



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2024 30 Stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

Planting av furu – Hvordan påvirker kortdagsbehandling og plantetidspunkt vekst og overlevelse?

Planting pine –

How does short-day treatment and planting time
affect growth and survival?

Mads Øverstuen

Skogfag

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på mitt studieløp i skogfag her ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Mastergraden er skrevet for fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA). Ved valg av oppgave, ønsket jeg å skrive om noe som omhandlet skogskjøtsel eller skogkultur og jeg falt ned på denne oppgaven etter å ha vært i kontakt med min arbeidsgiver ved siden av studieløpet, Glommen-Mjøsen skog SA, samt NIBIO og Skogplanter ØstNorge som samarbeidspartnere. Oppgaven tar for seg den økende interessen for furu, kortdagsbehandling av furu og hva som skal til for at furuplanting lykkes.

Jeg ønsker å rette en stor takk til min hovedveileder Line Nybakken (NMBU) og medveileder Inger S. Fløistad (NIBIO) som har vært til uvurderlig hjelp under arbeidet med denne masteroppgaven, hvor de har svart på spørsmål om både små og store problemer, samt gitt gode tilbakemeldinger. Jeg ønsker også å rette en takk til medhjelpere fra NIBIO som bidro med både kunnskap og arbeidskraft i gjennomføringen av feltarbeidet. Glommen-Mjøsen skog SA og Skogplanter ØstNorge har også fortjent en takk etter å ha stilt henholdsvis plantefelt og planter tilgjengelig for forsøket.

Takk også til familie, kjæreste og venner som både har støttet meg gjennom masterløpet, samt tatt seg bryet med å korrekturlese oppgaven opp til flere ganger. Dette har vært til uvurderlig hjelp.

De siste jeg ønsker å rette en stor takk til er mine nåværende og tidligere medstudenter på skogfag ved NMBU, Skogbrukerforeningen og mine samboere i Tømmerdalen som alle har bidratt til en fantastisk tid her i Ås. Det har blitt mange gode, både faglige og ufaglige, samtaler på lesesalen over både gode og dårlige kopper med kaffe, noe kaffekoppen min nå bærer preg av.

Skål for Pan!

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 14. mai 2024

Mads Øverstuen

Sammendrag

Interessen for planting av furu (*Pinus sylvestris*) har økt i Norge de siste årene. De siste tallene fra Statsforvalteren i Innlandet, som blant annet oppsummerer foryngelse i Innlandet, viser at planting av furu har økt fra 1,6 millioner planter i 2020 til 2,4 millioner planter i 2023, med et toppår i 2022 på 2,6 millioner planter. Økende interesse for furuplanting generelt, samt viktigheten av rett treslag på rett sted med tanke på fremtidig klima, gjør det derfor svært interessant å undersøke hvordan man best mulig kan lykkes med furuplanting. I denne studien var målet derfor å undersøke hvordan man kan utvikle planter med bedre egenskaper etter utplanting ved bruk av kortdagsbehandling, samt hvor godt plantene klarer seg i en utvidet plantesesong utover høsten. Fordelt på tre forsøksfelt i Stange, Innlandet, ble det plantet ut 900 furuplanter. Av disse var 450 var kortdagsbehandlet, mens resterende planter var ubehandlede. Kortdagsbehandlingen ble gjennomført i planteskolen over tre uker i juni, hvor plantene fikk 14 timers netter. Plantene ble plantet på tre forskjellige tidspunkter utover sensommeren og høsten for å teste effekten av plantetidspunkt. Deretter registrerte jeg høyde, diameter, vitalitet og skadeårsak på plantene først ved utplanting, og deretter etter en vekstsesong. Kortdagsbehandlede planter viste seg å ha bedre vekst og overlevelse sammenlignet med ubehandlede planter. Kortdagsbehandlede planter hadde bedre diameter- og høydetilvekst, samt tilnærmet halvparten så høy avgang som ubehandlede planter. Tidligere plantetidspunkt førte til bedre diameter-tilvekst, men det var ingen forskjell for høydetilveksten. Avgangen økte ved senere plantetidspunkter, og varierte fra 4,3 – 15,3% totalt, uavhengig av behandling. Kortdagsbehandlede planter taklet senere planting bedre enn vanlige ettåringer. Skadeårsaken som var mest fremtredende, og den viktigste, var beiteskader. Det var færre kortdagsbehandlede planter som ble registrert med skader sammenlignet med ubehandlede planter. Fordelingen av antall skadde planter for hvert plantetidspunkt var relativt jevn.

Abstract

The interest of planting pine (*Pinus Sylvestris*) has increased in Norway over the last few years. The latest numbers from, among other, Statsforvalteren i Innlandet has shown an increase from 1,6 million planted pine plants in 2020 to 2,4 million pine plants in 2023, with a top year in 2022 with 2,6 million plants in Innlandet. The increasing interest, as well as the importance of planting the right species at the right location regarding the ongoing climate change makes it interesting to understand how we can make plants grow and survive better. In this study, I'm therefore going to examine how short-day treatment affects the field performance of pine plants. I'm also testing how well the plants perform when planted on different planting dates. In a field trial at Stange, located in Innlandet, Norway, we established three plots where we planted 900 pine plants in total. 450 of these were short-day treated for 3 weeks in June, where they got 14-hour nights. The other 450 plants were non-treated. The plants were thereafter outplanted at three different times during late summer and autumn to test the effect of late autumn planting on pine. I registered height, diameter, vitality and cause of damage when they were planted and after the following growing season. The short-day treated plants showed better growth and survival compared to non-treated plants. Planting later in the autumn affected the diameter growth negatively but had no effect on height growth. Planting later in the autumn led to more dead plants, but the death ratio for all planting dates was relatively small, ranging from 4,3 – 15,3%, regardless of the treatment. The short-day treated plants handled the later planting dates better than the non-treated ones. The only cause of damage that was considered important in this study was browsing damage. Short-day treated plants were less damaged than the non-treated ones. The distribution of damaged plants between the planting dates were relatively even.

Innholdsfortegnelse

1. Introduksjon.....	1
2. Materiale og metode	6
2.1 Studiemråde	6
2.2 Dyrking av planter	7
2.3 Utplanting og etablering av forsøk.....	7
2.4 Registrering av høyde og diameter.....	9
2.5 Registrering av vitalitet.....	9
2.6 Statistiske analyser.....	10
3. Resultater	11
3.1 Høyde og høydetilvekst	11
3.2 Diameter og diameter­tilvekst	12
3.3 Vitalitet og skader	14
4. Diskusjon.....	16
5. Konklusjon.....	19
Litteraturliste	21

1. Introduksjon

Det har i senere tid vært en økende interesse for furu (*Pinus sylvestris*) i norsk skogbruk. Dette viser Skogfrøverket sin statistikk over leverte skogplanter, samt Statsforvalteren i Innlandet's rapport for innlandsskogbruket i 2023 (Statsforvalteren, 2024 & Skogfrøverket, 2023). Tallene fra Statsforvalteren viser at det i 2020 ble plantet 1,6 millioner furuplanter i Innlandet. I 2023 ble det plantet 2,4 millioner, men toppåret var i 2022 da det ble plantet 2,6 millioner furuplanter i Innlandet. Interessen for planting av furu har økt fordi vi med et endret klima har sett at det er nødvendig å redusere risikoen ved etablering av ny skog på en del områder, spesielt steder som er tørkeutsatt, ettersom furu er forventet å tåle tørkestress bedre enn gran (*Picea abies*). Dette kan være arealer hvor det i perioder kan oppstå problemer med vind og større variasjon i nedbør og temperatur. Her kan etablering av blandingsskog eller treslagsskifte være et alternativ for å redusere risiko (Kausrud et al., 2022). Å sørge for god nok foryngelse er et av de viktigste tiltakene man kan gjøre i skogen. Det er også lovfestet i skogbrukslova (Skogbrukslova §6) at alle som gjennomfører hogst skal sørge for tilfredsstillende foryngelse 3 år etter at hogsten er gjennomført. Foryngelse har tradisjonelt sett foregått ved planting, og det er i stor grad gran som har blitt plantet i Norge, ettersom grana er det viktigste treslaget økonomisk sett (SSB, 2024). Foryngelse av furu har historisk sett blitt gjort med naturlig foryngelse eller såing, men i liten grad ved hjelp av planting (Skogfrøverket, 2023). Beiteskader fra elg (*Alces Alces*) har også vært et stort problem for foryngelse av furu i flere tiår. Nilsson et al. (2010) viste til at skader fra beiting har økt mye de siste 20-30 årene, og at dette førte til at problemet med beiteskader i Sør-Sverige var så stort at antallet plantede furuplanter på et tidspunkt var tilnærmet null. Det samme blir understreket i et intervju med leder i NJFF, Knut Arne Gjems, som uttalte dette til avisa Østlendingen om en skogeier i Våler, Hedmark: «Det er ikke normalt å plante gran i et furuskogsområde, men på grunn av elgen ville skogeier gjøre det for å forsikre seg» (Westgård, 2013). Beitetrykket, spesielt fra elg på furu, har imidlertid avtatt i senere tid (Solberg et al., 2022). Sett i sammenheng med et klima i endring og mye tørkeskader på gran, er det nå flere skogeiere som ønsker å satse på furu på områder som tidligere ville blitt plantet med gran med forventning om bedre økonomisk utbytte og lavere risiko for beiteskader.

Med en økende interesse for planting av furu, kommer også nødvendigheten av mer kunnskap om hvordan og når vi best mulig kan lykkes med planting. Studier som tar for seg noen av disse aspektene er derfor relevante for det norske skogbruket, for å best mulig kunne begynne å benytte, og lykkes med, planting av furu.

For at planter skal kunne overleve, er det viktig at de raskt etablerer seg i skogen, slik at de lettere unngår eller takler ulike farer (Grossnickle, S. C., 2005 & McDowell et al., 2008). Plantene utsettes for ulike abiotiske stressfaktorer som store svingninger i temperatur og tilgang på vann, og disse påvirkes igjen av lokale forhold som for eksempel topografi og geologi. Av biotiske faktorer er skader fra insekter, sopp eller beiting fra dyr de viktigste med hensyn på vekst og overlevelse. Et klima i endring kan føre til at disse stressfaktorene forsterkes, for eksempel med mer ekstremvær, ekstremt varme og tørre perioder eller kuldeperioder (Kausrud et al., 2022). Dette kan føre til mer stress for plantene, og betydningen av godt etablerte planter, samt rett treslag på rett sted, kan være viktig for å håndtere dette (Edwardsen et al., 2017 & Kausrud et al., 2022). Studier på planters vekst og overlevelse er derfor et særdeles relevant tema med tanke på fremtidig klimatilpasning.

Det er godt kjent at vann, lys og temperatur er av de viktigste faktorene for at en plante skal overleve og vokse (Smith et al., 1997). Flere tidligere studier har undersøkt hvilke faktorer som er med på å avgjøre hvor godt en plante klarer å etablere seg etter utplantning i skogen. I studien til Grossnickle (2000: studie på nordlige granarter (*Picea*)), ble det funnet en sammenheng mellom plantenes stammediameter og mengden røtter, noe som støttes av studien til Thompson (1985), som fant at et større rotsystem hos plantene førte til at de klarte seg bedre i tørre perioder etter utplantning. Dette støttes av flere andre studier på både bartrær og lauvtrær som har sett at stammediameter er en god indikator for plantenes overlevelsessevne (Bayley & Kietzka, 1997: studie på meksikansk gråfuru (*Pinus patula*); Hines & Long, 1986: studie på engelmansgran (*Picea engelmannii*); Mexal et al., 2008: studie på fem ulike bartrearter i Mexico (*Abies relegiosa*, *Cupressus lindleyii*, *Pinus ayacahuite v. veitchii*, *Pinus patula* & *Pinus pseudostrobus*); Morrissey et al., 2010: studie på rødeik (*Quercus rubra*); Oliet et al., 2009: studie på aleppofuru (*Pinus halepensis*) & South et al., 2005: studie på sumpfuru (*Pinus palustris*)). Mexal og Landis (1990) trakk spesielt frem at stammediameter hos ulike arter i nordvest-Canada, kunne indikere plantenes vannopptak og- vanntransportkapasitet, som har stor betydning for hvor godt plantene takler tørke. Betydningen av stammediameter, og dermed også et bedre rotsystem, som en indikator for overlevelse, støttes av andre studier. Studien til Davis og Jacobs (2005) fant at planter dyrket frem på planteskoler i USA, med rotsystemer av god kvalitet, klarer seg bedre etter utplantning. Andre studier har vist at stammediameter er en god indikator for plantenes vekst etter utplantning (Levy & McKay, 2003: (Studieområdet dekker fire ulike steder i Europa) & Mason et al., 1996: Studie på Montereyfuru (*Pinus radiata*)).

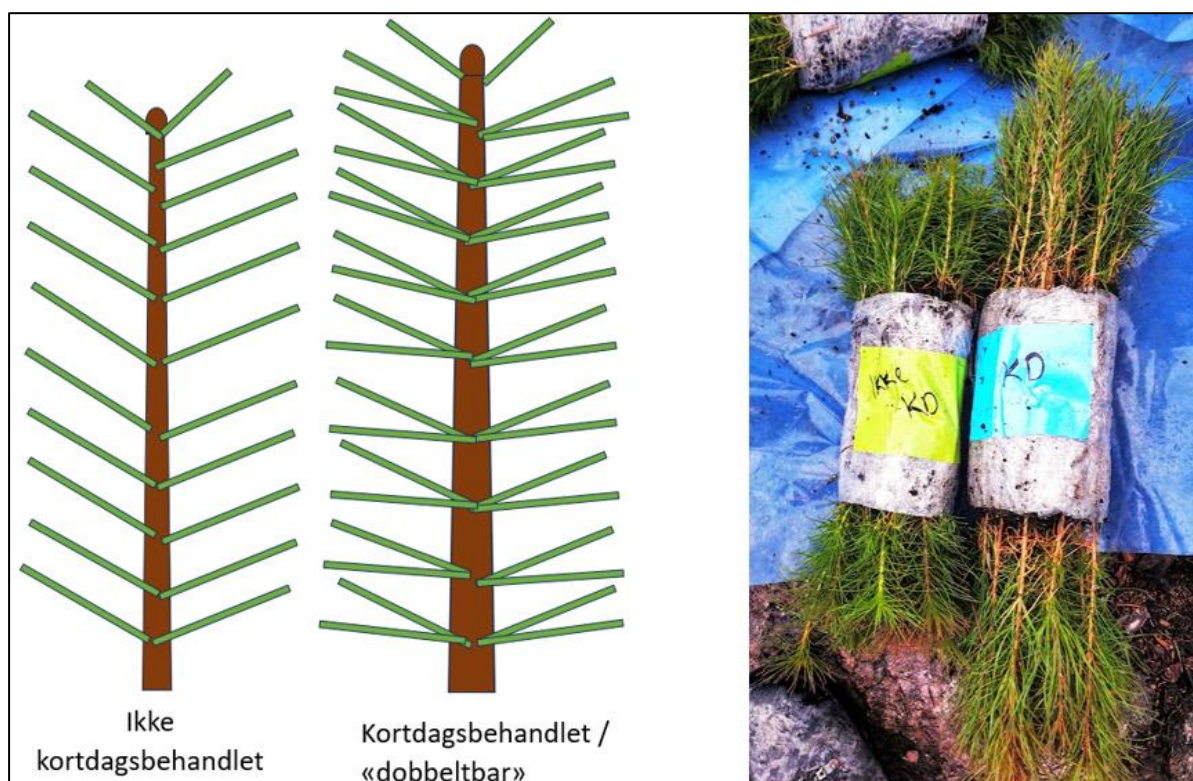
Stor stammediameter ved utplanting kan også ha en langtidseffekt for trærne: Jäghagen og Albrektson (1996) viste i sin studie på furu en bedre høyde og diameter 32-37 år etter planting på plantene som ved utplanting hadde størst stammediameter.

Toppskuddlengde er også en viktig indikator for plantenes etablerings og- overlevelsessevne. Lengden på toppskuddene hos plantene kan indikere hvor god fotosyntesekapasitet plantene har (Grossnickle, 2012). Dette fører til at plantene vokser fortere, og etablerer seg raskere på planteplassen. At plantene vokser fort nok er viktig på grunn av konkurransen om sollys, som trengs for å drive fotosyntese og fortsette vekst. Dette gjør at rask vekst også kan kobles opp mot overlevelse slik som studien til Johnson og Smith (2005) viste. Dette er først og fremst viktig på plantefelt hvor konkurranse om næring og vann ikke er et problem. På slike felter vil det heller være tilgangen på sollys som er den begrensende faktoren (Grossnickle, 2000). Plantenes toppskuddlengde henger naturligvis sammen med plantenes høyde, som også har vist seg å ha en effekt på plantenes vekst og overlevelse. Årsakene til dette er også mye av de samme som gjelder for toppskuddlengde. Større plantehøyde fører blant annet til at plantene klarer seg bedre i konkurranse med annen vegetasjon (Grossnickle & MacDonald, 2018), samt at de får mer barmasse sammenlignet med mindre planter, og dermed større kapasitet for fotosyntese (Grossnickle, 2000: studie på nordlige granarter (*Picea*) & Luis et al., 2009: studie på kanarifuru (*Pinus canariensis*)).

Hvordan kan vi utvikle furuplanter som har disse egenskapene for en rask og god etablering? En metode som er mye brukt for blant annet gran er kortdagsbehandling. Kortdagsbehandling brukes for å forberede plantene på hva som møter dem ute i skogen med tanke på temperatur og vær, samt at behandlingen fremmer mange av de egenskapene som over er beskrevet som er viktige for vekst og overlevelse. Det er gjort noen tidligere studier på furu, men for kortdagsbehandling er det gjort mer forskning på gran. Denne forskningen kan, selv om den er gjennomført på et annet treslag, være nyttig med tanke på å utvikle bedre og mer robuste furuplanter.

For en del treslag er det i stor grad daglengden som bestemmer når plantene stopper veksten og starter med innvintring (Basler & Körner, 2012). Kortdagsbehandling, som går ut på å gi plantene kortere daglengde (færre timer med dagslys), fører derfor til at plantene stopper veksten og starter innvintring (Fløistad & Granhus, 2013). Kortdagsbehandling av furu er lite undersøkt, men det finnes noen tidlige studier fra Sverige fra 1980-tallet (Friberg, 1980 & Rosvall-Ahnebrink, 1982). Kortdagsbehandling av furu har en litt annen effekt enn den vi ser hos gran.

Gran kortdagsbehandles for å sette i gang med innvintringen. For at granplantene skal sette i gang igjen med veksten kreves en periode med kulde (Friberg, 1980). Grunnen til at man derfor kortdagsbehandler gran er for å gjøre dem mer frostherdige før vinteren (Fløistad, 2002). Furu derimot, trenger ikke denne kuldeperioden for å sette i gang veksten igjen. Derfor vil furuplanter som kortdagsbehandles først stoppe veksten, og sette toppknopp før de etter å bli utsatt for lengre daglengde setter i gang med veksten igjen. Når furuplantene starter å vokse igjen etter behandlingen, utvikler de «dobbelbar» (Friberg, 1980), altså at det skyter ut en nål til fra det samme nålefestet på stammen. Dette fører til at en kortdagsbehandlet plante vil ha mer barmasse enn ubehandlede furuplanter, samtidig som plantene også utvikler seg til å bli litt større i både høyde og diameter sammenlignet med ubehandlede planter (*Figur 1*).



Figur 1: Enkel illustrasjon av ikke-kortdagsbehandlet og kortdagsbehandlet furuplante. Bildet viser plantene i forsøket før utplanting.

Kortdagsbehandlede planter med «dobbelbar» har mer barmasse, og bør derfor i teorien være rustet til å vokse bedre enn ubehandlede planter ettersom fotosyntesen, som fører til vekst, foregår i de grønne bladene på plantene (Grossnickle, 2000: studie på nordlige granarter (*Picea*) & Luis et al., 2009: studie på kanarifuru (*Pinus canariensis*)). Kortdagsbehandlede planter (heretter kalt KD-planter) vil derfor ha et større apparat til å drive fotosyntese, sammenlignet med ubehandlede planter (heretter kalt IKKE-KD planter)

Planting av furu har tidligere kun foregått på våren eller tidlig på høstsesongen, men det er tidligere gjort forsøk på å utvide plantesesongen for furu (Luoranen & Rikala, 2013; Luoranen, 2018 & Luoranen et al., 2018). Grunnen til at man har ønsket å utvide plantesesongen av furu kan være flere, men mangelen på arbeidskraft blir ofte brukt som et argument for at man trenger mer tid for å få plantet ut alle plantene. Tidligere studier på utvidelse av plantesesongen for furu har ofte vist enten veldig svake eller motstridende resultater (Luoranen & Rikala, 2013). Med et klima i endring, særlig med tanke på varmere vintre, kan dette ha endret seg og det er derfor interessant å undersøke om utvidelse av plantesesongen nå kan fungere bedre enn tidligere studier har vist.

Formålet med denne studien var å undersøke hvordan kortdagsbehandling av furuplanter påvirker vekst og overlevelse sammenlignet med furuplanter som ikke har fått slik behandling. Videre undersøkte jeg hvordan plantene taklet forskjellige plantetidspunkter gjennom høsten. For å undersøke dette testet jeg fire hypoteser:

- (1) KD-planter som dermed har utviklet «dobbelbar», vokser bedre enn IKKE-KD planter i høyde og diameter.
- (2) KD-planter vil ha større overlevelse enn IKKE-KD planter.
- (3) Veksten, både høyde og- diametervekst, vil bli dårligere for begge behandlingene ved senere høstplanting, men KD-planter vil klare seg bedre enn IKKE-KD planter ved senere planting.
- (4) Overlevelsen vil bli dårligere for begge behandlingene ved senere høstplanting, men KD-planter vil klare seg bedre enn IKKE-KD planter ved senere planting

2. Materiale og metode

2.1 Studieområde

Det ble valgt ut to ulike plantefelt i samarbeid med Glommen-Mjøsen SA. Begge disse plantefeltene ligger i Stange kommune i Innlandet (Figur 2). Plantefelt 1 ligger rett vest for Sørlikrysset ($60^{\circ}41'48.5''N$ $11^{\circ}16'06.2''E$), er en F14 bonitet og er 20,4daa stort. Her ble det gjennomført en frørestillingshogst i 2022 før det ble markberedt med gravemaskin også i 2022. Plantefelt 2 ligger litt nord for Romedal ($60^{\circ}45'14.2''N$ $11^{\circ}19'19.1''E$) og er en F17 bonitet på 28,8daa totalt. Her ble det gjennomført en frørestillingshogst i 2021 før det ble markberedt med gravemaskin i 2022. På dette feltet er det plantet gran utenom forsøkene i forsøk på å etablere blandingsskog med plantet gran og naturlig forynget furu. Begge plantefeltene er typisk furumark. Alle data om plantefeltene er hentet ut fra skogbruksplan. Værdata er hentet fra NIBIO's nærmeste værstasjon, som ligger på Ilseng ikke langt unna forsøksfeltene. I vekstsesongen mai, juni, juli og august var middeltemperaturen ca $1^{\circ}C$ varmere sammenlignet med gjennomsnittsmiddeltemperaturen for de samme månedene fra 1992-2024. Det var også ca. 50 mm mer nedbør i de samme månedene sammenlignet med gjennomsnittet for de samme månedene fra 1992-2024 (NIBIO, 2024)



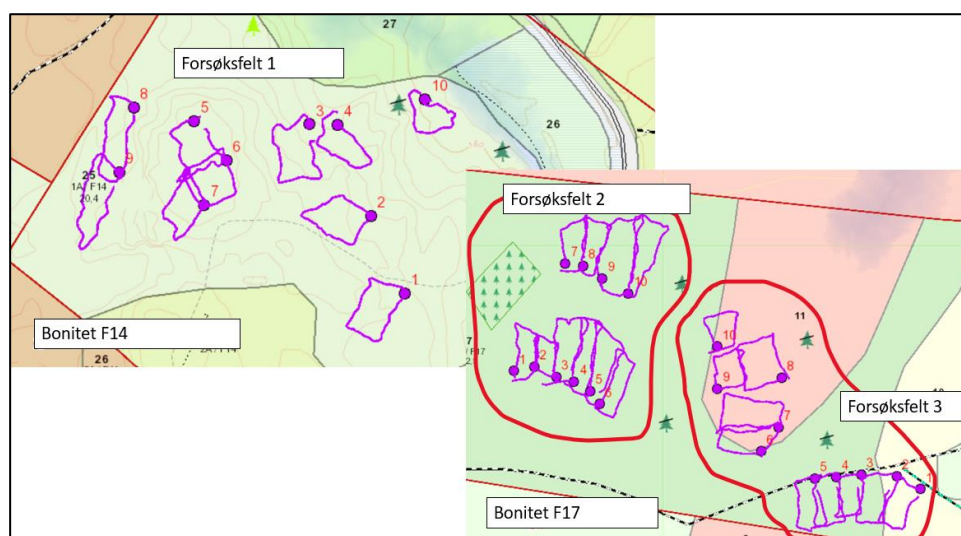
Figur 2: Kart som viser forsøksfeltenes beliggenhet (kartutsnitt hentet fra Glommen-Mjøsen skogbruksplan-app, Allma)

2.2 Dyrking av planter

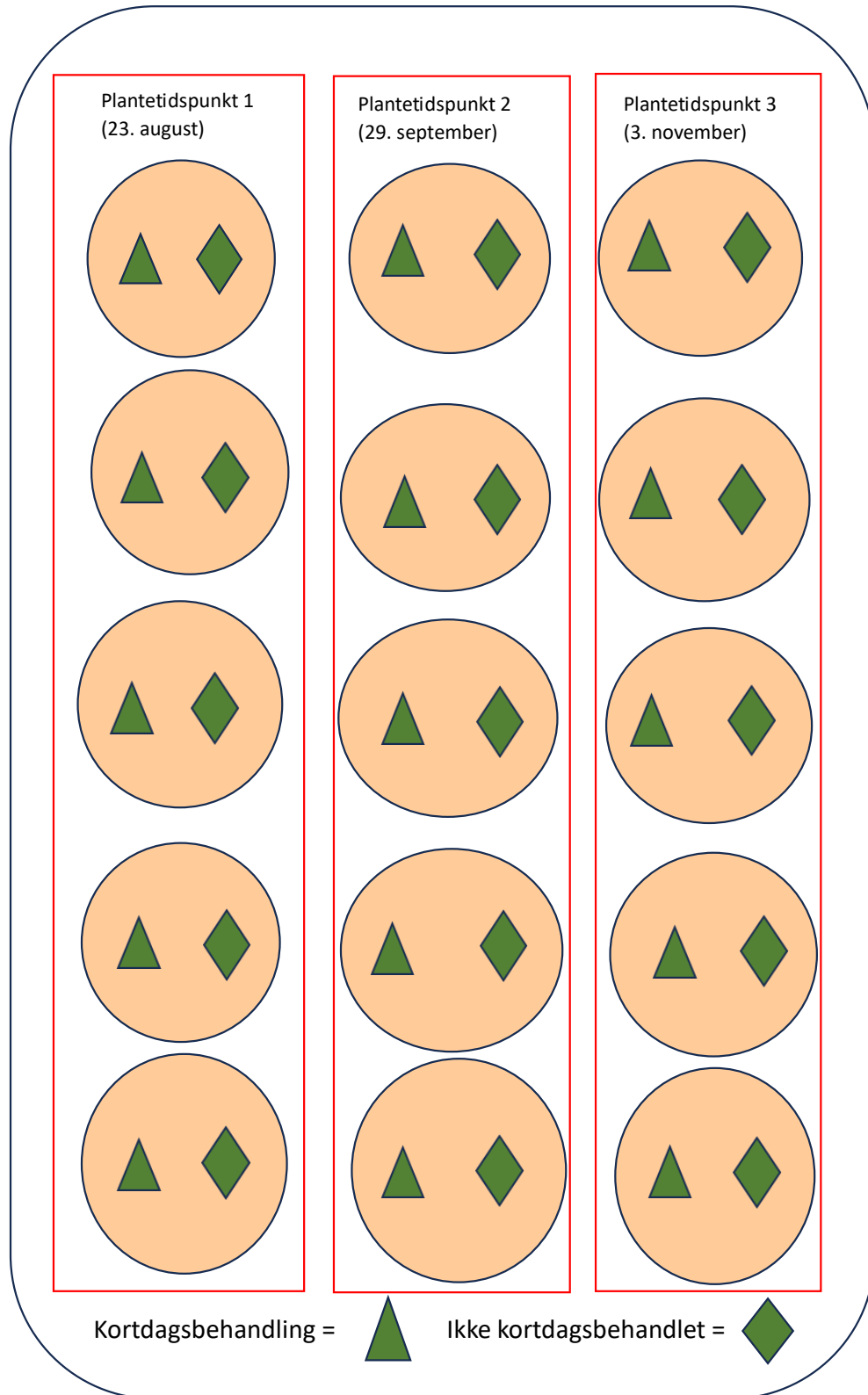
I forsøket er det plantet KD-planter (dobbelbar planter) og IKKE-KD planter (enkeltbar planter). Plantene er dyrket frem hos Skogplanter Østnorge på Biri planteskole. KD-plantene ble oppvannet 16. mars 2022, mens IKKE-KD plantene ble oppvannet 3.mai 2022. KD-plantene fikk deretter kortdagsbehandling i perioden 15.-29. juni, hvor de da fikk 14 timers netter. Utenom kortdagsbehandlingen er plantene behandlet likt med gjødsling og insektmiddel. Plantene ble gjødslet med vanlig NKP mineralgjødsel. Plantene ble også behandlet med insektmiddelet Imprid skog (*Acetaprimid*) samme dag som de ble hentet for utplanting.

2.3 Utplanting og etablering av forsøk

Det ble etablert et forsøksfelt på det første plantefeltet og to forsøksfelt på det andre plantefeltet (*Figur 3*). De to forsøksfeltene som ble etablert på samme plantefelt, ble holdt avskilt fra hverandre på hver sin kant av plantefeltet. For hvert plantetidspunkt ble det plantet 10 planter per gjentak, 5 av hver behandling, som i alt gir 30 planter per gjentak, 300 planter per forsøksfelt og 900 planter totalt for forsøket. Plantetidspunktene i forsøket var 23. august, 29. september og 3. november 2022. Begge plantefeltene var markberedt med gravemaskin, så det ble derfor valgt å sette en plante av hver behandling i samme markberedningsflekk for at plantene parvis skulle ha så like forutsetninger som mulig (*Figur 4*). Plantene ble plantet med planterør (Pottiputki), og deretter merket med fargede pinner ved siden av plantene for å markere KD og IKKE-KD planter og plantetidspunkt.



Figur 3: Oversiktsbilde over forsøksfelt og gjentak (Inntegnet med GPS-tracker funksjon i Allma)



Figur 4: Skisse av gjentak. De røde omrissene avgrensner hvert plantetidspunkt, den gule figuren definerer hver markberedningsflekk og de grønne figurene representerer kortdagsbehandling (KD-planter)/Ikke kortdagsbehandlet (IKKE-KD planter). For hvert forsøksfelt er det lagt ut 10 slike gjentak.

2.4 Registrering av høyde og diameter

For hver plante ble det gjort målinger av høyde og diameter på utplantingstidspunktet. Høyden ble målt fra jordoverflaten og opp til toppen på toppknoppen. For målinger av høyde benyttet jeg tommestokk. Diameter ble målt 5cm opp på stammen fra jordoverflaten på de plantene det var mulig å måle i denne høyden. Noen planter ble imidlertid satt så langt ned i jorden at det ikke var mulig å måle disse i 5 cm høyde, derfor ble disse målt på annen høyde. Det ble gjort en merknad av disse målingene og hvilken høyde de ble målt på. For målinger av diameter brukte jeg digitalt skyvelære. Det ble igjen gjort målinger av plantene 5. oktober 2023, målingene ble gjennomført med samme metode som ved første måling, og også her ble planter hvor diameter ikke kunne måles på 5 cm høyde notert.

2.5 Registrering av vitalitet

Registrering av plantenes vitalitet ble gjennomført våren 2023 (5. mai) og høsten 2023 (4. oktober). Under vårregistreringen ble det benyttet en skala fra 1-4 for registrering av vitalitet. 1 = Fin eller ubetydelig nedsatt vitalitet, 2 = nedsatt vitalitet – manglende topp, 3 = betydelig nedsatt vitalitet – trolig døende eller vil ikke utvikles normalt og 4 = død. I tillegg ble det forsøkt å bedømme årsaken til eventuelle skader på plantene. Det ble satt 9 ulike kategorier for skadeårsak. 1 = Barskade/snutebille, 2 = barskade/brune nåler, 3 = død topp, 4 = ingen topp, 5 = gule nåler, 6 = avbitt/hjortedyr, 7 = drukning, 8 = oppfrost, 9 = soppangrep og 10 = ukjent/borte. Noen av årsakene ble ikke benyttet under registrering.

Ved registrering av vitalitet på høsten 2023 ble det valgt å bruke en mer presis skala for vitalitet, derfor ble skalaen satt fra 0-5, hvor 0 er helt friske planter og 5 er døde planter. Klasse 1-4 er økende grad av dårligere vitalitet. Det ble ikke vurdert skadeårsak på høst på samme måte som vår, men det ble satt en kommentar på de plantene hvor man var sikre på årsaken. En del planter ble vurdert til vitalitet 1 som følge av bredsnutebilleangrep, men plantene har så små skader at dette senere ble vurdert som ubetydelig nedsatt vitalitet.

Etter at datagrunnlaget var samlet inn ble det valgt å reklassifisere vitaliteten for plantene på høsten til å passe skalaen som ble brukt på våren ettersom svært få planter falt innenfor de midlere klassene. Flest planter ble registrert som enten helt friske eller helt døde. Derfor ble klasse 0 og 1 slått sammen til 1, klasse 2 forble 2, klasse 3 og 4 ble 3 og klasse 5 ble 4.

2.6 Statistiske analyser

Før jeg startet med statistiske analyser for høyde- og diametertilvekst, ble noen planter fjernet fra datasettet. Plantene som ble fjernet var planter som ikke representerte den faktiske høyde eller diametertilveksten. Dette var planter som enten var beitet, og da har en lavere faktisk høyde enn de antagelig ville hatt uten beiting. Planter som var registrert med vitalitet 3 eller 4 ved siste registrering av vitalitet, og ikke hadde vanlig utvikling i vekst ettersom de er nesten døde eller døde, ble også tatt ut av analysene for høyde- og diametertilvekst. Totalt av 900 planter gjensto det da 538 planter som har hatt vanlig utvikling i vekst. Høydetilveksten ble beregnet ved å trekke fra høyden ved utplantingstidspunktet fra høyden ved siste registrering. Diametertilveksten ble beregnet ved å trekke fra diameteren ved utplanting fra diameteren ved siste måling. For å beregne relativ høyde- og diametertilvekst ble tilveksten dividert med henholdsvis høyde- og diameter ved siste måling.

For å undersøke forskjellene mellom behandlingene og plantetidspunkt for høyde og diametertilvekst benyttet jeg, fordi residualene i dataene ble antatt å være normalfordelte, en linear mixed-effects model (lmer). Det ble laget separate modeller for høydetilvekst og diametertilvekst. I modellen ble henholdsvis høydetilvekst og diametertilvekst benyttet som responsvariabler, plantetidspunkt og behandling ble brukt som effektvariabler og forsøksfelt og gjentak ble benyttet som tilfeldig variabler. For å undersøke signifikansen av effektvariablene kjørte jeg en ANOVA-analyse på modellene. Deretter brukte jeg estimated marginal means og estimated marginal means and incidence predictors, for å undersøke de ulike interaksjonene og forskjellene mellom effektvariablene.

For vitalitet valgte jeg å bruke en generalized linear mixed-effects model, med family binomial. Ettersom vitaliteten i forsøket er registrert på en skala fra 1-4 ble det opprettet en ny skalert skala i datasettet som skalerer vitaliteten fra 1-4 til en skala fra 0-1 slik at den passer i en modell med binomial family. I modellen er vitalitet benyttet som responsvariabel, plantetidspunkt og behandling er benyttet som effektvariabler og forsøksfelt og gjentak er satt som tilfeldige variabler. Det ble også her benyttet en ANOVA-analyse på modellen for å fastslå signifikante effekter og eventuelle interaksjoner mellom effektvariablene. Estimated marginal means ble også brukt til å undersøke forskjellen mellom effektvariablene.

Alle statistiske analyser ble gjennomført i R (RStudio 2023.12.1+402) og resultater ble regnet som signifikante ved en p-verdi $<0,05$.

3. Resultater

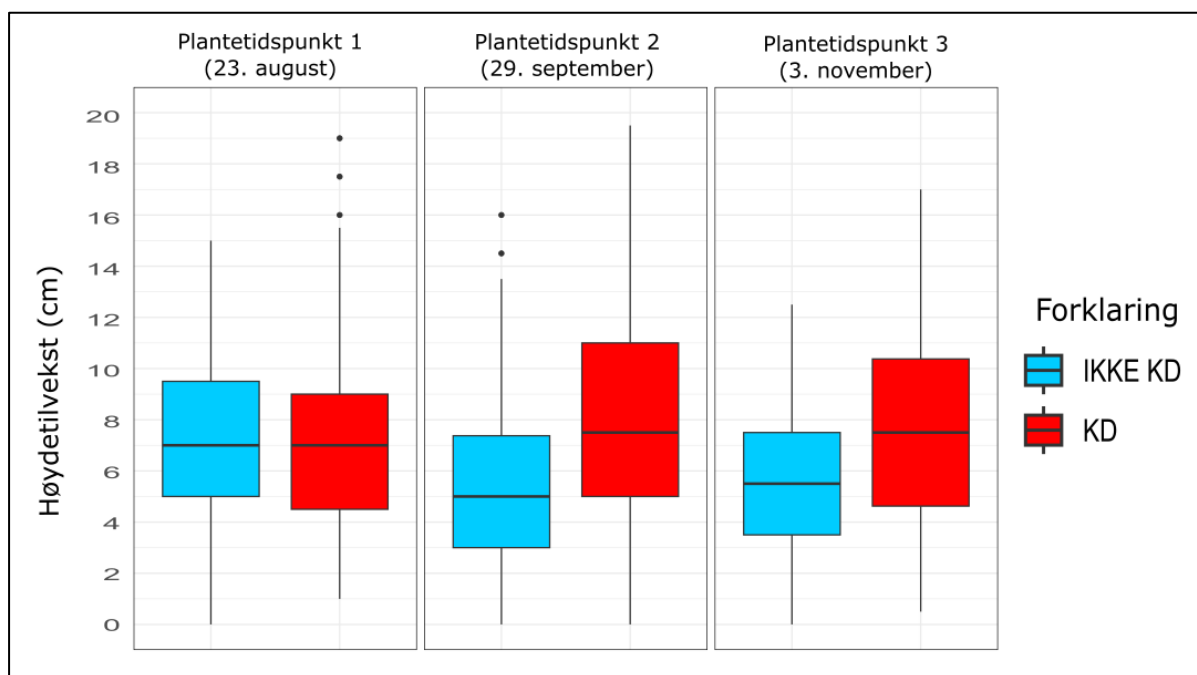
3.1 Høyde og høydetilvekst

KD-planter hadde en større høydetilvekst enn IKKE-KD planter. KD-plantene hadde en gjennomsnittlig høydetilvekst på 7,49 cm, mens IKKE-KD plantene hadde en gjennomsnittlig høydetilvekst på 5,81 cm. Det vil si at KD-plantene hadde 1,68 cm større høydetilvekst sammenlignet med IKKE-KD plantene. Den relative høydetilveksten var imidlertid størst for IKKE-KD planter, med 93% sammenlignet med 59% for KD-plantene. KD-plantene var ved siste høyderegistrering i gjennomsnitt 21,50 cm høye, mens IKKE-KD plantene hadde en gjennomsnittlig høyde ved siste måling på 13,30 cm (*Tabell 1*).

Tabell 1: Gjennomsnittlig høyde(r), høydetilvekst og relativ høydetilvekst for KD-planter og IKKE-KD planter

	KD	IKKE KD	
Høyde ved utplanting	14,1	7,51	cm
Høydetilvekst	7,49	5,81	cm
Høyde ved siste måling	21,5	13,3	cm
Relativ høydetilvekst	59 %	93 %	

Alle planter satt ut på plantetidspunkt 1 hadde lik vekst, uavhengig av daglengdebehandling. For de som ble plantet ut på de to siste plantetidspunktene hadde KD-plantene høyere høydetilvekst enn IKKE-KD-plantene (*Figur 5*). Dette ga en signifikant interaksjonseffekt mellom plantetidspunkt og daglengdebehandling, men ingen signifikant effekt på høydetilvekst av plantetidspunkt alene (*Tabell 2*).



Figur 5: KD-planter og IKKE-KD planters høydetilvekst fordelt på plantetidspunkt

Tabell 2: Resultater fra analyser av høydetilvekst som responsvariabel, med p-verdi for hver forklaringsvariabel

Responsvariabel	Forklaringsvariabel	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Høydetilvekst	Plantetidspunkt	0,4936	2	0,7813
	Kortdagsbehandling	27,5831	1	1,505e-07 ***
	Plantetidspunkt : Kortdagsbehandling	7,6513	2	0,0218 *

Signifikanskoder: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '' 1

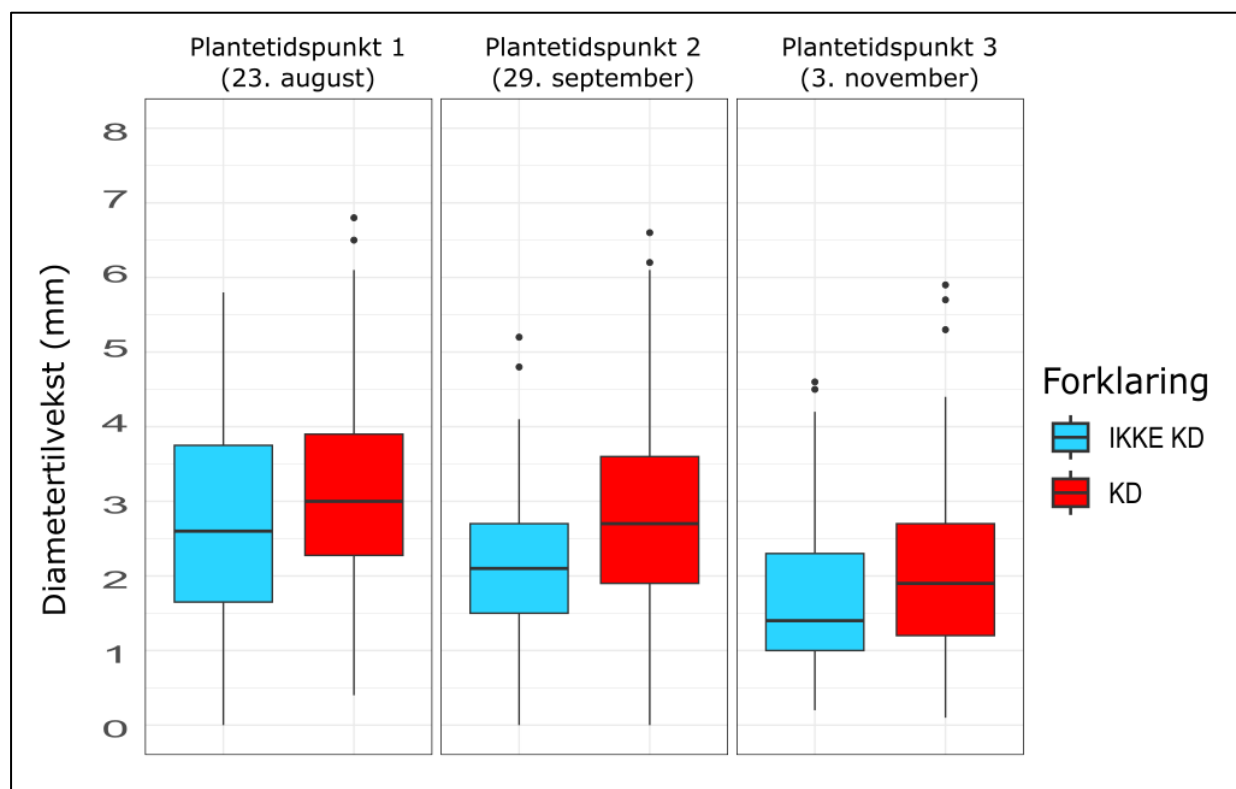
3.2 Diameter og diameter tilvekst

Både diameter tilveksten og den relative diameter tilveksten var større for KD-planter sammenlignet med IKKE-KD planter, med henholdsvis 2,63 mm og 2,08 mm i diameter tilvekst og 94% og 82% i relativ diameter tilvekst. Dette gir en forskjell i diameter tilvekst på 0,78 mm. Ved siste måling var diameteren for KD og IKKE-KD planter henholdsvis 5,48 mm og 4,70 mm (Tabell 3).

Tabell 3: Gjennomsnittlig diameter, diameter tilvekst og relativ diameter tilvekst for KD-planter og IKKE-KD planter

	KD	IKKE KD	
Diameter ved utplanting	2,83	2,61	mm
Diameter tilvekst	2,63	2,08	mm
Diameter ved siste måling	5,48	4,70	mm
Relativ diameter tilvekst	94 %	82 %	

Både kortdagsbehandling og plantetidspunkt hadde signifikant effekt på diametertilveksten (Tabell 4). KD-plantene hadde bedre diametertilvekst uavhengig av plantetidspunkt, mens plantene hadde dårligere diametertilvekst ved senere planting uavhengig av behandlingen (Figur 6).



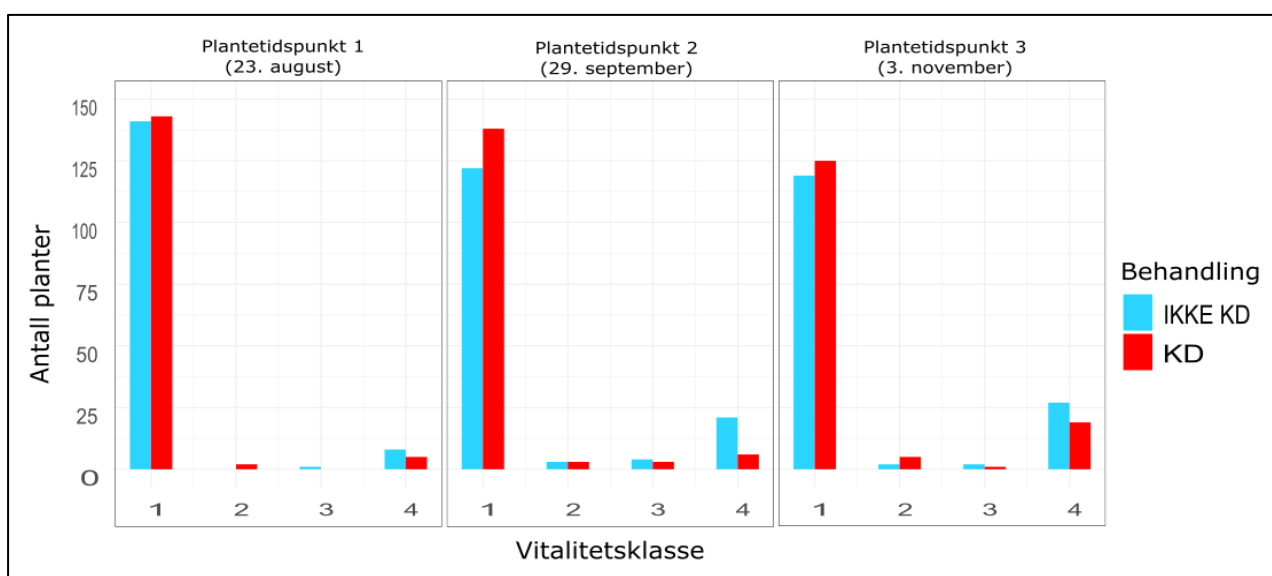
Figur 6: KD-planter og IKKE-KD planters diametertilvekst fordelt på plantetidspunkt

Tabell 4: Resultater fra analyser av diametertilvekst som responsvariabel, med p-verdi for hver forklaringsvariabel

Responsvariabel	Forklaringsvariabel	Chisq	Df	Pr(>Chisq)		
Diametertilvekst	Plantetidspunkt	81,9501	2	<2,2e-16 ***		
	Kortdagsbehandling	32,6548	1	1,101e-08 ***		
	Plantetidspunkt : Kortdagsbehandling	1,5005	2	0,4722		
Signifikanskoder:	0 '***'	0,001 '**'	0,01 '*'	0,05 '.'	0,1 ''	1

3.3 Vitalitet og skader

KD-planter hadde bedre overlevelse enn IKKE-KD planter (*Tabell 5*), med en avgang på henholdsvis 6,7% og 12,4% i gjennomsnitt fordelt på alle plantetidspunkt (andel planter i vitalitetsklasse 4 = døde planter). Avgangen for begge plantetyper er økende for hvert plantetidspunkt (*Figur 7*). Avgangen varierte også mellom plantetidspunktene, med totalt 4,3%, 9% og 15,3% for henholdsvis plantetidspunkt 1, 2 og 3. KD-plantene hadde en avgang på 3,33%, 4% og 12,7% for henholdsvis plantetidspunkt 1, 2 og 3. IKKE-KD plantene hadde en avgang på 5,33%, 14% og 18% for henholdsvis plantetidspunkt 1, 2 og 3



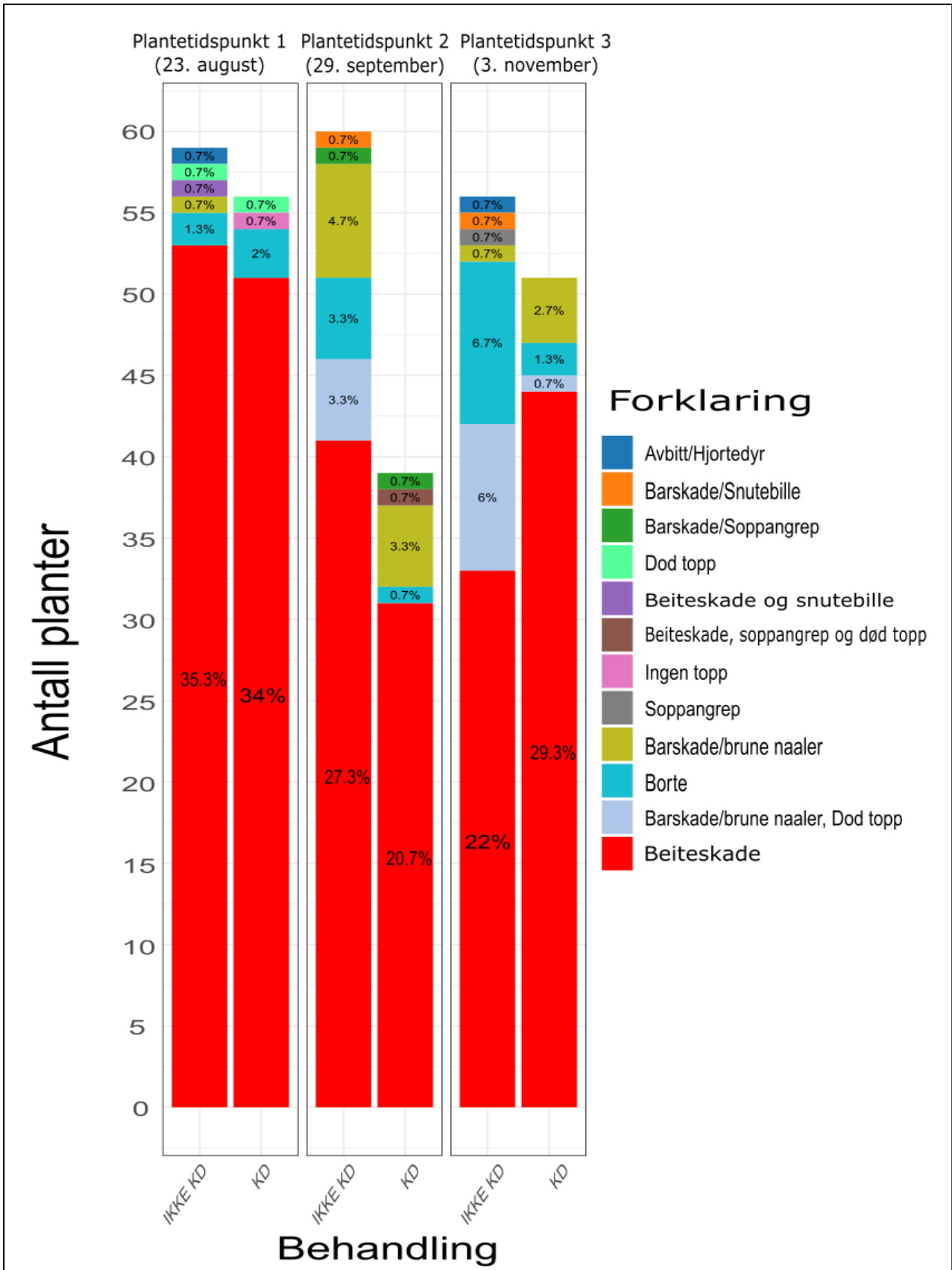
Figur 7: Vitalitetsfordeling etter siste registrering (5. oktober 2023) fordelt på plantetidspunkt og behandling

Tabell 5: Resultater for analyser av vitalitet som responsvariabel, med p-verdier for hver forklaringsvariabel

Responsvariabel	Forklaringsvariabel	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Vitalitet	Plantetidspunkt	9,8777	1	0,001673 **
	Kortdagsbehandling	20,7357	1	5,272e-06 ***
	Plantetidspunkt : Kortdagsbehandling	0,3960	1	0,529141

Signifikanskoder: 0 '****' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '' 1

Det ble registrert flere ulike skader, men beiteskader var den mest fremtredende årsaken. Andre årsaker ble registrert i liten grad, men av de viktigste kan barskade/brune nåler, barskade/brune nåler/død topp og planter som er borte nevnes. Fordelingen av skader på plantene fordelt på plantetidspunkt er også ganske jevn, hvor det er henholdsvis 115, 99 og 107 skadde planter registrert for plantetidspunkt 1, 2 og 3 (*Figur 8*).



Figur 8: Skadeårsaker fordelt på plantetidspunkt og behandling. % som oppgis viser hvor stor andel av plantene totalt for hver behandling og hvert plantetidspunkt som er påvirket av en årsak.

4. Diskusjon

Med større etterspørsel og interesse for planting av furu i skogbruket, kreves det mer kunnskap om hvordan man best mulig kan lykkes med foryngelsen. I masteroppgaven har jeg undersøkt effekten av kortdagsbehandling på furu sammenlignet med vanlige ettårige planter, og sett på hvordan plantene påvirkes av senere plantetidspunkter utover høsten, med tanke på både vekst og overlevelse.

Kortdagsbehandling hadde en positiv effekt på vekst. KD-plantene hadde bedre høyde og diametervekst enn IKKE-KD planter, utenom høydetilvekst for plantetidspunkt 1, hvor det ikke var noen forskjell mellom behandlingene. Disse resultatene støtter min første hypotese om at kortdagsbehandling av furu gir bedre vekst sammenlignet med ettårige furuplanter. I tillegg til at KD-plantene ved utplanting var større i både høyde og diameter, hadde de utviklet «dobbelbar», det vil si at de hadde mer barmasse enn IKKE-KD plantene. Studiene til Levy og McKay (2003) & Mason et al. (1996) som handler om andre treslag enn furu, samt Jäghagen og Albrektson (1996) har alle vist at større stammediameter på plantene fører til bedre vekst etter utplanting. Grossnickle (2000), på sin side, viste at rotvekst har en sammenheng med plantenes stammediameter. Planter som raskt klarer å etablere et godt rotsystem vil etablere seg og vokse raskere enn planter som har dårligere rotutvikling. I denne studien har jeg ikke gjennomført analyser av rotbiomasse, så jeg kan ikke med sikkerhet si at KD-plantene har et større og bedre rotsystem enn IKKE-KD plantene, men stammediameteren kan gi en indikasjon. I tillegg har Mexal og Landis (1990) vist at stammediameter har en sammenheng med plantenes vannopptaks- og vanntransportkapasitet, noe som er viktig for god vekst.

En rekke studier (Grossnickle, S. (2005); Haase et al. (2006); Morrissey et al. (2010); Rose og Ketchum (2003) & Thiffault et al. (2014)) har vist at planters høyde ved utplanting har en positiv effekt på veksten. Det kan skyldes flere faktorer. Planter som er høyere og større ved utplanting vil antageligvis lettere kunne utkonkurrere annen vegetasjon, og generelt vil de også ha mer barmasse enn mindre planter, noe som igjen gir en høyere fotosyntesekapasitet. Dette stemmer godt overens med mine resultater.

KD-plantene hadde en gjennomsnittlig avgang på 6,7%, mens IKK-KD plantene hadde en gjennomsnittlig avgang på 12,4% (Figur 7). Avgangen er derfor å regne som relativt «normal» med tanke på hva som er forventet i skognæringen, hvor det som regel opereres

med en forventet avgang i et plantefelt på ca. 10-15% (Pers.med Kløvstad, 2024), men KD-plantene hadde som nevnt bedre overlevelse totalt. Antall skadde planter var også flere for IKKE-KD planter sammenlignet med KD-planter (*Figur 8*). Resultatene støtter min andre hypotese om at kortdagsbehandling av furuplanter fører til høyere overlevelse og færre skader enn vanlig ettårige furuplanter. Mye av grunnen til dette er de samme faktorene som påvirket veksten: blant annet er det for overlevelse vist i tidligere studier (for ulike treslag) at størrelsen er avgjørende for overlevelse. Bayley og Kietzka (1997); Hines og Long (1986); Mexal et al. (2008); Morrissey et al. (2010); Oliet et al. (2009); South et al. (2005) har i tidligere studier vist sammenheng mellom overlevelse og en større diameter, mens Grossnickle, S. (2005); Haase et al. (2006); Morrissey et al. (2010); Rose og Ketchum (2003) & Thiffault et al. (2014) viste det samme for høyde, der høyere planter har bedre overlevelse.

Senere plantetidspunkter reduserte diametertilveksten på plantene, men påvirket ikke høydertilveksten. Diametertilveksten ble redusert i takt med senere planting. KD-plantene hadde fortsatt større høyde- og diametertilvekst enn IKKE-KD planter, selv ved senere plantetidspunkter. Dette resultatet var delvis som forventet i forhold til hypotese tre, om at plantenes vekst, både høyde- og diametertilvekst, ville bli påvirket av senere planting og at KD-plantene ville ha bedre høyde- og diametertilvekst enn IKKE-KD planter ved senere planting. Luoranen et al. (2011); Luoranen og Rikala (2013) & Wallertz et al. (2016) har alle vist at rotveksten setter i gang senere hos planter som er plantet senere på høst, noe som kan være med å forklare forskjellen i vekst. Resultatene i disse studiene tar imidlertid for seg høydeveksten, og jeg fant i denne studien ingen forskjell i høydevekst for de ulike plantetidspunktene. Luoranen (2018) fant i sin studie om plantetidspunkt for både furu og gran, at furuplantene som ble plantet tidligere på høstsesongen hadde større diameter enn de som ble plantet senere på høsten. Forklaringen på dette ligger, ifølge studien, i at planter som blir plantet tidligere på sesongen setter i gang med rotvekst tidligere på våren. Når rotveksten setter i gang tidligere, fører dette til at plantene raskere etablerer seg og kan sette i gang vekst også over bakken.

Planting av furu senere på høsten økte dødeligheten. Dette resultatet stemmer delvis med hypotese fire, om at senere plantetidspunkter for furu fører til lavere overlevelse og flere skader, samt at KD-plantene ville ha høyere overlevelse og færre skadde planter ved senere plantetidspunkt. Plantetidspunkt 1 (23. august), som er relativt tidlig i sesongen for høstplanting, hadde lavest avgang (4,3%). Planteplantetidspunkt 2 (29. september), som er relativt sent i den vanlige plantesesongen, hadde litt høyere avgang (9%). Plantetidspunkt 3

(3. november), som er godt utenfor vanlig høstplantesesong, hadde høyest avgang (15,3%). Selv om totalandelen døde planter økte for hvert plantetidspunkt, klarte KD-plantene seg bedre enn IKKE-KD plantene. Antallet skadde planter var relativt jevnt for de tre plantetidspunktene, og det ble ikke vist noe sammenheng i antall skadde planter totalt. Årsaken til at planting på tidligere tidspunkter lykkes bedre med tanke på overlevelse kan være sammensatt av flere faktorer. Som nevnt tidligere vil planter som er plantet tidligere sette i gang med rotvekst tidligere på våren (Luoranen, 2018) , og kan dermed føre til bedre etablering den påfølgende sesongen. Plantene som ble plantet sent hadde også lavere diameter enn tidlig plantede planter. Stammediameter kan indikere hvor godt plantene kan ta opp og transportere vann, og dermed også håndtere tørke (Mexal & Landis, 1990). Skaden som oftest førte til stor nedsatt vitalitet eller død var beiteskader. Årsaken til hvorfor KD-plantene har taklet beitepresset bedre enn IKKE-KD plantene er ikke enkelt å forklare. En teori kan være at KD-plantene har mer barmasse, så når de blir beitet blir en mindre andel av planten beitet, sammenlignet med IKKE-KD plantene. Dermed klarer de enklere å kompensere for tapt barmasse fra beitingen. Mine resultater er både samsvarende og motstridende til tidligere forskning når det gjelder plantetidspunkt. Noen tidligere studier, blant annet (Luoranen, 2018), har vist at høstplanting av furu kan fungere helt fint. Andre studier har vært mer skeptiske til planting av furu sent på høsten, som for eksempel studiene til (Luoranen & Rikala, 2013 & Pikkarainen et al., 2020) som begge konkluderte med at man bør være forsiktig med planting av furu sent på høsten. Begge artiklene presiserer imidlertid at resultatene fra planting vil være avhengig av klima og vær under planting og i etableringsfasen.

Noe av det viktigste når man vurderer senere planting av furu bør uansett være værforholdene. Luoranen (2018) hadde i sitt forsøk relativt optimale forhold til langt ut på høsten, noe som førte til at den sene planting hadde minimal effekt på plantene den påfølgende sesongen. Værforholdene i perioden for forsøket jeg gjennomførte kan også beskrives som relativt gode, med tanke på temperatur utover høsten og mengde nedbør, som begge deler førte til at plantene klarte seg ganske godt. Med tanke på klimaendringene er det ikke utenkelig at forholdene fremover generelt vil ligge bedre til rette for høstplanting enn det har gjort tidligere. Det vil med høy sannsynlighet fortsatt komme ekstremår hvor planting enten ikke lar seg gjennomføre eller at det fører til høy avgang etter planting. Dette problemet finnes også med nåværende praksis, og vil være tilnærmet umulig å forutsi.

5. Konklusjon

Resultatene fra denne studien viste at kortdagsbehandling av furuplanter gir en effekt i form av bedre vekst og overlevelse. Senere plantetidspunkter på høsten gav gode resultater, selv om avgangen økte med senere plantetidspunkt. KD-plantene klarte seg allikevel bedre på senere plantetidspunkter på høsten enn IKKE-KD planter. Selv om det ikke finnes mye studier angående dette på furu fra før, vil jeg påstå at mye av forklaringen av dette ligger i at disse plantene har et større fotosynteseapparat som følge av dobbelt-baret de utvikler ved behandlingen, i tillegg til at de er større og mer robuste ved utplanting som gjør at de tåler noen stressfaktorer bedre enn IKKE-KD plantene. Dette støttes også av tidligere forskning som har vist at planter som er større i både høyde og diameter har en fordel i både vekst og overlevelse, samt at planter med større barmasse vokser bedre.

Studien har ikke gjennomført undersøkelse av plantenes biomasse/rotmasse. Dette er noe som bør vurderes videre i prosjektet for å se om det finnes en sammenheng mellom biomasse/rotmasse og plantenes vekst og overlevelse med tanke på behandling og plantetidspunkt.

Denne studien har også noen andre begrensninger som bør tas med i vurderingen. Forsøket er gjennomført på et relativt lite geografisk område i Norge, og det er derfor ikke sikkert det vil fungere like godt i andre deler av landet. Det er i tillegg bare gjennomført undersøkelse av 900 planter totalt, hvor av mange av disse utgikk som en del av resultatene for vekst på grunn av skader og avgang blant plantene. Et større forsøk hvor man tester både behandlingen og plantetidspunkt over et større geografisk område vil være fordelaktig for å gi et enda bedre innblikk i både fordelene og ulempene ved KD-planter vs. IKKE-KD planter, samt senere plantetidspunkt.

Da forsøket ble etablert ble også planteplassen og plantingene nøye vurdert og gjennomført av meg, i samarbeid med NIBIO. Plantearbeid er et fysisk krevende arbeid, samtidig som kunnskapen angående planting og planteplasser kan være svært varierende blant dem som gjennomfører det i praksis. Dette kan føre til både bedre og dårligere resultater alt ettersom kvaliteten på plantørene, plantejobben som blir gjennomført og kvaliteten på lokaliteten det plantes på (topografi, geologi og kvalitet på markberedningsjobben osv.). Håndtering og lagring av plantene etter de er tatt ut fra lageret hos planteskolen vil også være med å påvirke resultatet.

Det bør også gjennomføres økonomiske analyser ved bruk av KD-plantene sammenlignet med IKKE-KD plantene som vi er vant med fra før av. Ettersom KD-plantene sås inn før IKKE-KD plantene er det sannsynlig at disse plantene vil ha en litt høyere kostnad å produsere for planteskolene, blant annet på grunn av at de må dyrkes lengre og krever kortdagsbehandling i løpet av sommeren, og dette vil følgelig påvirke prisen ut til skogeier. IKKE-KD plantene hadde betydelig høyere avgang på de senere plantetidspunktene sammenlignet med KD-plantene, noe som er en god indikasjon på at KD-plantene bør vurderes på senere plantetidspunkter og kan gi bedre økonomisk resultat i form av at man i større grad kan unngå suppleringsplanting. Om KD-plantene har en stor nok fordel med tanke på både vekst og overlevelse slik at dette forsvarer en eventuell høyere pris på plantene er et særdeles interessant spørsmål som bør undersøkes nærmere.

Denne studien viser lovende resultater sett i sammenheng med den økende interessen for planting av furu, og hvordan man lykkes med dette. Det er imidlertid bare gjennomført registreringer av plantene gjennom en vekstsesong, og det ville vært interessant å undersøke hvordan disse plantene utvikler seg videre i etableringsfasen. Studien er som nevnt bare gjennomført på et lite område på Stange i Innlandet. Det vil derfor være naturlig at neste steg i forskningen er å gjennomføre et slikt forsøk på et større geografisk område for å undersøke om det kan finnes noen regionale forskjeller i resultater.

Litteraturliste

- Andersson M. (red), Aulie A., Haget D., Holen C.O., Holm H., Kjær R., Lunde M., Sandtrøen M. & Skagestad E. C. (2024). *Innlandsskogbruket i tall*. Statsforvalteren i Innlandet
- Basler, D. & Körner, C. (2012). Photoperiod sensitivity of bud burst in 14 temperate forest tree species. *Agricultural and forest Meteorology*, 165: 73-81.
- Bayley, A. & Kietzka, J. (1997). Stock quality and field performance of *Pinus patula* seedlings produced under two nursery growing regimes during seven different nursery production periods. *New Forests*, 13 (1): 341-356.
- Davis, A. S. & Jacobs, D. F. (2005). Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests*, 30: 295-311.
- Edvardsen, Ø., Steffenrem, A., Johnskås, O., Johnsen, Ø., Myking, T. & Kvaalen, H. (2017). *Skogfrøverkets strategi for skogplanteforedling 2010–2040 (revidert 2017)*. Stiftelsen det norske Skogfrøverk. Tilgjengelig fra: <https://www.skogfroverket.no/wp-content/uploads/2024/03/Statistikk-fra-Skogfroverket-Planter-2023-korrigert.pdf> (lest 15.03.2024).
- 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.
- 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 (3).
- Friberg, R. (1980). «Tvåårig» tall på en sommer – ett annorlunda sätt att utnyttja daglängsreglering. *Plantnytt*.
- Grossnickle, S. (2005). Seedling size and reforestation success. How big is big enough. *The Thin Green Line*: 138.
- Grossnickle, S. C. (2000). *Ecophysiology of northern spruce species: the performance of planted seedlings*: NRC Research Press.
- Grossnickle, S. C. (2005). Importance of root growth in overcoming planting stress. *New forests*, 30 (2-3): 273-294.
- Grossnickle, S. C. (2012). Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests*, 43 (5): 711-738.
- Grossnickle, S. C. & MacDonald, J. E. (2018). Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New forests*, 49: 1-34.
- Hines, F. D. & Long, J. N. (1986). First-and second-year survival of containerized Engelmann spruce in relation to initial seedling size. *Canadian Journal of Forest Research*, 16 (3): 668-670.
- Haase, D. L., Rose, R. & Trobaugh, J. (2006). Field performance of three stock sizes of Douglas-fir container seedlings grown with slow-release fertilizer in the nursery growing medium. *New Forests*, 31: 1-24.
- Johnson, D. M. & Smith, W. K. (2005). Refugial forests of the southern Appalachians: photosynthesis and survival in current-year *Abies fraseri* seedlings. *Tree Physiology*, 25 (11): 1379-1387.
- Jäghagen, K. & Albrektson, A. (1996). Induced competition among Scots pine seedlings and its effect on future timber quality. *New forests*, 12: 163-174.

- Kausrud, K., Vandvik, V., Flø, D., Geange, S. R., Hegland, S. J., Hermansen, J. S., Hole, L. R., Ims, R. A., Kauserud, H. & Kirkendall, L. R. (2022). *Klimaendringer og virkninger på hovedøkosystem skog*. VKM Report. Tilgjengelig fra: <https://vkm.no/download/18.546280c018378f2c61a474f4/1667207830774/Klimaendringer%20og%20virkninger%20p%C3%A5%20hoved%C3%B8kosystem%20skog.pdf> (lest 23.03.2024).
- Kløvstad, A. G. (2024). *SMS-utveksling angående forventet avgang i plantefelt* (24.04.2024).
- Levy, P. & McKay, H. (2003). Assessing tree seedling vitality tests using sensitivity analysis of a process-based growth model. *Forest ecology and management*, 183 (1-3): 77-93.
- Luis, V. C., Puértolas, J., Climent, J., Peters, J., González-Rodríguez, Á. M., Morales, D. & Jiménez, M. S. (2009). Nursery fertilization enhances survival and physiological status in Canary Island pine (*Pinus canariensis*) seedlings planted in a semiarid environment. *European Journal of Forest Research*, 128: 221-229.
- Luoranen, J., Rikala, R. & Smolander, H. (2011). Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance.
- Luoranen, J. & Rikala, R. (2013). Field performance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings planted in disc trenched or mounded sites over an extended planting season. *New Forests*, 44 (2): 147-162.
- 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 (2).
- 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: 79-90.
- Mason, E. G., South, D. B. & Weizhong, Z. (1996). Performance of *Pinus radiata* in relation to seedling grade, weed control, and soil cultivation in the central North Island of New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 26 (1/2): 173-183.
- McDowell, N., Pockman, W. T., Allen, C. D., Breshears, D. D., Cobb, N., Kolb, T., Plaut, J., Sperry, J., West, A. & Williams, D. G. (2008). Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New phytologist*, 178 (4): 719-739.
- Mexal, J., Cuevas Rangel, R. & Landis, T. (2008). Reforestation success in central Mexico: factors determining survival and early growth. *Tree Planters' Notes*, 53 (1): 16-22.
- Mexal, J. G. & Landis, T. D. (1990). *Target seedling concepts: height and diameter*. Target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations, general technical report RM-200.
- Morrissey, R. C., Jacobs, D. F., Davis, A. S. & Rathfon, R. A. (2010). Survival and competitiveness of *Quercus rubra* regeneration associated with planting stocktype and harvest opening intensity. *New Forests*, 40: 273-287.
- NIBIO. (2024). *LandbruksMeteorologisk Tjeneste - værstasjon på ilseng*. Tilgjengelig fra: <https://lmt.nibio.no/stationinfo/26/> (lest 26.02.2024).
- 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.
- Oliet, J. A., Planelles, R., Artero, F., Valverde, R., Jacobs, D. F. & Segura, M. L. (2009). Field performance of *Pinus halepensis* planted in Mediterranean arid conditions: relative influence of seedling morphology and mineral nutrition. *New Forests*, 37: 313-331.

- Pikkarainen, L., Luoranen, J., Kilpeläinen, A., Oijala, T. & Peltola, H. (2020). Comparison of planting success in one-year-old spring, summer and autumn plantings of Norway spruce and Scots pine under boreal conditions. *Silva Fennica*, 54 (1).
- Rose, R. & Ketchum, J. S. (2003). Interaction of initial seedling diameter, fertilization and weed control on Douglas-fir growth over the first four years after planting. *Annals of Forest Science*, 60 (7): 625-635.
- Rosvall-Ahnebrink, G. (1982). Practical application of dormancy induction techniques to greenhouse-grown conifers in Sweden. *Proceedings of the Canadian containerized tree seedling symposium*: 163-170.
- SSB. (2024). *Skogavvirkning for salg*. www.ssb.no: Statistisk Sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/skogavvirkning-for-salg> (lest 18.03).
- Skogbrukslova. *LOV-2005-05-27-31: Lov om skogbruk (skogbrukslova)*.
- Skogfrøverket. (2023). *Statistikk fra Skogfrøverket - Leverte skogplanter i 2023*. www.skogfroverket.no: Skogfrøverket.
- Smith, D., Larson, B., Kelty, M. & Ashton, M. (1997). The practice of silviculture: Applied forest ecology. I, s. Chapter 7. pages: 161-191.
- Solberg, E. J., Veiberg, V., Strand, O., Hansen, B. B., Rolandsen, C. M., Andersen, R., Heim, M., Solem, M. I., Holmstrøm, F. & Granhus, A. (2022). Hjortevilt 1991–2021. Oppsummeringsrapport fra Overvåkingsprogrammet for hjortevilt.
- South, D. B., Harris, S. W., Barnett, J. P., Hains, M. J. & Gjerstad, D. H. (2005). Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA. *Forest Ecology and Management*, 204 (2-3): 385-398.
- Thiffault, N., Jobidon, R. & Munson, A. D. (2014). Comparing large containerized and bareroot conifer stock on sites of contrasting vegetation composition in a non-herbicide scenario. *New forests*, 45: 875-891.
- Thompson, B. (1985). Seedling morphological evaluation: what you can tell by looking. *Duryea ML (ed) Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive ability og major tests*. Forest Research Laboratory. Oregon State University, Corvallis, OR, pp 59-72.
- Wallertz, K., Hanssen, K.H., Hjelm, K. & Fløistad, I.S. (2016). Effects of planting time on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage to Norway spruce seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31 (3): 262-270.
- Westgård, W. B. (2013, 10.06.2013). Planter ut gran til elgen. *Østlendingen*. Tilgjengelig fra: <https://www.ostlendingen.no/nyheter/nyheter/planter-ut-gran-til-elgen/s/2-2.2757-1.7928518> (lest 01.04.2024).



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway