmekammeret som holdt 45 °C og ett plantesett fra varmekammeret som holdt 50 °C. Da 20 timer hadde gått ble det igjen tatt ut ett plantesett fra hvert av varmekamrene.

Tabell 2. Behandling ved SKP første omgang (22.08.-23.08.)

Behandling	Inn i kamrene 22.08.18.	Ut av kamrene 23.08.18.	Timer behandlet
Kontrollplanter			0
Simulering av frostnatt	20:30	18:30	22
Varmekammer, 45 °C i 12 timer	20:10	08:10	12
Varmekammer, 50 °C i 12 timer	20:10	08:10	12
Varmekammer, 45 °C i 20 timer	20:10	16:10	20
Varmekammer, 50 °C i 20 timer	20:10	16:10	20

Tabell 3. Behandling ved SKP andre omgang (30.08.-31.08.)

Behandling	Inn i kamrene 30.08.18.	Ut av kamrene 31.08.18.	Timer behandlet
Kontrollplanter			0
Simulering av frostnatt	18:00	16:00	22
Varmekammer, 45 °C i 12 timer	18:05	06:05	12
Varmekammer, 50 °C i 12 timer	18:05	06:05	12
Varmekammer, 45 °C i 20 timer	18:05	14:05	20
Varmekammer, 50 °C i 20 timer	18:05	14:05	20

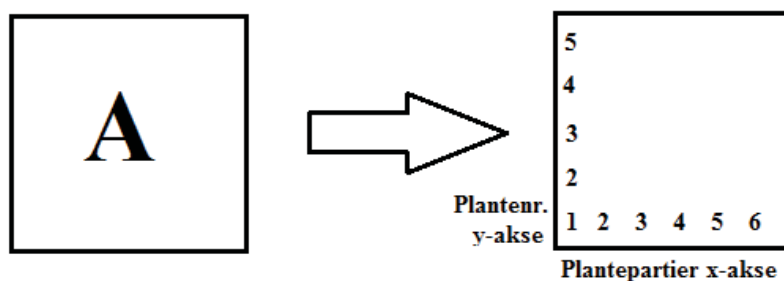
Plantene ble satt tilbake i plantebrett på Hoxmark, forsøksgård ved NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi) i Ås kommune. Kontrollplantene ble satt i brett like etter de ankom Ås den 22.08. og 30.08. uten noe behandling. Alle plantesettene ble satt rett tilbake i brett etter behandlingene. Plantene sto så i veksthuset på Hoxmark i ca. tre uker og ble vannet med rent vann, til 12.09. og 19.09. da registreringene ble gjennomført. Plantene ble gradert i skadeklasser fra 0-11 hvor 0 var ikke skadet, 1 var 1-10% skadet og oppover til 10 som var 91-99% skadet og til slutt 11 som var 100% skadet, altså død (Fløistad, 2002).

Omgang 2. Dato 30.08.-31.08.

Gjentak 1		Gjentak 2		Gjentak 3		Gjentak 4	
D	C	A	F	D	F	C	B
A	F	E	C	A	B	D	F
E	B	D	B	E	C	E	A

Omgang 1. Dato 22.08.-23.08.

Gjentak 1		Gjentak 2		Gjentak 3		Gjentak 4	
A	B	E	F	B	D	F	A
D	C	A	B	E	C	D	B
F	E	D	C	A	F	E	C



Figur 2. Herdighetsforsøket. Bokstavene står for de forskjellige behandlingene og figuren nederst forklarer planteantall og planteparti for hver behandling.

Plantepartiene ble plassert i tilfeldig rekkefølge innenfor hver behandling. De forskjellige behandlingene ble satt ut på bord i tilfeldig rekkefølge, men ikke slik at to av samme type sto ved siden av hverandre. Da plantene ble satt ut ble alle buntene åpnet og av 50 planter ble 20 planter med gjennomsnittlig utseende plukket ut og satt i brett. I begge omgangene forsøket ble gjort var det fire gjentak. I hvert gjentak ble det satt ut ett brett for hver behandling, hvor det igjen ble satt ut fem planter av hvert planteparti (figur 2).

Genaktivitet

For å teste om plantene var ferdig innvintret og klare for transporten til høstplanting, ble det tatt en NSure-test (NSure, University of Wageningen, Nederland) på 15 planter av hvert planteparti for å måle genaktiviteten. Genaktiviteten ble målt i genene (Ind3) som styrte forsttoleranse hos plantene (pers. med. Roelofsen, C, den 11.11.18). Genene ble målt med ddCt, som er en måte å bestemme relativ genaktivitet ved en gitt tid (Zhang *et al.*, 2018). Et ekstrakt fra skuddene på plantene ble dryppet på ferdig preparerte kort fra NSure. Prøvene ble tatt ved hentedato 22.08. og 30.08., tørket og sendt til Nederland dagen etter.

2.2. Planteforsøk

Plantemateriale

Hensikten med dette forsøket var å sammenligne overlevelse, etablering og vekst mellom ettåring og toåring av samme proveniens og mellom planteskoler. Onsdag 11. april 2018 hentet jeg 250 planter av hvert planteparti, totalt 4 plantepartier x 250 planter = 1000 planter. Plantepartiene var fra to forskjellige planteskoler og to forskjellige provenienser som var beregnet for litt forskjellig høydelag (tabell 4).

Tabell 4. Plantematerialet planteforsøk.

Planteparti	Proveniens	Alder	Planteskole	Høydelag i moh.	Merit Forest	Fargekoder
1	Sanderud	Ettåring	A	150 – 349	ja	Rød
2	Sanderud	Toåring	A	150 – 349	ja	Blå
3	Kilen	Ettåring	B	0 – 249	ja	Grønn
4	Kilen	Toåring	B	0 – 249	ja	Gul

Studieområdet

Plantefeltet som ble benyttet i forsøket lå mellom Svartstad og Hvittingfoss nordvest i Lardal kommune i Vestfold, Norge (Koordinater i geografiske grader, 59,4527 ,10,0082). Området betegnes som boreal barskog og skogen rundt bærer preg av å være en barblandingsskog med lauvinnslag.



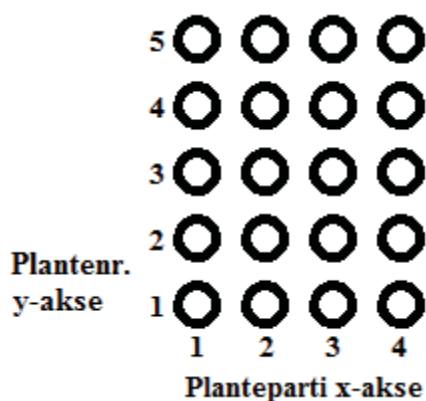
Figur 3. Feltplassering planteforsøk (Kartverket, 2019).

Vegetasjonstypen er blåbærskog med hovedsakelig gran i tresjiktet, også noe furu, bjørk (*Betula pubescens*) og osp (*Populus tremula*). Jordsmonnet var noe sandrik podsoljord som var markberedt for naturlig foryngelse av furu. Bestandet ligger 84 moh. og er tilnærmet helt flatt. Det ble hengt opp et viltkamera for å få informasjon om dyrelivet i forsøksfeltet. Sommeren 2018 var veldig varm og kan ha gjort utslag på etablering og vekst (tabell 5).

Tabell 5. Værrapport for Hof i Eikenes i Vestfold (Yr, 2019).

Måned	Gjennomsnittstemperatur	Maksimum	Minimum	Nedbør totalt i mm
Mai	14,7°	30,0°	0,1°	46,8
Juni	16,7°	31,2°	3,1°	40,6
Juli	19,9°	33,4°	4,3°	27,2
August	16,9°	28,6°	3,9°	55,8

Forsøksfeltet ble anlagt i et bestand som ble sluttavvirket i 2016 og markberedt i 2017. Bestandet som ble avvirket var på 19 dekar, hvor forsøksfeltet opptar 1,5 dekar sørvest i bestandet. Forsøksfeltet bestod av 18 gjentak, hvor det ble plantet fem planter av hvert planteparti i hvert gjentak (figur 4).



Figur 4. Prinsippskisse fra et av 18 gjentak i planteforsøket.

Plantepartiene ble tilfeldig plassert langs x-aksen i hvert av de 18 gjentakene. Plantene ble plantet og målt første gang 26.mai 2018. Målingene består av en høydemåling med meterstokk og rothalstykkelse målt med elektronisk skyvelære. I tillegg til de fysiske målingene ble planteplassing, plantehelelse, skader og mortalitet registrert. Plantene ble totalt målt fire ganger: 26.mai, 05.juli, 14.august og 25.september.

Næringsanalyse

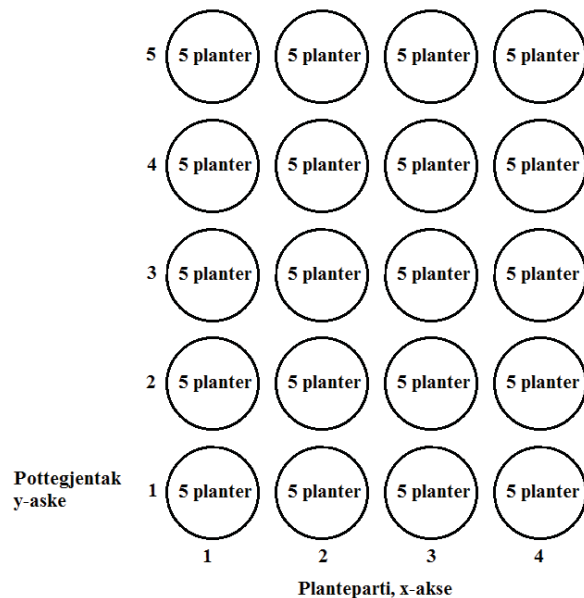
Det ble sendt 15 planter av hvert planteparti til næringsanalyse før utplanting (tabell 6). Analysene ble gjennomført av Eurofins Agro Testing Norway AS på oppdrag for NIBIO. Analysene av de forskjellige næringsstoffene ble gjort ved hjelp av elementanalyse, mikrobølgeekstraksjon og tørking.

Tabell 6. Næringsanalyse av de forskjellige plantepartiene sammenlignet med optimumsverdier fra Ingestad (1979). Verdiene som ligger utenfor optimumsverdiene er uthevet.

Planteparti	Sanderud ettårig	Sanderud toårig	Kilen ettårig	Kilen toårig	Optimum Ingestad (1979)	Enhet
Nitrogen (N)	2,3	2,3	1,9	2,2	2-2,9	Ma.-% TS
Fosfor (P)	0,33	0,29	0,26	0,25	0,1-1,3	Ma.-% TS
Kalium (K)	1,1	1,1	1,2	1,3	0,9-1,6	Ma.-% TS
Magnesium (Mg)	0,12	0,089	0,1	0,12	0,09-0,16	Ma.-% TS
Kalsium (Ca)	0,59	0,4	0,23	0,26	0,09-6	Ma.-% TS
Svovel (S)	0,12	0,12	0,1	0,14	0,13-0,18	Ma.-% TS
Kobber (Cu)	3,7	8,9	3,1	3,5	>2-3	mg/kg TS
Mangan (Mn)	370	180	170	230	>15-25	mg/kg TS
Zink (Zn)	50	43	43	28	>20	mg/kg TS
Bor (B)	22	24	32	28	20-25	mg/kg TS
Molybden (Mo)	10	1,2	1,6	2,4	-	mg/kg TS
Jern (Fe)	120	100	99	100	>50	mg/kg TS

Dyrkingstest

Før plantene ble plantet ut i felt ble det gjort en dyrkingstest for å undersøke rotvekstkapasiteten. Plantene ble pottet fem og fem i pottes med sand den 13. april 2018. I dyrkingstesten ble det brukt 25 planter av hvert planteparti (figur 5 og 6).



5. Dyrkingstesten, figur sett ovenfra.



Figur 6. Dyrkingstesten, bilde fra siden.

Plantene sto i pottes i tre uker til 4. mai 2018, da ble alle plantene tatt ut av pottene for å måles. Målingen foregikk slik at planten ble tatt opp og all gammel sand ble fjernet, så ble det målt rotlengde på de 5 lengste nye røttene.

I felt ble det plantet ut egne planter for å måle rotvekst gjennom vekstsesongen. Det ble plantet ut 15 planter av hvert planteparti, hvor fem av hvert planteparti ble tatt opp og målt den 05.07., 14.08. og 25.09. Målingene ble gjort på samme måte som i dyrkingstesten.

Statistikk

Figurer og statistiske analyser ble utført i R Studio versjon 1.1.419. Stolpediagrammene blir presentert med standardfeil som feilfelt. Standardfeil regnes ut ved å dele standardavviket på roten av antall observasjoner.

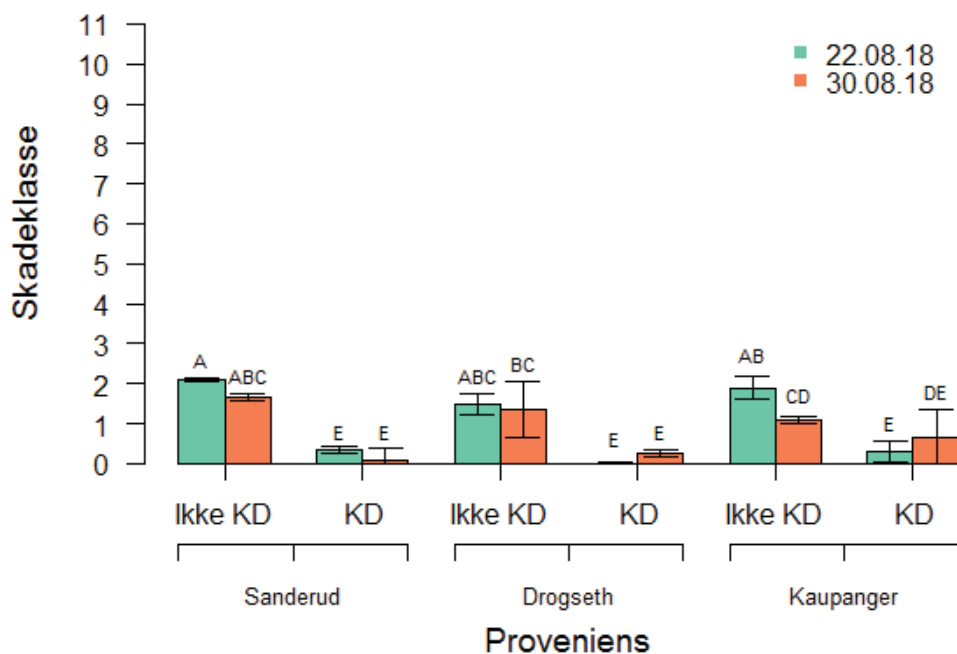
Modellene ble lagd gjennom generaliserte lineære modeller og lineær mixed model. For å finne ut om planteparti, alder eller kortdagsbehandling hadde en signifikant effekt ble det brukt en flerveis-ANOVA. For å fremstille forskjellene av ANOVA-analysen ble det brukt en TukeyHSD og en `cld(eemeans)`. Det statistiske signifikansnivået ble satt til å være 0,05. Det er satt forskjellige bokstaver på de verdiene som er signifikant forskjellige.

3. Resultater

3.1. Herdighetsforsøk

Frysetest

Simuleringen av en frostnatt viste generelt lite skade på alle plantepartiene, hvor høyeste gjennomsnittlige skadeklasse var 2,1 hos Sanderud ikke kortdagsbehandlet 22.08.18. (figur 7). Mellom proveniensene var det en signifikant forskjell i skadeomfanget etter en simulert frostnatt (figur 7, tabell 7). Det var Drogseth som hadde lavest skadeomfang av proveniensene. Det var et signifikant lavere skadeomfang for plantepartiene som var kortdagsbehandlet (heretter KD) enn for de som ikke var kortdagsbehandlet (heretter ikke-KD)(figur 7). Med en p-verdi på 0,052 hadde dato (tidspunktet testen ble utført på) ingen signifikant effekt, men viser en tendens til at plantene tåler mer senere på høsten (figur 7). Interaksjonen «proveniens x kortdagsbehandling» viser en signifikant forskjell i proveniensene mellom de KD eller ikke-KD-plantepartiene (tabell 7, figur 7). Interaksjonen viste at det her også var Drogseth som tålte mest innad de KD og ikke-KD plantepartiene.

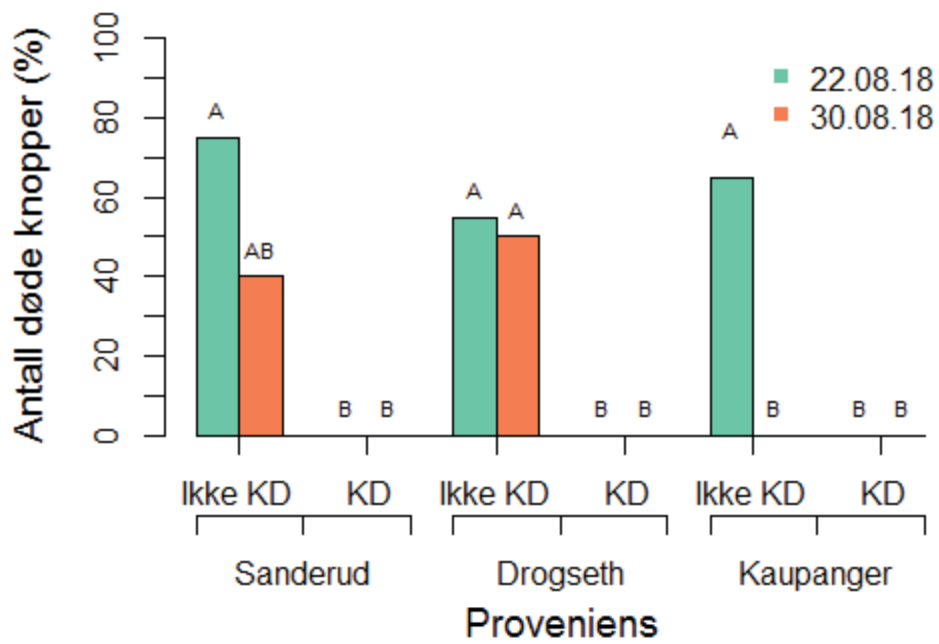


Figur 7. Simulert en frostnatt fra 0 °C ned til -5 °C og opp igjen. KD = Kortdagsbehandlet. Sanderud, Drogseth og Kaupanger er tre forskjellige proveniensers som frømaterialer til plantene kommer fra. De to forskjellige fargene er to forskjellige datoer hvor forsøket ble gjennomført med de samme plantepartiene.

Tabell 7. Sammenligning av chi-verdier og p-verdier mellom skadeklassene for hver behandling. Uthevet tekst er faktorer eller interaksjoner som har signifikant betydning for skaden. Verdier med * viser tendenser til at verdien nesten er signifikant.

Behandling	Frosthatt	45°C i 12t	45°C i 20t	50°C i 12t	50°C i 20t
Chi (P-verdi)	χ^2 (P)	χ^2 (P)	χ^2 (P)	χ^2 (P)	χ^2 (P)
Proveniens (PR)	7,74 (0,021)	0,00 (1,000)	23,74 (<0,001)	7,67 (0,022)	32,76 (<0,001)
Kortdagsbehandling (KD)	245,06 (<0,001)	77,51 (<0,001)	136,29 (<0,001)	508,25 (<0,001)	73,25 (<0,001)
Dato	3,77 (0,052) *	26,98 (<0,001)	23,12 (<0,001)	8,84 (0,003)	412,02 (<0,001)
PR x KD	9,13 (0,010)	20,17 (<0,001)	25,99 (<0,001)	69,38 (<0,001)	88,69 (<0,001)
PR x Dato	3,90 (0,142)	0,77 (0,679)	6,77 (0,034)	13,62 (0,001)	50,56 (<0,001)
KD x Dato	11,87 (<0,001)	6,08 (0,014)	4,81 (0,028)	1,02 (0,311)	23,86 (<0,001)
PR x KD x Dato	5,84 (0,054) *	6,95 (0,031)	15,53 (<0,001)	145,30 (<0,001)	19,91 (<0,001)

Etter simuleringen av en frostnatt var det signifikant færre døde knopper ($P < 0,001$) for de KD- enn de ikke-KD-plantepartiene (tabell 8, figur 8). Det var faktisk ingen knopper som døde blant de plantepartiene som var kortdagsbehandlet.



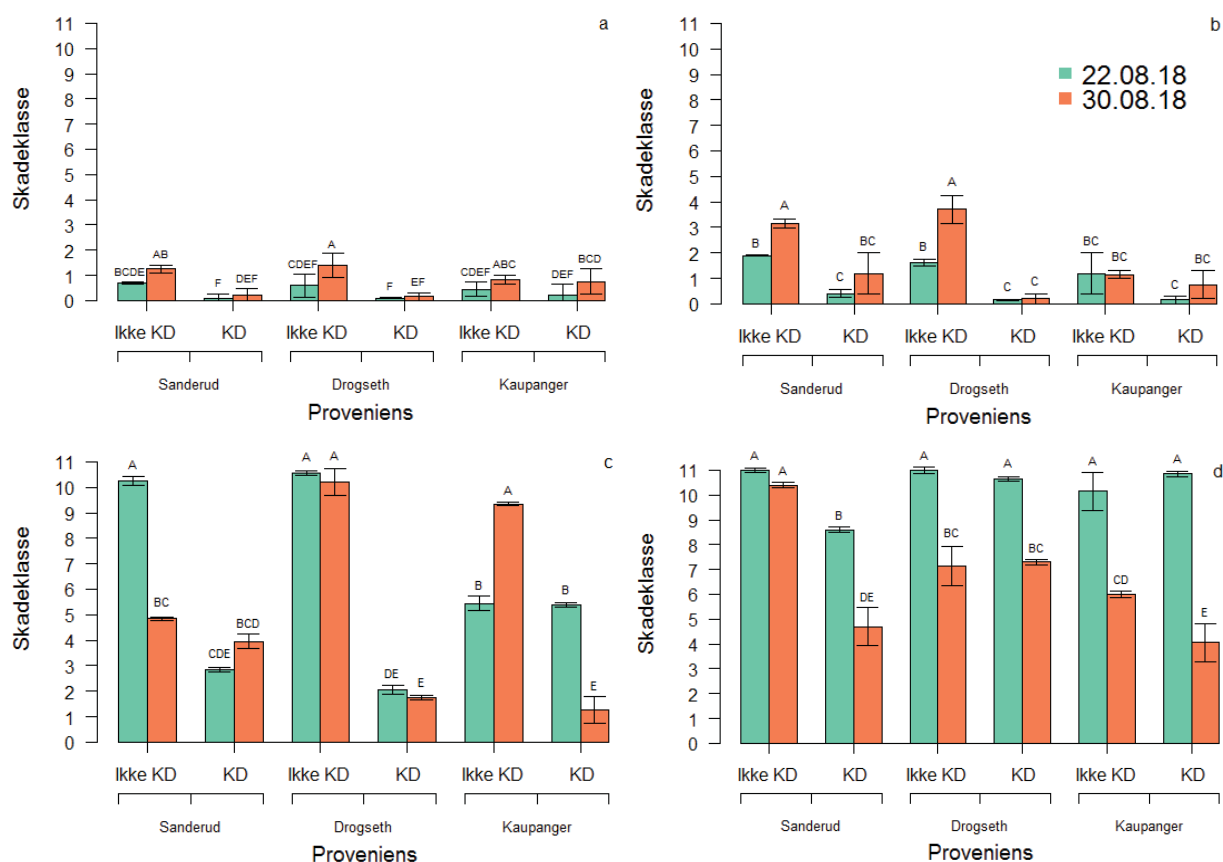
Figur 8. Antall døde knopper (%). Simulert en frostnatt fra 0 °C ned til -5 °C og opp igjen. KD = Kortdagsbehandlet. Sanderud, Drogseth og Kaupanger er tre forskjellige provenienser som frømaterialiet til plantene kommer fra. De to forskjellige fargene er to forskjellige datoer hvor forsøket ble gjennomført med de samme plantepartiene.

Tabell 8. Sammenligning av chi-verdier og p-verdier mellom antall døde knopper (%) for hver behandling. Uthevet tekst er faktorer eller interaksjoner som har signifikant betydning for skaden. Verdier med * viser tendenser til at verdien nesten er signifikant.

Behandling	Frosthatt	45°C i 12t	45°C i 20t	50°C i 12t	50°C i 20t
Chi (P-verdi)	χ^2 (P)	χ^2 (P)	χ^2 (P)	χ^2 (P)	χ^2 (P)
Proveniens (PR)	1,31 (0,52)	1,67 (0,435)	0,73 (0,695)	4,06 (0,131)	0,84 (0,658)
Kortdagsbehandling (KD)	20,98 (<0,001)	1,76 (0,184)	10,00 (0,002)	2,23 (0,135)	0,58 (0,45)
Dato	3,18 (0,075)	0,65 (0,421)	2,26 (0,261)	4,00 (0,045)	0,58 (0,45)
PR x KD	0,00 (1,000)	0,00 (1,000)	0,61 (0,738)	2,15 (0,342)	0,00 (1,000)
PR x Dato	2,78 (0,249)	0,07 (0,965)	0,30 (0,859)	2,72 (0,256)	0,00 (1,000)
KD x Dato	0,00 (1,000)	0,00 (1,000)	0,04 (0,849)	0,44 (0,506)	0,00 (1,000)
PR x KD x Dato	0,00 (1,000)	0,00 (1,000)	0,65 (0,723)	0,00 (1,000)	0,00 (1,000)

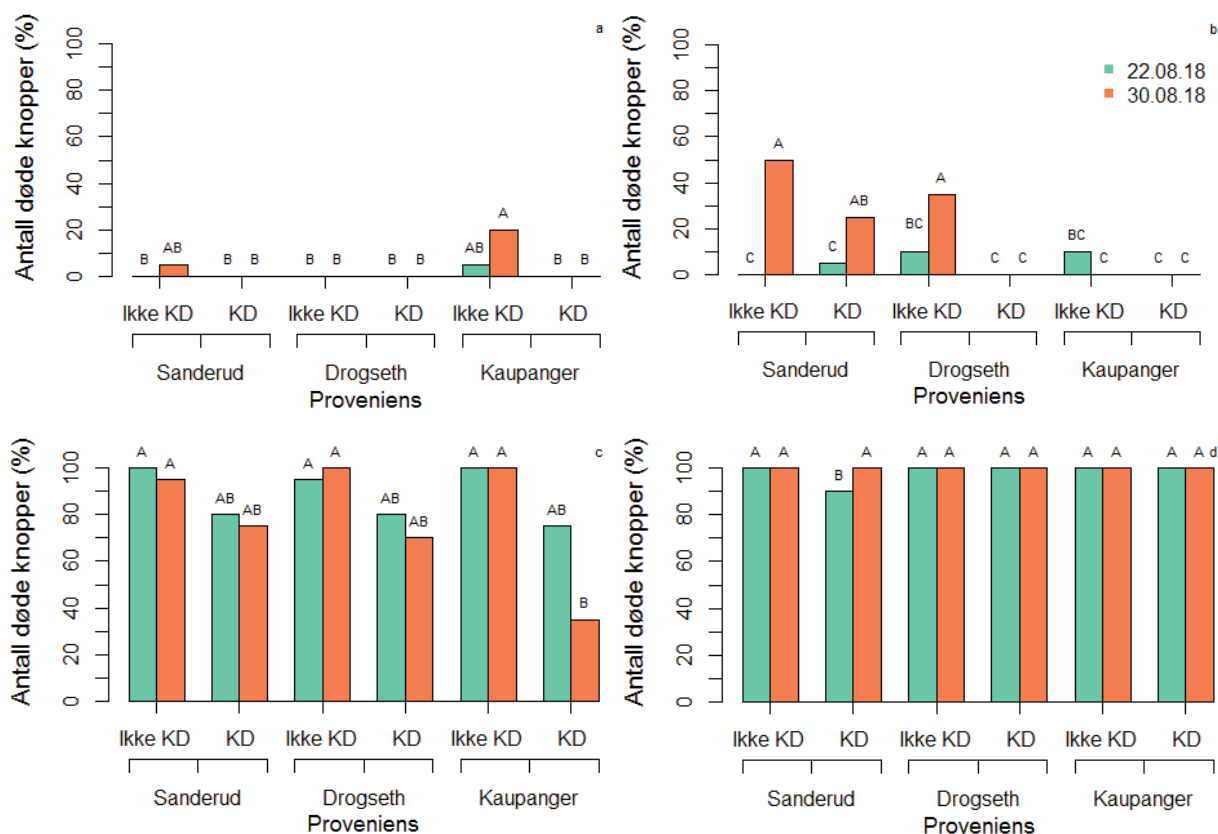
Varmebehandling

Varmebehandling på 45°C eller 50°C hadde stor betydning for skadeomfanget, og ved økningen på 5°C ble det registrert vesentlig høyere skader (figur 9). Alle varmebehandlingene, utenom behandlingen 45°C i 12 timer, førte til signifikant forskjell i skadeomfang på barmassen mellom proveniensene (figur 9, tabell 7). Kaupanger var den proveniensen som fikk minst skader ved alle varmebehandlingene. Samtlige varmebehandlingene hadde signifikant ($P < 0,001$) lavere skadeomfang på barmassen om plantepartiet var KD enn om det ikke var KD (tabell 7, figur 9). For hver varmebehandling var det signifikant forskjell mellom datoene forsøkene ble utført på. For varmebehandlingene på 50°C ble det lavere skadeomfang ved en senere dato, mens det ble større skadeomfang ved en senere dato for varmebehandlingene på 45°C (figur 9, tabell 7). Interaksjonen «proveniens x kortdagsbehandling» utgjør en signifikant forskjell hos alle varmebehandlingene og forteller oss at det er forskjeller mellom proveniensene ved KD eller ikke-KD (tabell 7, figur 8). Interaksjonen «proveniens x kortdagsbehandling x dato» viser en signifikant forskjell hos alle varmebehandlingene og forteller oss at skadeomfanget varierer med alle de tre variablene (tabell 7, figur 8).



Figur 9. Varmebehandlingene. a = 45 °C i 12 timer, b = 45 °C i 20 timer, c = 50 °C i 12 timer, d = 50 °C i 20 timer. KD = Kortdagsbehandling. Sanderud, Drogseth og Kaupanger er tre forskjellige proveniens hvor frømaterialiet til plantene kommer fra. De to forskjellige fargene er to forskjellige datoer hvor forsøket ble gjennomført med de samme plantepartiene.

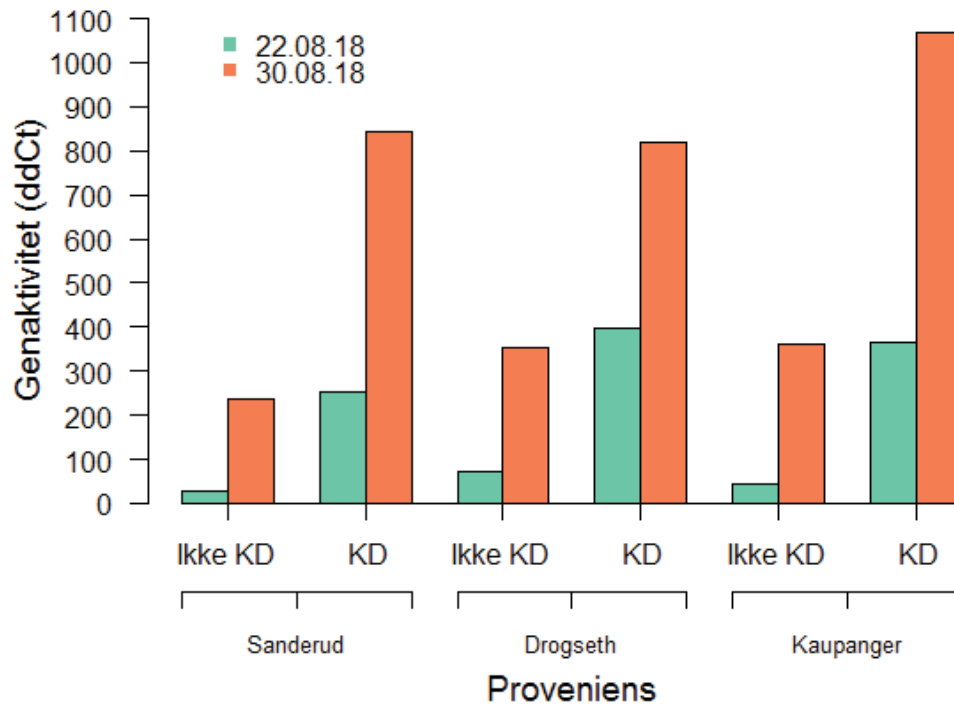
Det var ingen signifikante forskjeller i antallet døde knopper mellom de forskjellige plantepartiene for behandlingen med 45°C i 12 timer (tabell 8, figur 10a). For behandlingen 50°C i 12 timer var det signifikant færre døde knopper ($P=0,002$) på KD enn ikke-KD-planteparti (tabell 8, figur 10b). For behandlingen med 45°C i 20 timer var det signifikant flere døde knopper ($P=0,045$) ved en senere dato (tabell 8, figur 10c). For behandlingen på 50°C og 20 timer døde nesten alle knoppene i forsøket og det var ingen signifikante forskjeller mellom plantepartiene (tabell 8, figur 10d).



Figur 10. Antallet døde knopper (%) i varmebehandlingene. a = 45 °C i 12 timer, b = 45 °C i 20 timer, c = 50 °C i 12 timer, d = 50 °C i 20 timer. KD = Kortedagsbehandlet. Sanderud, Drogseth og Kaupanger er tre forskjellige provenienser hvor frømaterialiet til plantene kommer fra.

Genaktivitet

Aktiviteten hos genene som styrer kuldetoleranse øker med tid, kortdagsbehandling og om det er planter fra en høyereliggende proveniens (figur 11).



Figur 11. Genaktiviteten målt med en NSure-test. Denne grafen viser genaktiviteten for kuldetoleranse. KD = Kortdagsbehandlet. Sanderud, Drogseth og Kaupanger er tre forskjellige provenienser som frømaterialer til plantene kommer fra. De to forskjellige fargene er to forskjellige datoer hvor forsøket ble gjennomført med de samme plantepartiene.

3.2 Planteforsøk

Dyrkingstest

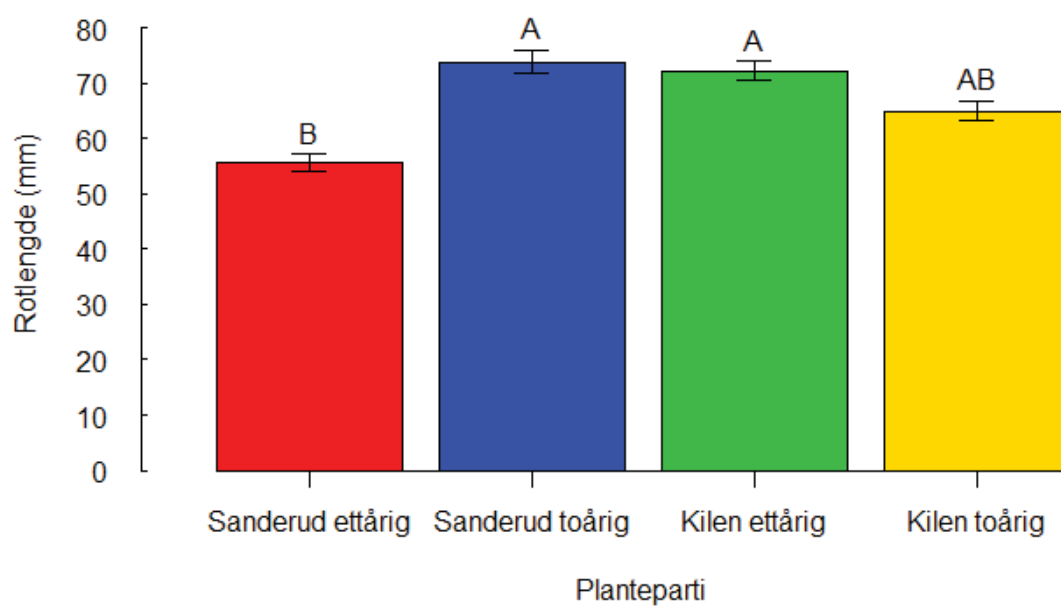
Det var signifikant forskjell på rotveksten mellom plantepartiene ($P=0,004$) (tabell 9, figur 12).

Sanderud toårig og Kilen ettårig hadde best rotvekst. Sanderud ettårig hadde dårligst rotvekst, mens

Kilen toårig ikke skilte seg signifikant fra de tre andre plantepartiene (figur 12).

Tabell 9. Resultater dyrkingstest.

Planteparti	Sum finrøtter (mm)	Gjennomsnittlig rotlengde (mm)
Sanderud ettårig	6941,7	55,5
Sanderud toårig	9224,3	73,8
Kilen ettårig	9015,6	72,1
Kilen toårig	8101,9	64,8



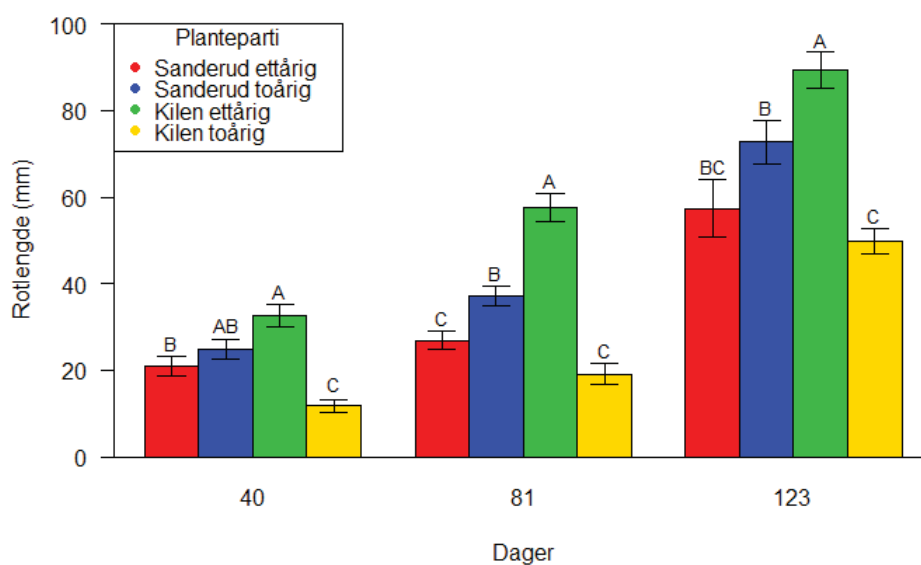
Figur 12. Gjennomsnittlig rotlengde etter dyrkingstesten.

Rotvekst i felt

Rotveksten i felt ble målt tre ganger etter planting i mai. Røttene hos Kilen ettårig vokste mest, etterfulgt av Sanderud toårig, Sanderud ettårig, og Kilen toårig med minst rotvekst (figur 13). Det var den samme rekkefølgen på hver måling og på sum finrøtter (summen av alle røttene som ble målt)(tabell 10).

Tabell 10. Rotvekst i felt, gjennomsnittlig rotlengde ved hver måling.

Planteparti	40 dager	81 dager	123 dager	Sum finrøtter
Sanderud ettårig	20,99	26,92	57,30	1922,63
Sanderud toårig	24,83	37,21	72,68	3368,06
Kilen ettårig	32,78	57,71	89,28	4493,99
Kilen toårig	11,77	19,03	49,86	1672,01



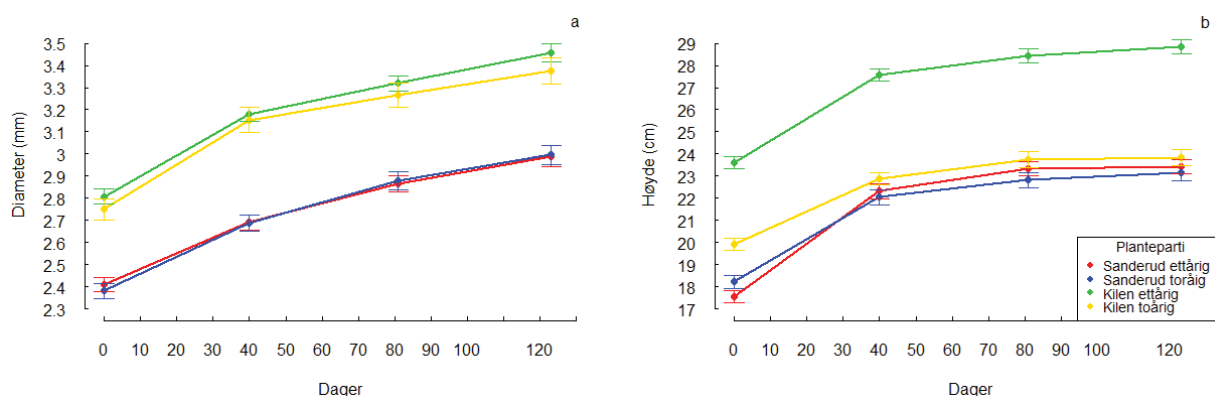
Figur 13. Gjennomsnittlig rotlengde i felt. Rotlengdene ved hver måling er uavhengige av hverandre, men viser fortsatt et mønster.

Diameter- og høydetilvekst

Tilveksten i diameter var nesten helt lik mellom de fire forskjellige plantepartiene (tabell 11, figur 14a). Utgangsdiameteren var høyere hos plantepartiene fra Kilen enn hos de fra Sanderud (figur 14a). Tilveksten i høyde var størst hos de ettårige plantene (tabell 11). Utgangshøyden var ganske lik, bortsett fra for Kilen ettårig som var vesentlig høyere enn de andre (figur 14b).

Tabell 11. Diameter og høydetilvekst.

Planteparti	Diameter (mm)	Høyde (cm)
Sanderud ettårig	0,60	5,75
Sanderud toårig	0,62	5,02
Kilen ettårig	0,66	5,54
Kilen toårig	0,64	4,09



Figur 14. Tilvekstgrafer i felt. Figur 14a er diameter- og figur 14b er høydetilvekst. Plantepartiene fra frøplantasjen Sanderud er fra planteskole a. og partiene fra frøplantasjen Kilen er fra planteskole b.

Relativ diameter- og høydetilvekst

Relativ tilvekst forteller hvordan planten har vokst iforhold til utgangspunktet den hadde da den ble plantet. Relativ diameter- og høydetilvekst regnes ut på følgende måte:

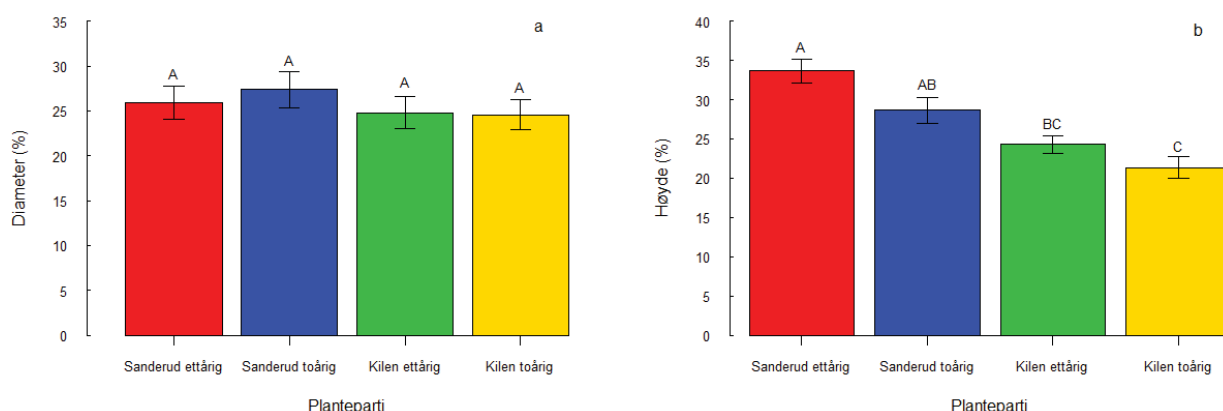
$$\text{Relativ diameter- og høydetilvekst} = \frac{\text{Diameter- eller høydetilvekst} * 100}{\text{Utgangsdiameter}}$$

Den relative diameter- og høydetilveksten er nesten helt lik mellom de fire forskjellige plantepartiene (tabell 12, figur 15a). Det ble ikke funnet noe signifikant forskjell på den relative diameter- og høydetilveksten hos de fire plantepartiene.

Den relative høydetilveksten var størst hos plantepartiene fra Sanderud og minst hos plantepartiene fra Kilen (tabell 12, figur 15b). Innad i proveniensene var det de ettårige plantene som hadde høyest relativ tilvekst (tabell 12, figur 15b). Det var signifikant høyere total tilvekst hos de to ettårige plantepartiene mot de to toårige plantepartiene.

Tabell 12. Relativ diameter- og høydetilvekst i prosent.

Planteparti	Diameter (%)	Høyde (%)
Sanderud ettårig	25,12	32,53
Sanderud toårig	26,11	27,65
Kilen ettårig	23,72	23,77
Kilen toårig	23,48	20,71

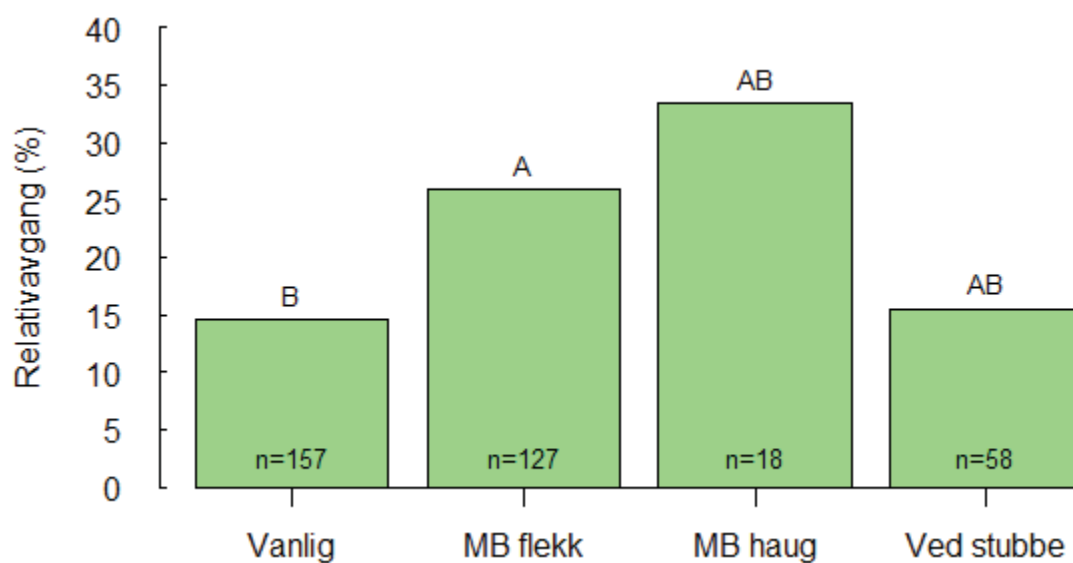


Figur 15. Relativ tilvekst. Figur 15a til venstre, viser relativ diameter- og høydetilvekst i prosent. Figur 15b til høyre, viser relativ høydetilvekst i prosent.

Avgang

Avgangen på feltet nord i Lardal var sterkt preget av tørken under sommeren 2018. Forskjellen mellom avgangen hos plantepartiene var liten ($P=0,449$). De to plantepartiene som skilte seg ut noe var Kilen toårig hvor det var lavest avgang og Sanderud toårig hvor det var høyest avgang.

Sett i forhold til plassering av plantene varierte avgangen mer ($P=0,028$) enn mellom plantepartiene. Det var signifikant mindre avgang på vanlig planteplass (en planteplass uten noen ekstraordinære tiltak eller beskyttelse fra stubbe eller stein) kontra planteplass i markberedningsflekk (figur 16).



Figur 16. Avgang i prosent per planteplass. Bokstavene viser signifikansnivå. MB = markberedning, med vanlig menes en planteplass uten noen ekstraordinære tiltak eller beskyttelse fra stubbe eller stein, n = det totale antallet planter på planteplassen.

4. Diskusjon

4.1. Herdighetsforsøk

Resultatene fra genaktivitet-testene bekreftet hypotesen om at det var større frosttoleranse ved en høyereliggende proveniens og for plantepartier som var kortdagsbehandlet. Dette samsvarer godt med at alle varme- og frysebehandlingene fikk redusert skadeomfanget ved kortdagsbehandling. Wallin *et al.* (2017) viste at kortdagsbehandling over lengre tid (3-4 uker) førte til tidligere innvintring og økt aktivitet i genene som styrte frosttoleransen, i forhold til kortdagsbehandling over en kortere periode (1-2 uker). Kaupanger skulle ifølge hypotesen være den proveniensen som var mest robust, men plantene fra Kaupanger ble kortdagsbehandlet en uke kortere (to uker) enn de andre to proveniensene (tre uker). Med bakgrunn i tidligere forskning kan man ikke se bort ifra at dette har hatt en innvirkning på resultatene i disse forsøkene.

Fløistad (2002) fant også at kortdagsbehandlingen fører til en signifikant reduksjon av frostskaader. Det ble et signifikant lavere antall døde knopper ved kortdagsbehandling av plantepartiene. Det viser igjen viktigheten av kortdagsbehandling med tanke på tidlig høstfrost. Modellen av frysetesteten ga en signifikant effekt av proveniensen på plantepartiernes skadeomfang, men resultatene viste ikke bedre frosttoleranse ved høyereliggende provenienser. Dermed ble hypotesen om at høyereliggende provenienser har høyere frosttoleranse enn lavereliggende provenienser ikke bekreftet.

Varmebehandlingene var ment å simulere stress ved transport, utplanting og mellomlagring i en varm henger, ved forskjellig temperatur og over tid. Om plantepartier blir behandlet på en røff måte vil det påvirke fremtidig planteprestasjoner (Grossnickle, 2000).

Hypotesen om at et senere plantetidspunkt ville føre til høyere varmetoleranse ble ikke bekreftet. Det var en signifikant forskjell på hvilken dato plantepartiene ble utsatt for varmebehandlingene, men resultatene viste flere tilfeller av at en senere dato fører til mer skade på plantene. Hva som fører til variasjonen i skadeomfanget ved forskjellige datoer kan være mye og bør undersøkes mer for å svare på når plantene er robuste nok for planteprosessen.

Hypotesen med at plantene har høyere varmetoleranse for høyereliggende provenienser bekreftes for alle utenom den mildeste varmebehandlingen på 45°C i 12 timer. I den mildeste varmebehandlingen fikk alle plantene lite skader på barmassen av behandlingene, og er nok grunnen til at det ikke ble registrert noen store forskjeller mellom plantepartiene. Daglengden når granplanter setter knopp på sensommeren varierer med både breddegrad og høyde over havet (Grossnickle, 2000). Roche (1969) fant i sine forsøk ut at granpopulasjoner fra høyereliggende provenienser setter knopp tidligere enn populasjoner fra lavereliggende provenienser. Når plantepartiet setter knopp går de inn i vinterdvale og blir mer robuste for plantestress (Grossnickle, 2000). Det samsvarer med resultatene fra dette forsøket at de høyereliggende proveniensene var mer robuste enn de lavereliggende. Når det kommer til antallet døde knopper, var det testen på 50°C i 12 timer som ga de tydeligste forskjellene i variasjonen mellom plantepartiene. Her fant jeg at en senere dato førte til signifikant færre døde knopper.

4.2. Planteforsøk

Ved utplanting var plantepartiene fra Kilen høyest og hadde størst diameter. Tilveksten i første vekstsesong var jevn mellom plantepartiene, som førte til at utgangsstørrelsen hadde mye å si for hvilke planteparti som var størst mot slutten av vekstsesongen. Planthøyde kan være en god prognose for vekst fordi høyere planter holder høydeforspranget over tid (Pinto, 2011). Det samsvarer med resultatet i dette forsøket, og plantepartiene fra Kilen var de største etter vekstsesongen.

Næringsanalysen viste at nesten alle verdiene lå innenfor optimumsverdiene fra Ingestad (1979). Kilen ettårig hadde noe lavt nitrogen- og svovelinnhold, men var det plantepartiet som vokste best før utplanting. Det tilsynelatende lave næringsinnholdet kan skyldes at større planter sammen med mindre næringstilgang fører til et lavere prosentvis næringsinnhold i planten (Dumroese, 2003). Nitrogen er en nøkkelindikator for næringsstatus hos planter (Fløistad, 2017). Plantene fra Sanderud proveniensen hadde det høyeste nitrogeninnholdet (tabell 6) og den høyeste relative høydetilveksten ute i felt.

Rotvekst etter planting er kritisk for å sikre planteetablering (Grossnickle, 2005a). Dyrkingstesten viste at det var Sanderud ettårig som hadde signifikant lavest rotvekst før utplanting. Sanderud ettårig hadde også lavest utgangshøyde, men hadde til gjengjeld også signifikant høyest relativ tilvekst. Litteratur viser at rotvekstpotensialet er en god indikator på hvordan plantesettet vil gjøre det i felt (Simpson, 1996). Forklaringen på mine resultater kan være at overskudd av nitrogen vanligvis øker skuddveksten og reduserer rotveksten som beskrevet i Salisbury og Ross (1992). På en annen side overgikk ikke mengden nitrogen optimumsverdiene og begge plantepartiene fra Sanderud hadde samme nitrogeninnhold. Målingene av rotvekst i felt viste at det var Kilen toårig og Sanderud ettårig som hadde minst rotvekst ved alle tre målingene. Ser man på tilveksten igjennom sesongen virker det som at plantepartiene med dårligst rotvekst i felt stagnerer tidligere i vekst enn de andre to plantepartiene. Tidlig god rotvekst er viktig for planteetablering i felt (Cleary *et al.*, 1978). Det var også en signifikant lavere relativ høydetilvekst hos Kilen toårig enn hos plantepartiene fra Sanderud-proveniensen. Kilen ettårig var hele sesongen det høyeste plantepartiet og hadde også størst total diametervekst. Den relative tilveksten til plantepartiene viser at både proveniens og alder har noe å si for veksten. Det er imidlertid vanskelig å vite om det er proveniens eller planteskolene som har mest å si for forskjellen man kan se mellom planter fra Sanderud og Kilen i dette forsøket. I næringsanalysen ser man at verdiene for hver proveniens er ganske like innad. Næringsanalysen tyder dermed på at dette heller er et resultat fra behandlingen ved planteskolene.

Gjødslingsregimer ved planteskoler brukes både til å herde granplanter, samt forbedre deres etterfølgende etablering i felt (Grossnickle, 2000). Behandlingen av plantepartiene ved planteskolene virker som det har hatt stor innvirkning på hvordan plantene lyktes videre i felt. Forskjellige planteskoler har forskjellige prosesser og mål, og basert på utgangshøyden til plantepartiene kan det virke som at planteskole B har prosesser som er tilpasset en produksjon av større planter enn planteskole A.

Forsøksbestandet hadde en høyde på 85 moh., mens Sanderudproveniensen er anbefalt til bruk på mellom 150-349 moh. og Kilenproveniensen på 0-249 moh. Valg av proveniens er mer knyttet til vekstperiode enn moh. og har nok ikke hatt noen vesentlig innvirkning på vekstsesongen til plantepartiene i dette forsøket.

Det var ingen signifikant forskjell på avgangen mellom de forskjellige plantepartiene. Sammenlignet var det en avgang på 35 planter av 180 for de toårige og 36 planter av 180 for de ettårige granplantene. Planteplass ga ingen tydelige forskjeller på vekst og etablering, men hadde en effekt på avgangen. Det var en signifikant høyere avgang på planteplass i markberedningsfleck enn i vanlig humus. Resultatet for planting i markberedningshaug er usikkert da det totale planteantallet kun er 18. Sommeren 2018 var en spesielt varm sommer, og det er grunn til å tro at det er varmen som har ført til høyere avgang på markberedningsfleckene. Jordoverflater med høyt innhold av organisk materiale og mørk farge har høy kapasitet for varme-oppbygging (Grossnickle, 2000). Den svarte jorda i markberedningsfleckene og det tørre været sommeren 2018 gjorde at det øverste jordlaget hvor plantene satt nesten tørket ut.

Når det gjelder avgangen må det nevnes at dette forsøket ikke hadde noe vesentlige problemer med skader på plantene annet enn tørke og en soppsykdom. *Strasseria geniculata* ble registrert på planter som så ut til å ha tørket på en spesiell måte. *S. geniculata* er sjeldnere og regnes som farligere en soppene gråskimmel (*Botrytis cinerea*) og *Sphaeropsis sapinea*. *S. geniculata* angriper som oftest toppskuddet før sideskuddene og kan ta livet av vertsplanten sin (Talgø & Stensvand, 2003). Dette kan være noe av grunnene til at flere planter tilsynelatende døde av tørke denne sommeren, selv om de begynte å bli store. Soppen ble ikke registrert før sluttmålingen, og det ble ikke tatt med så mange eksemplarer av tørre planter, så omfanget av soppen er uklart.

5. Konklusjon

Det er mange interaksjoner og påvirkninger man må ta hensyn til for å sikre god etablering og vekst hos granplanter i Norge. Jeg kan som tidligere forskning konkludere med at proveniensens har noe å si for innvintringstid og toleransen for plantestress. Kortdagsbehandling ga signifikant mindre skade etter frysetesten og varmebehandlingene. Gentester brukes ved planteskoler i Sverige for å undersøke om granplantene er klare for å settes på lager (Wallin, 2018). Wallin *et al.* (2017) mente det også burde brukes til å undersøke hvor lenge plantene skulle kortdagsbehandles. Om genaktivitetsmåling kan effektiviseres vil det kunne være til stor nytte for planteskolene i forhold til plantetidspunkt.

Plantene fra planteskole B var større enn de fra planteskole A og beholdt forspranget hele sesongen. Det er dermed en forskjell på plantekvaliteten fra de to forskjellige planteskolene. I dette forsøket ble det funnet at ettårige granplanter ikke har høyere avgang enn toårige granplanter. De ettårige granplantene hadde større total høydetilvekst og relativ høydetilvekst enn de toårige granplantene fra samme planteskole. Dette er gode nyheter for planteskoler og skogeiere hvor det ved større produksjon av ettårige granplanter vil være mulig å senke kostnadene per plante for både planteskolene og skogeiere. Med produksjon tettere opp mot levering til markedet vil det også være lettere å lage prognoser for etterspørselen, og planteskoler og skogeiere vil spare penger ved en mer korrekt planteproduksjon. Slike undersøkelser bør imidlertid gjøres i større omfang og flere steder i landet for å fange opp variasjonene i moh., helning og breddegrad. Det var signifikant større avgang i markberedningsflekker enn i vanlig humus. Det skyldes nok den spesielt varme sommeren 2018, men kan være tegn på at man bør unngå markberedning i tørre områder om det er fare for ekstrem tørke i første vekstsesong.

Plantekvalitet og vellykket planting er viktig for økonomi og effektivitet i skogbruket. For å få en bedre forståelse for plantekvalitet og etablering bør det gjøres lignende forsøk i større omfang.

6. Litteraturliste

- Brand, G. D. (1990). Growth analysis of responses by planted white pine and white spruce to changes in soil temperature, fertility and brush competition. *Forest Ecology and Management*, 30: 125-138.
- Burr, K. E. (1990). The target seedling concept: bud dormancy and cold-hardiness. In: Target Seedling Symposium: Proceedings of the Western Forest Nursery Associations. Edited by R. Rose, S.J. Campbell, and T.D. Landis. U.S. Dep. Agric. For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-200. 79-90.
- Børli, H. (2015). *Hans Børli's beste dikt*. H. Aschehoug & Co. (W. Nygaard), Oslo: Aschehoug.
- Cleary, B., Greaves, R. & Owsten, P. (1978). Seedlings. In: Cleary BD, Greaves RD, Hermann RK (eds) Regenerating Oregon's forest: a guide for the regeneration forester. Oregon State University Extension Service, Corvallis. 63-97.
- Dumroese, R. K. (2003). Hardening fertilization and nutrient loading of conifer seedlings. In: Riley LE, Dumroese RK, Landis TD (tech coords) National proc: forestland conservation nursery associations - 2002. RMRS-P-28. USDA Forest Service, Gainesville: 31-36.
- 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: 295-303.
- Fløistad, I. S. & Granhus, A. (2010). Bud break and spring frost hardiness in *Picea abies* seedlings in response to photoperiod and temperature treatments. *NRC Research Press*: 1-9.
- Fløistad, I. S. & Granhus, A. (2013). Timing and duration of short-day treatment influence morphology and second bud flush in *Picea abies* seedlings. *Silva Fennica*, 47: 1-10. doi: <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1009>.
- 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: 1-12.
- Folk, R. S. & Grossnickle, S. C. (1996). Determining field performance potential with the use of limiting environmental conditions. *New Forests*, 13: 121-138.
- Gladstone, W. T. & Ledig, F. T. (1990). Reducing pressure on natural forests through high-yield forestry. *Forest Ecology and Management*, 35: 69-78.
- Grossnickle, S. C. (2000). *Ecophysiology of northern spruce species - the performance of planted seedlings*. Canada: NRC Research.
- Grossnickle, S. C. (2005a). Importance of root growth in overcoming planting stress. *New Forests*, 30 (2-3): 273-294. doi: 10.1007/s11056-004-8303-2.
- Grossnickle, S. C. (2005b). Seedling size and reforestation success. How big is big enough? In: Colombo SJ (compiler) The thin green line: a symposium on the state-of-the-art in reforestation. Ontario Forest Research Institute. OMNR For Res Infor Paper 160: 138-144.
- Grossnickle, S. C. (2012). Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests*, 43 (5-6): 711-738. doi: 10.1007/s11056-012-9336-6.
- Grossnickle, S. C. & MacDonald, J. E. (2017). Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New Forests*, 49 (1): 1-34. doi: 10.1007/s11056-017-9606-4.
- Helenius, P., Luoranen, J., Rikala, R. & Leinonen, K. (2002). Effect of Drought on Growth and Mortality of Actively Growing Norway Spruce Container Seedlings Planted in Summer. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17 (3): 218-224. doi: <https://doi.org/10.1080/028275802753742882>.
- Helenius, P., Luoranen, J. & Rikala, R. (2005). Effect of preplanting drought on survival, growth and xylem water potential of actively growing *Picea abies* container seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20 (2): 103-109. doi: <https://doi.org/10.1080/02827580510008239>.
- Ingestad, T. (1979). Mineral Nutrient Requirements of *Pinus silvestris* and *Picea abies* Seedlings. *Physiol. Plant.*, 45: 373-380.
- Johansson, K., Nilsson, U. & Allen, L. H. (2006). Interactions between soil scarification and Norway spruce seedling types. *New Forests*, 33: 13-27.

- Johansson, K., Langvall, O. & Bergh, J. (2012). Optimization of environmental factors affecting initial growth of Norway spruce seedlings. *Silva Fennica*, 46 (1). doi: 10.14214/sf.64.
- Johansson, K., Hajek, J., Sjölin, O. & Normark, E. (2014). 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: 388-400. doi: <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.987808>.
- Kartverket. (2019). *Norgeskart.no*. Tilgjengelig fra: <https://www.norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1003&zoom=13&lat=6601083.49&lon=217156.31&markerLat=6601083.48931913&markerLon=217156.30788685405&panel=searchOptionsPanel&sok=59,4527,%2010,0082> (lest 25.01.2019).
- Landbruks- & Matdepartementet. (2017). Meld. st. 6 Verdier i Vekst.
- Landbruksdirektoratet. (2019a). *Bedre betingelser for suppleringsplanting i 2019*. I: Landbruksdirektoratet (red.). landbruksdirektoratet.no. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eiendom-og-skog/skog-og-klima/tettere-planting/bedre-betingelser-for-suppleringsplanting-i-2019> (lest 26.04.19.).
- Landbruksdirektoratet. (2019b). *Skogkultur*. <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/skogbruk/skogkultur>: Landbruksdirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/skogbruk/skogkultur> (lest 11.04.).
- Lovdata. (2015). *Skogbrukslova*: Landbruks- og matdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-05-27-31?q=skogbruksloven> (lest 11.04.).
- Luoranen, J. (2018). Autumn versus spring planting: the initiation of root growth and subsequent field performance of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Silva Fennica*, 52. doi: <https://doi.org/10.14214/sf.7813>.
- Luoranen, J., Saksa, T. & Lappi, J. (2018). Seedling, planting site and weather factors affecting the success of autumn plantings in Norway spruce and Scots pine seedlings. *Forest Ecology and Management*, 419-420: 79-90.
- Nilsson, U. & Allen, L. H. (2003). Short- and long term effects of site preparation, fertilization and vegetation control on growth and stand development of planted loblolly pine. *Forest Ecology and Management*, 175: 367-377.
- Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Örlander, G. & Puttonen, P. (2010). Reforestation with planting in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25 (4): 283-294. doi: 10.1080/02827581.2010.498384.
- Petäistö, R. L. (2006). Botrytis cinerea and Norway Spruce Seedlings in Cold Storage. *Biotic Forestry*, 11: 24-33.
- Pinto, J. R. (2011). Establishment and growth of container seedlings for reforestation: A function of stocktype and edaphic conditions. *Forest Ecology and Management*, 261: 1876-1884.
- Roche, L. (1969). A GENECOLOGICAL STUDY OF THE GENUS PICEA IN BRITISH COLUMBIA. *New Phytol*, 68: 505-554.
- Salisbury, F. B. & Ross, C. W. (1992). *Plant physiology*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- Simpson, D. G. a. R. G. A. (1996). Does RGP predict field performance A debate. *New Forests*, 13: 249-273.
- Skogfrøverket. (2019). *Statistikk på salg av skogplanter i Norge*: Skogfrøverket. Tilgjengelig fra: [http://www.skogfroverket.no/userfiles/files/Bibliotek/Statistikk/Levert-2018\(1\).pdf](http://www.skogfroverket.no/userfiles/files/Bibliotek/Statistikk/Levert-2018(1).pdf) (lest 11.04.).
- Talgø, V. & Stensvand, A. (2003). *Strasseria geniculata*. *Grønn kunnskap e*, 7 (101z): 1-2.
- Thorsen, A. Å., Mattison, 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: 54-66. doi: <https://doi.org/10.1080/028275801300004415>.
- Wallertz, K., Hanssen, H. K., Hjem, K. & Floistad, I. S. (2006). Effects of planting time on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage to Norway spruce seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31 (3): 262-270.

- Wallin, E., Gräns, G. J., D.F., Lindström, A. & Verhoef, N. (2017). Short-day photoperiods affect expression of genes related to dormancy and freezing tolerance in Norway spruce seedlings. *Annals of Forest Science*, 74: 59: 1-14.
- Wallin, E. (2018). *From growth cessation to bud burst- conifer seedlings development in response to nursery culture and environmental stimuli* Skinnskattberg.
- Yr. (2019). *Været som var i Hof (Eikesnes) målestasjon, Holmestrand (Vestfold)*. I: NRK & institutt, N. m. (red.). Tilgjengelig fra:
[https://www.yr.no/sted/Norge/Vestfold/Holmestrand/Hof_\(Eikesnes\)_m%C3%A5lestasjon/statistik.html](https://www.yr.no/sted/Norge/Vestfold/Holmestrand/Hof_(Eikesnes)_m%C3%A5lestasjon/statistik.html) (lest 22.04.).
- Zhang, D. J., Biczok, R. & Ruschhaupt, M. (2018). *The ddCt Algorithm for the Analysis of Quantitative Real-Time PCR (qRT-PCR)*: 2018. Tilgjengelig fra:
<https://bioc.ism.ac.jp/packages/3.6/bioc/manuals/ddCt/man/ddCt.pdf> (lest 01.05.19.).



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway