



Effekter av arGrow® Granulat i ett femårigt fältförsök på Jonkesåsen

*Effects of arGrow® Granulate in a five-year old field trial at
Jonkesåsen*

NORUNN KARLSSON

LAVINIA WIDSJÖN



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2024:07

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Effekter av arGrow® Granulat i ett femårigt fältförsök på Jonkesåsen

Effects of arGrow® Granulate in a five-year old field trial at Jonkesåsen

Norunn Karlsson

Lavinia Widsjön

Handledare: Elisabeth Wallin och Daniel Gräns, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Johan Törnblom, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2024

Omslagsbild: Bild från försökslokalen på en tall precis innan den skall grävas upp. Foto: Norunn Karlsson

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2024:07

Nyckelord: plantöverlevnad, argininfosfat, biostimulant



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

Plantöverlevnad och snabb tillväxt är av stort intresse för många skogsägare runt om i landet. Biostimulanter är ämnen som i små mängder skulle kunna gynna en växts upptag av markens näring och på så sätt skiljer sig dessa produkter från traditionella gödselmedel. På marknaden erbjuds denna typ av produkter som kan stimulera skogsplantors etablering och rotutveckling efter utplantering och bidra till att plantorna blir tåligare och kraftigare. Välutvecklade rötter är av stor betydelse för att plantan bättre ska kunna tillgodogöra sig det markvatten och de näringsämnen som normalt finns i marken på en föryngringsyta där vattenförsörjning är den viktigaste parametern för plantöverlevnaden. Fältförsök med tillförsel av en biostimulant, arGrow® Granulat, i samband med plantering har anlagts på många olika håll i landet under senare år. Försöket som denna studie baseras på finns i norra Hälsingland på Jonkesåsen nära Delsbo och anlades av Holmen 2019. Vid slutinventeringen som skedde under sensommaren 2023 hade plantorna generellt en hög överlevnad vilket gav ett bra utgångsläge för fortsatt datainsamling.

Syftet med denna studie var att efter fem tillväxtsånger undersöka effekterna av arGrow® Granulat, innehållande aminosyran arginin, som tillsatts vid plantering av tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*). Den aktuella ståndorten var en sandig morän med medelgod bördighet, motsvarande ett ståndortsindex på T24. De frågeställningar som undersöktes var kopplade till arGrow® Granulats påverkan på rotutveckling, höjdtillväxt och ovanjordsbiomassa för tall- och granplantor. För att besvara frågeställningarna genomfördes hypotesprövningar med mothypotes att arGrow® Granulat hade haft en positiv påverkan på plantornas egenskaper.

Den enda statistiskt säkerställda skillnaden gällde tallens ovanjordsbiomassa som var 31 procent högre för plantor som fått arGrow® Granulat vid plantering jämfört med de plantor som inte fått arGrow® Granulat. För gran var motsvarande skillnad 10 procent och inte statistisk signifikant. Det observerades generellt en tendens till att arGrow® Granulat hade haft en positiv inverkan på samtliga studerade egenskaper för tallplantorna, och att effekten inte var lika tydlig för granplantorna i försöket. När det gällde rotutvecklingen var skillnaden i torrsvikt 16 procent till de arGrow® Granulat-behandlade tallplantornas fördel medan motsvarande siffra var tre procent för granplantorna. Med ett större rotsystem får plantan bättre förutsättningar att bilda mer ovanjordsbiomassa. Plantornas höjdtillväxt var 12 procent högre för tall och tre procent högre för gran när de behandlats med arGrow® Granulat men dessa skillnader var inte statistiskt signifikanta.

Slutsatser som kan dras baserat på detta material är att tallen gynnats mer av den tillsatta argininbaserade biostimulanten arGrow® Granulat under de förutsättningar som lokalen erbjöd. Det gick dock i flera fall inte att med våra tillgängliga dataanalysmetoder bevisa skillnaderna statistiskt. Standardavvikelsen var relativt stor i materialet och ett större antal uppgrävda provplantor hade kunnat ge säkrare resultat. Priset för arGrow® Granulat vid plantering var när denna studie genomfördes augusti 2023 cirka 44 öre per planta och dessutom antas kostnaden för arbetet öka i samband med planteringen. Fler studier behövs gällande lönsamheten i denna åtgärd.

Nyckelord: plantöverlevnad, argininfosfat, biostimulant

Abstract

Plant survival and rapid growth are of great interest to many forest owners around the country. There are certain products available that may be added in small amounts to improve a seedlings ability to absorb nutrients from the soil. These products are often referred to as one category of biostimulants. The market offers this kind of products to stimulate root development and, as a result, to get more robust and resilient seedlings. Well-developed roots are of great importance for a seedlings' ability to utilize the soil water and nutrients available in the soil at a forest regeneration site and water supply is the most important parameter for plant survival. Field trials testing the effects of the biostimulant arGrow® Granulat have recently been established at many different locations around the country. The trial used for this study was established by Holmen in 2019 in northern Hälsingland, at Jonkesåsen, close to Delsbo. At the time of final inventory, which was performed late in the summer of 2023, the plant survival was high and the trial was found to be suitable for additional data collection.

The purpose of the study was to investigate the effects, after five growing seasons, and the addition of arGrow® Granulat. This biostimulant, containing the amino acid arginine, had been applied simultaneously with the planting of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spruce (*Picea abies*) seedlings. The field trial was established on a sandy moraine with an intermediate site index corresponding to T24.

The questions investigated were focused on evaluating the possible impacts of arGrow® Granulat on root development, height growth and total aboveground biomass of pine and spruce seedlings. To answer the questions, a number of hypothesis tests were carried out with the counter-hypothesis that arGrow® Granulat had a positive impact on the measured seedling properties.

The only statistically significant difference was found for Scots pine where seedlings receiving arGrow® Granulat had a 31 percent higher above ground biomass compared to seedlings not receiving arGrow® Granulat. The corresponding difference for Norway spruce was 10 percent and not statistically significant. However, the biostimulant arGrow® Granulat had generally had a positive effect on all measured properties for the Scots pine seedlings but a smaller effect on the Norway spruce seedlings. With a larger root system, the seedlings' ability to produce aboveground biomass improves. Height growth increased by 12 percent for pine and three percent for spruce when treated with arGrow® Granulat compared to non-treated control seedlings but these differences were not statistically significant.

Our conclusion based on this material is that Scots pine responded more strongly to the arGrow® Granulat treatment than Norway spruce at this particular site and for these specific conditions. In several cases, however, it was not possible to find statistically significant differences using the data analysis methods that were available. The relatively large standard deviation in the data indicated that an increased sample size might have yielded results that were more reliable. The cost of adding arGrow® Granulat at planting was about 0.4 SEK per seedling when this study was performed and an additional cost should also be assumed for planting. Additional studies of the profitability of this biostimulant treatment are necessary.

Keywords: seedling survival, arginine phosphate, biostimulant.

Förord

Först och främst vill vi tacka våra handledare, Elisabeth Wallin och Daniel Gräns, för nyttig och givande feedback under hela arbetets gång. Stort tack till Claes Hellqvist som delat med sig av mycket användbar data och som genomfört ett gediget jobb med mätningar och tidigare års rapporter. Några ytterligare vi vill rikta tacksamhet mot är Olov Norgren och Holmen Skog som låtit oss utföra mätningar och uppgrävning av de plantor som behövdes i fältförsöket. Carl Carlsson ska också ha ett stort tack för all hjälp med kontroll av torkade plantor, tvättning av rötter och transport av ugnar. Effekterna av biostimulanter och gödselmedel avsedda för skogsplantering är ett mycket intressant ämne som det finns vidare potential att utforska.

Skinnskattebergs Herrgård
Januari 2024

Lavinia & Norunn

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 VAD ÄR ARGROW® GRANULAT?	1
1.2 SNYTBAGGESKYDD	2
1.3 TIDIGARE FORSKNING	2
1.3.1 SAMBAND MELLAN ROTTILLVÄXT OCH ÖVERLEVNAD	3
1.3.2 NÄRINGSSTATUS I BARREN	3
1.3.3 FÄLTFÖRSÖK	4
1.4 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	4
2. MATERIAL OCH METODER	6
2.1 GENOMFÖRANDE	8
2.1.1 STAMBASDIAMETER OCH HÖJD	8
2.1.2 UPPGRÄVNING OCH TVÄTTNING AV RÖTTER	8
2.1.3 TORKNING	9
2.2 BERÄKNINGAR OCH STATISTISKA ANALYSER	10
3. RESULTAT	12
3.1 STAMBASDIAMETER, MEDELTILLVÄXT OCH MEDELHÖJD	12
3.2 ROTUTVECKLING	14
3.3 OVANJORDSBIOMASSA	15
3.4 PLANTÖVERLEVNAD	16
4. DISKUSSION	18
4.1 JÄMFÖRELSE MED ANDRA STUDIER	18
4.2 STUDIENS STYRKOR OCH SVAGHETER	19
4.3 FORTSATT FORSKNING	20
4.4 SLUTSATSER	20
REFERENSER	23
BILAGOR	25

1. Inledning

Nutidens vanligaste planta är täckrotsplantan, 89 procent av 466 miljoner skogsplantor som levererades under 2022 var täckrotsplantor (Skogsstyrelsen u.å). En faktor som spelar stor roll för plantornas tillväxt är tillsättande av näringsämnen och ett utvecklat rotsystem. Redan efter 10–14 dagar tillsätter de flesta plantskolor gödsel genom näringsbevattning och tillsättningen av näring fortgår i vanliga fall i olika grad fram till invintringsprocessen påbörjas (Wennström et al. 2016). För att plantorna ska kunna växa sig stora och starka behövs olika mineralnäringsämnen. Dessa delas vanligen in i två grupper, mikro - och makronäringsämnen enligt tabell 1 (Skogskunskap u.å).

Tabell 1. Viktiga näringsämnen för växter uppdelade i makro - och mikronäringsämnen.

Makronäringsämnen	Mikronäringsämnen
Kväve (N)	Bor (B)
Fosfor (P)	Järn (Fe)
Kalium (K)	Koppar (Cu)
Magnesium (Mg)	Mangan (Mn)
Kalcium (Ca)	Molibden (Mo)
Svavel (S)	Klor (Cl)
	Zink (Zn)

Till makronäringsämnen hör bland annat kväve och det anses vara det mest tillväxtbegränsande näringsämnet. Trots att luften i atmosfären till 78 procent består av kväve (N_2) kan det vara svårt för träden att tillgodogöra sig tillräckligt av näringsämnet. Det kväve som finns i luften är inte tillgängligt för växter och det kväve som finns i marken är hårt bundet. För att kvävet ska bli tillgängligt för växter måste det kombineras med väte och bilda ammonium (NH_4^+), eller ammoniak (NH_3) kombinerat med syre och bilda nitrat (NO_3^-). Denna omvandlingsprocess bedrivs av speciella kvävefixerande bakterier (Magnusson 2015). Under många år har forskarvärlden förmodat att träd endast kan ta upp kväve i oorganisk form men år 1998 publicerades resultatet av en studie (Näsholm 1998) som bevisade att träden kan ta upp kväve i organisk form.

1.1 Vad är arGrow® Granulat?

ArGrow® utvecklades för att möta behovet av gödningsmedel som inte orsakar urlakning av nitrat i vattendrag och sjöar (Arevo u.åa). Enligt en kartläggning gjord av Hannerz och Rosenberg (2001) placeras plantskolor ofta på väl-dränerade jordar vilket kan vara till nackdel då läckage av växtgödsel är en risk och kan bidra till övergödning som redan är ett stort problem i Sveriges sjöar. Enligt Hannerz och Rosenberg (2001) läckte 25–70 procent av det tillförda kvävet under odling ut från plantskolorna till omgivande vattendrag. Det gödningsmedel som

till stor del används idag består av ammoniumnitrat som uppdelas i nitrat och ammonium när saltet hamnar i jorden. Läckage uppstår då de negativt laddade nitratjonerna blandas med de negativt laddade jordpartiklarna i marken. Eftersom båda partiklarna har samma laddning följer nitraten med regnvattnet ut till vattendrag och sjöar. Torgny Näsholm berättar i tidningen Forskning & Framsteg att det nya gödningsmedlet arGrow® baseras på aminosyran arginin som är positivt laddad och därför lätt binds till de negativt laddade jordpartiklarna (Nyström 2019).

Företaget Arevo har lanserat tre arGrow®-produkter, arGrow® Complete och arGrow® Mix som används i flytande form av plantskolor och arGrow® Granulat som tillförs vid plantering med hjälp av speciella planteringsrör eller handdoserare (Arevo u.åb). arGrow® Granulats funktion är att stimulera rötternas och mykorrhizas tillväxt så att plantan snabbt kan ta upp näring och vatten vilket är en viktig faktor för plantans överlevnad och möjlighet till biomassaproduktion. Enligt företaget Arevo räcker en flaska arGrow® Granulat till cirka 450 plantor vilket innebär en kostnad på cirka 0,44 kr/planta, exkluderat den eventuella extra tid planteringen och hanteringen tar (Arevo u.åc).

1.2 Snytbaggesskydd

Under plantans första år i fält utsätts den för många potentiella faror och risker. Exempel på faror kan vara torka, översvämning, viltbete och insektsangrepp. Plantering och inköp av plantor är en dyr kostnad både för små skogsägare och stora skogsbolag och därför har flera metoder och åtgärder för att förhindra plantskador lanserats. I Sverige bedrivs idag ett traditionellt skogsbruk där en förnygringsavverkning vanligen följs av en markberedning som förbättrar plantornas chans till överlevnad. Att preparera plantorna med insekticider på plantskolorna har länge varit det vanligaste sättet att skydda plantorna från snytbaggesskador. På marknaden finns flera insektsskydd som till exempel Woodcoat som är ett mekaniskt stambasskydd bestående av kiselmjöl och bindemedel som hindrar snytbaggen från att skada plantans kambium (Interagro Skog AB u.å). Snytbaggarna lockas till hygget på grund av dofterna från barrträdsstubbar och avverkningsresterna som bildats efter de nyligen avverkade träden och så fort snytbaggarna landat så lägger de sina ägg i dessa stubbar men också direkt i jorden. Den fullbildade snytbaggen orsakar skador på plantorna när den äter av barken på stam och grenar. Angreppen kan vara omfattande, om snytbaggen gnager av barken runt om stammen s.k ringbarkning, så kommer plantan sannolikt att dö eftersom ledningsvävnaderna för vatten och näring är avgnagda (Eriksson et al. 2018).

1.3 Tidigare forskning

Tidigare forskning har visat att arGrow® Granulat har haft en positiv effekt på tallplantors överlevnad och tillväxt på markberedda hyggen men inte visat någon större effekt på icke markberedda hyggen. Häggström et al. (2021) genomförde flertalet fältförsök med syftet att undersöka om det fanns någon skillnad i tillväxt och överlevnad mellan att plantera arGrow®-behandlade tallplantor och icke

behandlade plantor på hyggen med olika markberedningsmetoder, samt på hyggen som inte blivit markberedda. Plantorna gödslades med argininfosfat i samband med plantering och fick sedan växa under två växtsäsonger. Lokalerna var belägna mellan breddgrad 61,1 och 67,1 och markfuktigheten klassades till torr på alla lokaler bortsett från en. Jordarten var varierande. I genomsnitt överlevde 71 procent icke behandlade plantor och 77 procent behandlade plantor på höglagda hyggen. På hyggen som markberetts med harv överlevde 92 procent icke behandlade och 93 procent behandlade plantor.

Luoranen och Saksa (2023) genomförde en studie som undersökte hur planteringspunkt och jordart påverkar nyplanterade tall – och granplantor, även effekten av gödning med argininfosfat undersöktes. Plantorna planterades i krukor fyllda med jord som simulerade riktiga förhållanden och arGrow® Granulat tillsattes vid plantering. Luoranen och Saksa (2023) kunde inte bevisa någon signifikant effekt av behandling med argininfosfat på granplantor. Tallplantorna visade däremot en positiv påverkan av behandlingen efter en tillväxtsäsong.

Wickberg publicerade år 2023 examensarbetet *Effekten av växtnäring på överlevnad, tillväxt och vitalitet på planterade tall – och granplantor – En studie gjord på ett kontrollerat försök på en lokal i Västerbotten*. I studien undersöktes två gödselmedels effekter (arGrow® Granulat och Agroblen) på tall – och granplantor efter en tillväxtsäsong. Lokalen var belägen i norra Sverige på breddgrad 64 och trakten var markberedd med högläggning. Resultatet visade på en hög generell överlevnad på både tall – och granplantor oavsett behandling eller provplanta. Höjdtillväxt på tall som behandlats med arGrow® Granulat var lägre än tillväxten på kontrollplantorna och granplantorna gynnades av arGrow® Granulat-behandlingen.

1.3.1 Samband mellan rottillväxt och överlevnad

Nyplanterade plantor utsätts för stress av olika slag, och en av de vanligaste orsakerna är brist på vatten vilket orsakar torkstress hos plantorna (Grossnickle 2005). För att vattentillgången ska säkerställas måste plantorna skicka ut nya rötter snabbt efter planteringen. Ritchie och Dunlap (1980) menade att rotutveckling och plantöverlevnad hade ett starkt samband och att det därför är viktigt att se till att plantorna ges möjlighet till fullgod rotutveckling i ett tidigt skede. Lyckas skogsägare få plantorna att rota sig kan de också spara mycket pengar på återväxtplantering, ökad tillväxt i skogen, minskad risk för skador, m.m. arGrow® Granulat marknadsförs som en biostimulant som enligt tillverkarna ska stimulera rotutveckling och därmed öka överlevnad och tillväxt (Arevo u.åb).

1.3.2 Näringsstatus i barren

Edfast et al. (1996) undersökte om en förbättrad näringsstatus i tall återspeglas i minskade koncentrationer av arginin som är den aminosyra som biostimulanten arGrow® Granulat baseras på. Träden som ingick i studien hade under lång tid gödslats med kväve. Undersökningen gick ut på att mäta tallarnas koncentration

av arginin och kväve i barren under en period av tre år samtidigt som de gödslades med antingen enbart kväve eller med fosfor, kalium, magnesium och ett antal mikronäringsämnen både i kombination med och utan kväve. Resultatet av undersökningen visade att kvävekoncentrationen i barren ökade vid gödsling med endast kväve samt kväve i kombination med de andra ämnena. Vid gödsling utan kväve kunde ingen signifikant skillnad i kvävekoncentrationen fastställas, kvävenivån varken ökade eller minskade i barren. Gällande argininkoncentrationen så ökade den vid gödsling med enbart kväve men minskade vid gödsling med kväve i kombination med andra näringsämnen samt vid gödsling utan kväve. Edfast et al. (1996) drar slutsatsen att en strypt tillförsel av kväve resulterar i minskade mängder arginin i barren och att en justering av tillförseln av näringsämnen under odling kan förbättra näringsstatusen i barren. Det kan enligt Edfast et al. (1996) vara bättre att mäta kvävekoncentrationen i barren genom att bestämma arginininnehållet istället för att använda sig av mängden totalkväve.

1.3.3 Fältförsök

Försöket som denna studie baseras på anlades 2019 och sedan dess har tre inventeringar genomförts, hösten 2019 efter första tillväxtsåongen, en treårsinventering 2021 och en slutinventering sommaren 2023. Trots att försöket innehåller både plantor som har behandlats arGrow® Granulat och plantor som behandlats med snytbaggesskydd så har de tidigare inventeringarna haft som huvudsyfte att undersöka effekterna av diverse snytbaggesskydd samt jämföra tillväxten för de olika plantstorlekarna SP50 (Starpot), SP90, SP120 och även sådd inom de olika delarna av Holmens markinnehav. Därför finns en mindre mängd data tillgängliga för att undersöka eventuella effekter vid tillförsel av biostimulanten arGrow® Granulat. Hellqvists (2019) studie består av sex delförsök som är uppdelade i regionerna nord, mitt och syd. Försöksplatsen Jonkesåsen är det delförsök som denna studie bygger på och är belägen i Region Mitt. De SP50-granar som behandlats med Woodcoat + arGrow® hade efter treårsinventeringen år 2021 lägre tillväxt än de utan arGrow®. Motsvarande plantstorlek och inventeringstidpunkt för tallen visade på samma tillväxt för plantor behandlade med Woodcoat + arGrow® som för de plantor som endast fått Woodcoat-behandling.

1.4 Syfte och frågeställningar

Syftet med arbetet var att undersöka effekterna av arGrow® Granulat vid plantering av *Pinus sylvestris* och *Picea abies* på en ståndort i norra Hälsingland med medelgod bördighet (SI (ståndortsindex): T24) på sandig morän.

Frågeställningar:

1. Har arGrow® Granulat haft en mätbar effekt på rotutveckling fem år efter plantering för behandlade gran – och tallplantor i jämförelse med plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat?

2. Har arGrow® Granulat haft en positiv inverkan på plantornas höjdtillväxt i jämförelse med plantor som inte fått arGrow® Granulat tillsatt vid planteringstillfället?
3. Är det någon skillnad gällande ovanjordsbiomassans torrsvikt för plantor som behandlats med arGrow® Granulat i jämförelse med plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat?

2. Material och metoder

Fältförsöket som studien baseras på ligger i närheten av Delsbo (Jonkesåsen 62° N, 16° Ö), 245 meter över havet på mark som ägs av Holmen Skog AB. Försöket är ett randomiserat blockförsök med två block. Varje block omfattar fyra parceller med 50 plantor (odlade i s.k. SP50-behållare) av vardera tall och gran utplanterade längs ett harvspår. Huvudsyftet med fältförsöket är främst att jämföra effekterna av olika insektsskydd, studera tillväxten för de olika plantstorlekarna och de sådda plantorna. Holmen har också planterat ett antal parceller med gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat vid planteringstillfället som denna studie baserar sitt resultat på (se tabell 2). Studien kommer att fokusera på de resultat som de femåriga plantorna uppnått på en medelgod bonitet där 50 procent av plantorna har behandlats med den argininbaserade biostimulanten arGrow® i kombination med snytbaggesskyddet Woodcoat och resterande 50 procent av plantorna har endast blivit behandlade med Woodcoat.

Tabell 2. Trädslag, antalet plantor i de aktuella försöksleden samt vilken behandling plantorna har fått.

	Trädslag	Behandling	Antal totalt	Antal provplantor
Försöksled 1	Tall	Woodcoat	100	30
Försöksled 2	Gran	Woodcoat	100	30
Försöksled 3	Tall	Woodcoat + arGrow® Granulat	100	30
Försöksled 4	Gran	Woodcoat + arGrow® Granulat	100	30

Försöket planterades i juni 2019 och plantorna var vid tidpunkten för uppgrävning fem år. Vid planteringstillfället markerades början av varje parcell med blocknummer och försöksled, där varje parcell utgjordes av 50 plantor (se figur 1). Var femte planta markerades med en röd plaststicka för att underlätta senare inventeringar (se figur 2).

Studiens fältarbete påbörjades i augusti 2023. En av de tre första plantorna i varje parcell valdes ut med hjälp av lottning. Mätningarna genomfördes på de lottade plantorna samt var tredje planta efter startplantan. Totalt registrerades mätdata från 60 granplantor och 60 tallplantor varav hälften var behandlade med det mekaniska snytbaggesskyddet Woodcoat och den andra halvan med Woodcoat och biostimulanten arGrow® Granulat. Ett försöksled består av mätdata från två parceller från olika block. I varje parcell registrerades data från 15 plantor. För att underlätta läsningen av denna rapport så kommer de plantor som endast behandlats med Woodcoat att benämnas som kontrollplantor.



Figur 1. Startplantan i varje parcell markerades med en vit plastkäpp och i slutet av varje rad satt ytterligare en vit plastkäpp som markerade parcellens sista planta. På käpparna fanns information om vilken behandling som plantorna genomgått innan plantering.



Figur 2. Den blå ringen visar hur var femte planta markerats med en liten röd plaststicka. Dessa plaststickor satt kvar oavsett om plantan dött eller inte och det underlättade vid inventeringen.

2.1 Genomförande

2.1.1 Stambasdiameter och höjd

Innan uppgrävning av plantornas rotsystem påbörjades mättes höjd och stambasdiameter. Höjden mättes från punkten där stammen möter marken, vid det så kallade markbandet, upp till toppknoppen. Stambasdiametern uppmättes med hjälp av skjutmått vid markbandet (se Figur 3).



Figur 3. Ett skjutmått användes för att mäta plantornas stambasdiameter.

2.1.2 Uppgrävning och tvättning av rötter

Vid uppgrävning av plantorna användes en mall med en diameter på 45 centimeter för att säkerställa att jämnstora jordklumpar innehållande rotsystemet grävdes upp. Mallen bestod av en modifierad rockring (se Figur 4) och grävdjupet var 40 cm. Redskapen som användes var en stor och en liten spade samt en liten trädgårdsspade med kratta i ena änden som visade sig mycket användbar. När plantan grävts upp separerades rotsystemet från ovanjordsbiomassan med hjälp av en sekator. Rötterna lades i en egen mindre papperspåse och ovanjordsbiomassan i en större papperspåse. Påsarna numrerades och markerades med förkortningar för att säkerställa vilken planta som tillhörde vilken parcell, samt vilken behandling plantan fått. De mindre papperspåsar var matavfallspåsar och de större var normalstora matvarupåsar gjorda av papper. När alla plantor var uppgrävda påbörjades tvättning av rötter vilket genomfördes både hemma hos en av studenterna i Enånger och i Skogsmästarskolans laboratorium. Rikligt med vatten brukades och diverse redskap som sekatorer, tandpetare och spikar som kunde användas för att peta bort den inväxta torven underlättade arbetet. För att få

rötterna helt rena från torv och jord behövde rotsystemen i de flesta fall klippas isär.



Figur 4. Stambasdiametern på en av de minsta granarna i datainsamlingen mäts med ett skjutmått. På bilden syns även den rockring på 45 centimeter i diameter som användes för att avgränsa utgrävningsytan.

2.1.3 Torkning

Torkning av rötter och ovanjordsbiomassa genomfördes i samma påsar som tidigare nämnt. Enligt standardprotokollet för torkning av rötter eller biomassa för 1,5–2 åriga plantor så ska proverna torkas i ugn (105°C) under 24 timmar. För att säkerställa att torktiden var tillräcklig för dessa betydligt större rotsystem och ovanjordsdelar provtorkades ett antal påsar med rotsystem och tillhörande ovanjordsdelar under 24 timmar i 105°C , proverna vägdes och sedan lades de tillbaka in i ugnen för att torkas i ytterligare 12 timmar. Om vikten förändrades under de sista 12 timmarna tydde det på att 24 timmar inte var tillräcklig torktid. Provtorkningen visade att 24 timmars torkning var tillräckligt för rötterna men att ovanjordsbiomassan krävde 36 timmar i torkskåpen. Efter torkning vägdes rotsystemen för sig och ovanjordsbiomassan för sig.



Figur 5. Tio påsar med rotsystem av tall som torkats i ugn efter att de tvättats rena från lera och grus. Rötterna ligger på sin respektive återvinningspåse som de förvarades i både före och efter torkning.

2.2 Beräkningar och statistiska analyser

All insamlad data fördes in i Microsoft Excel där statistiska beräkningar, medelvärden, tabeller och diagram framräknades och skapades. Medelvärden har beräknats på plantornas höjd, ovanjordsbiomassa och rotsystemens vikt. Data från parceller som hörde till samma försöksled slogs samman. Från samtliga av Holmen Skog AB:s fältförsök från 2019 har plantöverlevnad registrerats och dödsorsaken för varje planta har noterats. För de försöksled som ingår i denna studie har också överlevnaden noterats och tack vare detta har antalet avgångar kunnat jämföras mellan de olika behandlingarna. Då höjddata från tidigare inventeringar fanns tillgängliga har även medeltillväxten fastställts för varje försöksled. Efter beräkning av medelvärden genomfördes tre hypotesprövningar på vardera tall och gran (Stenhag 2022):

Hypotesprövning nr 1:

Hypotes: Det finns ingen skillnad i rottillväxt mellan gran - och tallplanter som behandlats med arGrow® Granulat i jämförelse med planter som inte behandlats med arGrow® Granulat.

Mothypotes: Rottillväxten hos gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat är större än plantor som inte har behandlats med arGrow® Granulat.

Hypotesprövning nr 2:

Hypotes: Det finns ingen skillnad i höjdtillväxt mellan gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat i jämförelse med plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat.

Mothypotes: Höjdtillväxten för gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat är större än för plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat.

Hypotesprövning nr 3:

Hypotes: Det finns ingen skillnad i tillväxt gällande ovanjordsbiomassa mellan gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat jämfört med icke arGrow® Granulat-behandlade plantor.

Mothypotes: Gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat har en större ovanjordsbiomassa än plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat.

Formeln som användes vid hypotesprövning:

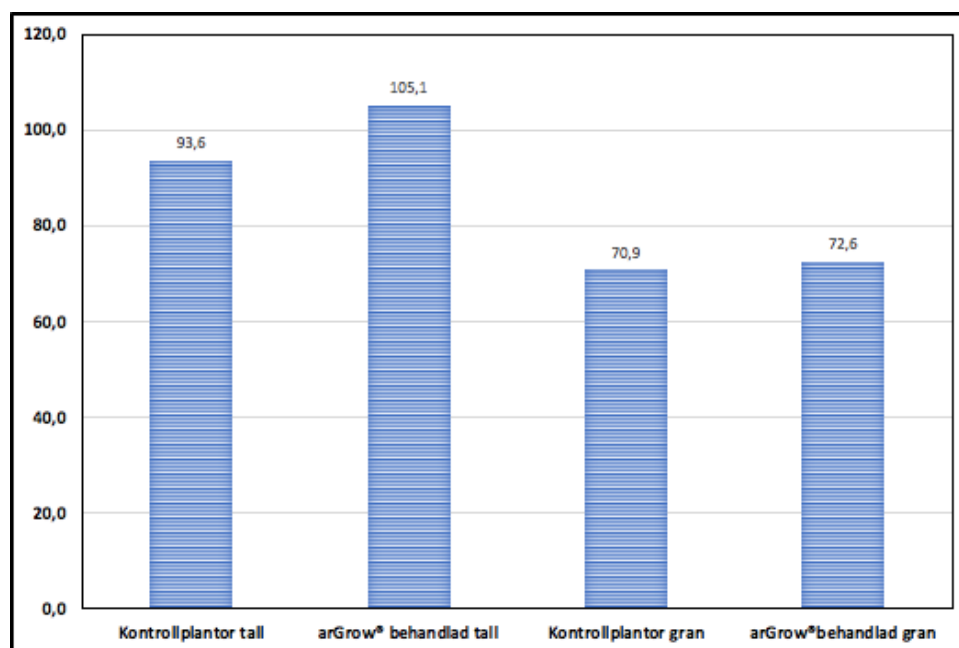
$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

3. Resultat

3.1 Stambasdiameter, medeltillväxt och medelhöjd

Tallens medelhöjd på kontrollplantorna uppmättes till 93,6 centimeter medan den arGrow® Granulat-behandlade tallens medelhöjd uppmättes till 105,1 centimeter vilket ger en höjdskillnad på 12 procent (Figur 6). Den arGrow® Granulat-behandlade tallen hade en medeltillväxt på 19,6 cm per år medan kontrollplantorna hade en medeltillväxt på 17,3 cm per år. I Tabell 3 kan utläsas att medeltillväxten efter tre växtsäsonger var 13,6 cm för tallens kontrollplantor och 15,1 cm för arGrow® Granulat-behandlad tall. Efter hypotesprövning med huvudhypotes att arGrow® Granulat-behandlad tall skulle ha högre höjdtillväxt än kontrollplantorna kunde det konstateras att det inte fanns någon statistiskt signifikant skillnad mellan försöksleden. Hypotesprövningen gav Z-värdet 1,46.

Till skillnad från tallen skiljde sig den arGrow® Granulat-behandlade granen och kontrollplantornas medelhöjd endast med tre procent. I Figur 6 kan utläsas att kontrollplantorna hade en medelhöjd på 70,6 cm medan den arGrow® Granulat-behandlade granens medelhöjd uppmättes till 73,0 cm. Medeltillväxt på arGrow® Granulat-behandlad gran uppmättes till 12,1 cm per år och kontrollplantorna 11,5 cm. Medeltillväxten efter tre växtsäsonger var 12,1 cm för kontrollplantorna och 11,1 cm för arGrow® Granulat-behandlad gran enligt Tabell 3. Efter hypotesprövning med huvudhypotesen att arGrow® Granulat-behandlade granplantor skulle ha större höjdtillväxt än kontrollplantorna kunde även här konstateras att skillnaden inte var statistiskt signifikant. Hypotesprövningen gav Z-värdet 0,386.

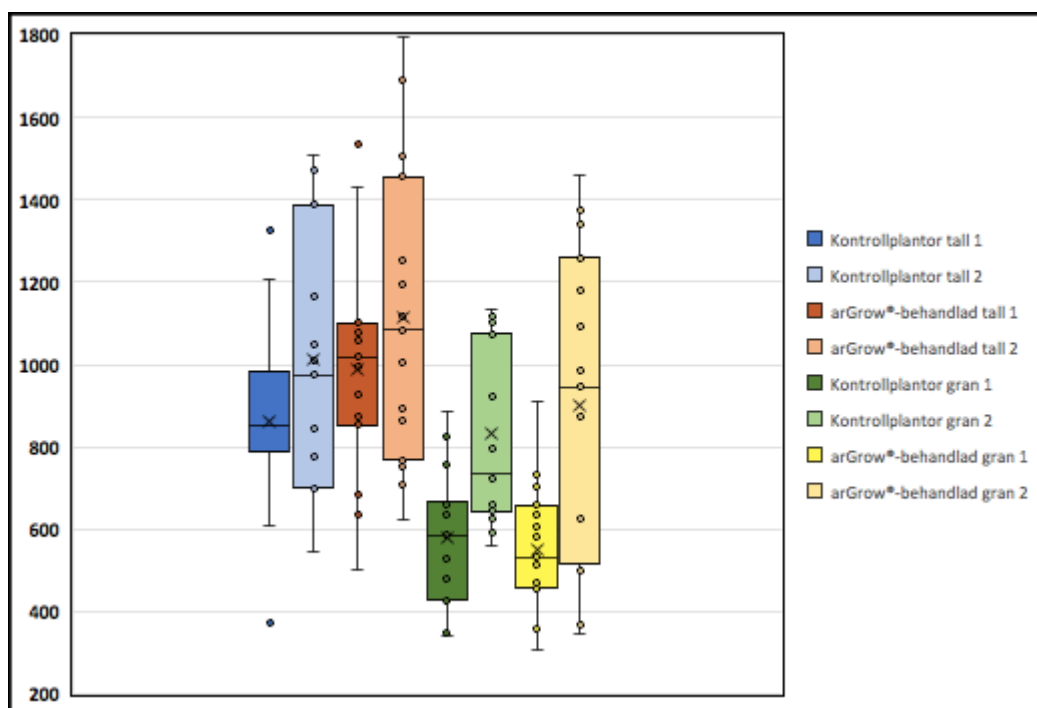


Figur 6. Samtliga försöksleds (n=30 per försöksled) medelhöjd i centimeter.

Tabell 3. Medeltillväxt per år (millimeter) för arGrow® Granulat-behandlade gran – och tallplantor samt kontrollplantor (n=30 per trädslag och behandling) mellan år 0–3 (H3) och mellan år 0–5 (H5).

	H3	H5
Tall kontrollplanta	13,6	17,3
Tall arGrow-behandlad	15,1	19,6
Gran kontrollplanta	12,1	11,5
Gran arGrow-behandlad	11,1	12,1

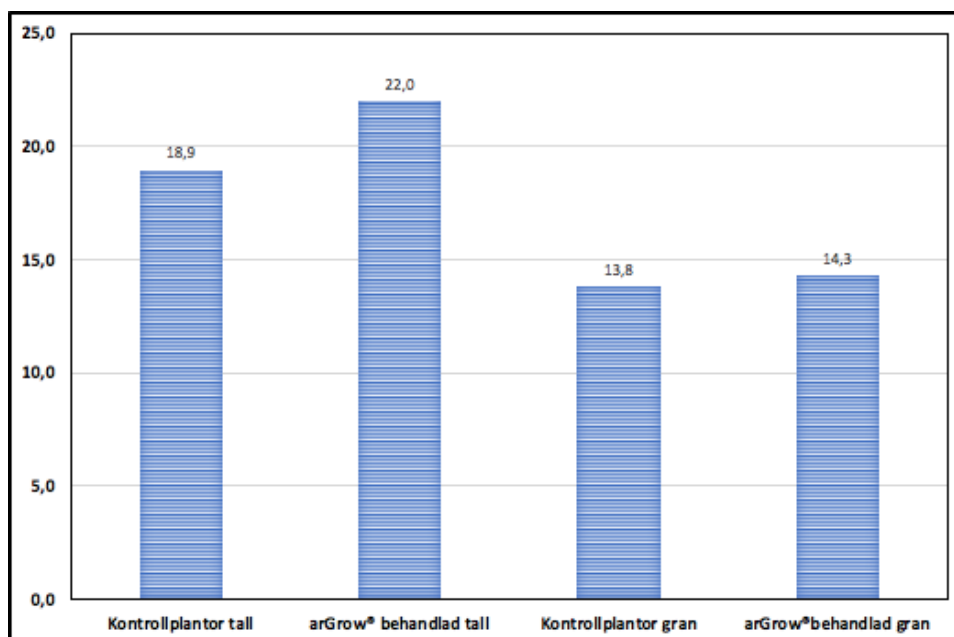
En tydlig skillnad som konstaterades var att plantorna från block två hade en högre medelhöjd än plantorna från block ett. I figur 7 visas medelhöjden i respektive serie med ett X och här syns tydligt att medelhöjden skiljer sig mellan blocken. Kontrollplantorna av tall var 17 procent högre i medelhöjd i block två medan den arGrow® Granulat-behandlade tallen var cirka 13 procent högre i block två jämfört med block ett. Vad gäller granplantorna så var kontrollplantorna cirka 43 procent högre i medelhöjd i block två och de arGrow® Granulat-behandlade plantorna 63 procent högre i medelhöjd i block två jämfört med block ett.



Figur 1. Höjd i millimeter uppdelat i kontrollplantor och behandlade plantor, trädslag samt vilket block plantorna kommer från (n= 15 per block). Medelhöjd markeras med X.

Medelvärde på stambasdiametern på tallens kontrollplantor uppmättes till 18,9 mm medan arGrow® Granulat-behandlade tallplantor hade en diameter på 22,0 mm vilket resulterade i en procentuell skillnad på 16 procent. För kontrollplantorna av gran uppmättes ett medelvärde på stambasdiametern på 13,8

mm medan arGrow® Granulat-behandlade granplantor hade en diameter på 14,3 mm (se Figur 8) vilket gav en marginell skillnad på två procent.

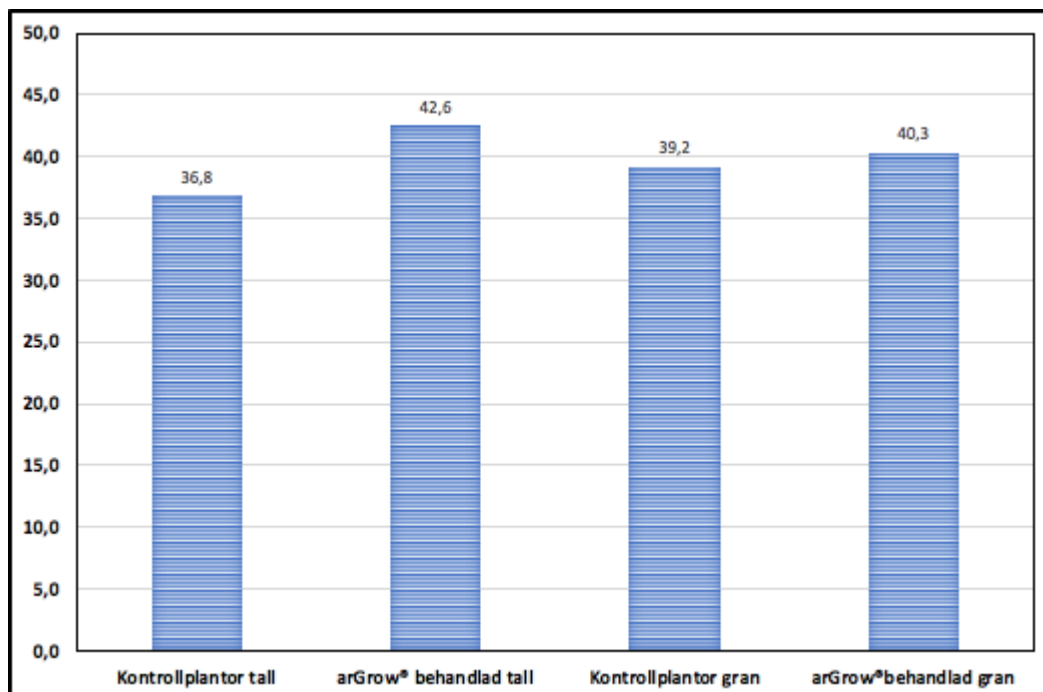


Figur 2. Medelstambas diameter (millimeter) för kontrollplantor och arGrow® Granulat-behandlad tall och gran (n= 30 per försöksled).

3.2 Rotutveckling

Skillnaden i rotvikt för kontrollplantor av tall och arGrow® Granulat-behandlad tall var 16 procent. I Figur 9 kan utläsas att kontrolltallplantornas rötter hade en medeltorrsvikt på 36,8 gram medan den arGrow® Granulat-behandlade tallens rottorrsvikt uppmättes till 42,6 gram. Efter genomförd hypotesprövning med huvudhypotesen att arGrow® Granulat-behandlad tall hade en kraftigare rotutveckling än kontrolltallplantor kunde det konstateras att skillnaden inte var statistisk signifikant. Hypotesprövningen gav Z-värdet 1,25.

Rotvikterna för de två försöksleden med gran skiljde sig inte avsevärt mycket från varandra, mätningarna visade en skillnad på tre procent då kontrollplantor av gran uppmätte 39,2 gram och arGrow® Granulat-behandlad gran 40,3 gram. Efter genomförd hypotesprövning med samma huvudhypotes som för tall kunde det även här konstateras att skillnaden inte var statistiskt signifikant. Hypotesprövningen gav Z-värdet 0,3.

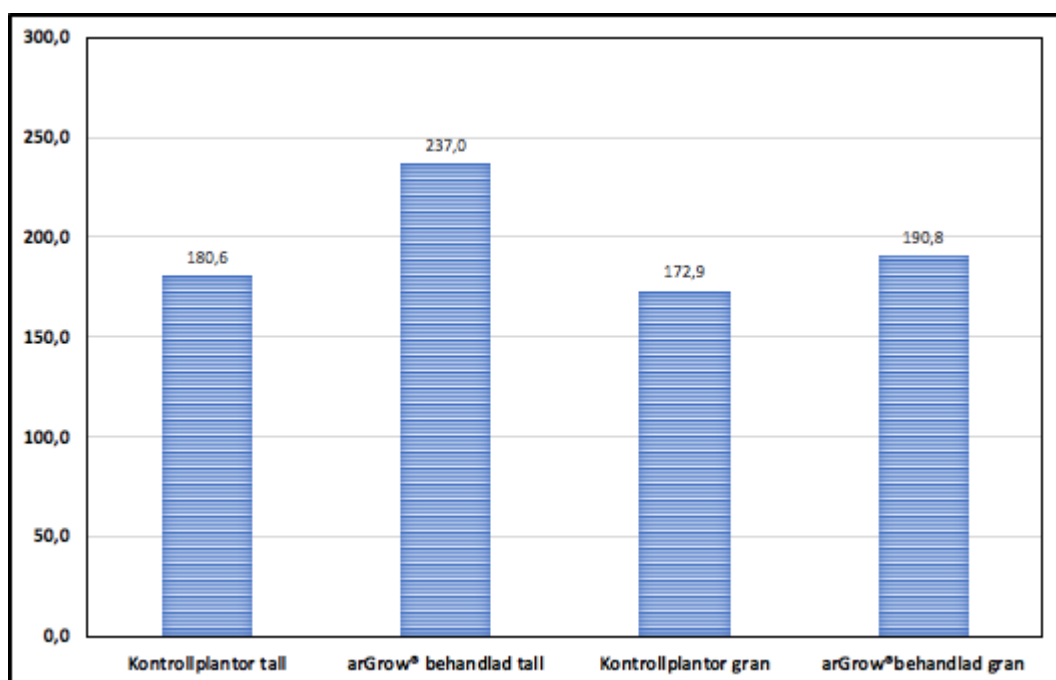


Figur 3. Torrsvikt (gram) för rötter för kontrollplanter och arGrow® Granulat behandlad tall respektive gran (n= 30 per försöksled).

3.3 Ovanjordsbiomassa

Ovanjordsbiomassans torrsvikt hade en högre procentuell skillnad än resterande mätvärden. I Figur 10 kan utläsas att kontrolltallplantornas medelvärde på ovanjordsbiomassans torrsvikt uppmättes till 180,6 gram och den arGrow® Granulat-behandlade tallen till 237,0 gram vilket resulterar i en skillnad på 31 procent. Till skillnad från de andra hypotesprövningarna kunde huvudhypotesen att ovanjordsbiomassan för arGrow® Granulat-behandlad tall haft en större tillväxt säkerställas med 90 procents säkerhet då Z-värdet blev 1,88.

Försöksleden för gran uppnådde en skillnad på tio procent då kontrollgranplantornas medelvärde på ovanjordsbiomassans torrsvikt uppmättes till 172,9 gram och den arGrow® Granulat-behandlade granen till 190,9 gram (se Figur 10). Efter genomförd hypotesprövning med huvudhypotes att arGrow® Granulat-behandlad gran haft en större ovanjordsbiomassatillväxt än kontrollplantorna blev resultatet att skillnaden inte var statistiskt signifikant då Z-värdet framräknades till 0,72.



Figur 40. Torrsvikt på ovanjordsbiomassa (gram) på kontrollplanter och behandlad tall respektive gran (n=30 per försöksled).

3.4 Plantöverlevnad

Region Mitt har lagt ut sex olika fältförsök med både plantering och sådd mellan åren 2019–2021 och varje plantas överlevnad har noterats löpande i samband med treärsinventeringarna (Hellqvist u.å). Överlevnaden har generellt varit hög för alla försöken, förutom såddförsöken som inte är med i beräkningen, och det har noterats en total dödlighet på 8,5 procent för de plantor som behandlats med något av snytbaggesskydden Woodcoat, vax eller Snystop (se Tabell 4). Resultatet visade även att plantor som varit helt obehandlade hade en dödlighet på 15,3 procent och samtliga plantor behandlade med arGrow® Granulat hade en dödlighet på 7 procent (se Tabell 4). Plantor som fått arGrow® Granulat tillsatt vid planteringsstillfället hade en något högre överlevnad (1,5 procentenhet) än snytbaggesskyddade plantor. För plantor behandlade med Woodcoat, vax eller Snystop berodde dödligheten till största delen, 41 procent, på torka (190 st). För 160 av de totalt 460 döda plantorna som innan plantering behandlats med Woodcoat, vax eller Snystop hade 35 procent av avgångarna orsakats av snytbaggeskador. Av de arGrow® Granulat-behandlade plantorna hade 43 procent dött på grund av torka.

Tabell 4. Tabellen visar plantdödligheten på samtliga sex fältförsök som utförts mellan åren 2019–2021 inom Region Mitt. Behandlade plantor har fått Woodcoat, vax eller Snyttstop. arGrow®-behandlade plantor har även behandlats med Woodcoat.

	Antal:	Antal döda efter 3 år:	Plantdödlighet:
Obehandlade plantor:	2400	366	15,30%
Plantor med arGrow:	1200	88	7,30%
Behandlade plantor utan arGrow:	5400	460	8,50%

Försöksleden som studien baseras på hade en total plantdödlighet på 5,3 procent (se Tabell 5). Plantor som fått arGrow® Granulat tillsatt vid planteringstillfället har haft en högre överlevnad (3,5 procentenheter) jämfört med de plantor som endast fått Woodcoat-behandling. Största anledningen till att plantorna i dessa åtta försöksled på Jonkesåsen har dött var på grund av torka. Endast två av de dödade plantorna hade angripits av snytbagge.

Tabell 5. Plantdödligheten i det fältförsök som studien baserades på. Tabellen visar antalet döda plantor per försöksled och planttyp (n= 100 per försöksled).

Trädslag	Försöksled	Block	År 1 (2019)	År 3 (2021)	År 5 (2023)	N	Dödlighet
Gran	Woodcoat	1	0	3	3	50	
Gran	Woodcoat + ArGrow	1	0	0	0	50	
Gran	Woodcoat	2	1	7	7	50	
Gran	Woodcoat + ArGrow	2	0	0	0	50	
Gran	Woodcoat	Totalt	1	10	10	100	10%
Gran	Woodcoat + ArGrow	Totalt	0	0	0	100	0%
Tall	Woodcoat	1	0	0	0	50	
Tall	Woodcoat + ArGrow	1	1	3	3	50	
Tall	Woodcoat	2	0	3	4	50	
Tall	Woodcoat + ArGrow	2	1	4	4	50	
Tall	Woodcoat	Totalt	0	3	4	100	4%
Tall	Woodcoat + ArGrow	Totalt	2	7	7	100	7%
							Enbart arGrow: 3,5%
							Enbart Woodcoat: 7,0%
							Totalt: 5,3%

4. Diskussion

Studien visade att tallplantor hade en tendens att gynnas mer av arGrow® Granulat-behandling än granplantor på den lokal som undersöktes. Mätningarna som genomfördes på tall visade att de arGrow® Granulat-behandlade plantorna hade högre värden på alla undersökta egenskaper. Statistiskt kunde, med de analysmetoder som fanns att tillgå, endast hypotesen att arGrow® Granulat-behandlad tall hade en större ovanjordsbiomassa än kontrolltallplantor säkerställas med 90 procents säkerhet. Den procentuella skillnaden för ovanjordsbiomassan mellan arGrow® Granulat-behandlad tall och kontrolltallplantor uppgick till 31 procent vilket var den största skillnaden som uppmättes bland de studerade egenskaperna. För gran observerades en tendens till att den gynnats av arGrow® Granulat-tillförsel men inte i lika stor omfattning som tallplantorna då skillnaden mellan arGrow® Granulat-behandlade och kontrollgranplantor endast var några få procent och inte statistiskt signifikant. De arGrow® Granulat-behandlade granplantornas överlevnad på 100 procent var högre men om detta berodde på slumpen eller på arGrow® Granulat-behandlingen kunde inte fastställas. Plantdödligheten för alla sex fältförsök i Region Mitt mellan åren 2019–2021 uppgick till 8,5 procent men där fanns en tydlig skillnad mellan plantor med och utan snytbaggesskydd. Obehandlade plantor med varken snytbaggesskydd eller arGrow® Granulat hade en dödlighet på 15 procent och de plantor som fått snytbaggesskydd hade nästan hälften så låg plantdödlighet på 9 procent. Arevo vill på sin hemsida framhäva att arGrow® Granulat kan ha en betydande effekt på plantornas överlevnad (Arevo u.åa) men med en skillnad i överlevnad på 1,5 procentenhet mellan försöksleden med och utan arGrow® Granulat så ställer vi oss frågande till om det inte snarare är tack vare snytbaggesskyddet som så många fler plantor överlevt.

4.1 Jämförelse med andra studier

Gödsling med argininfosfat på tallplantor ger enligt Häggström et al. (2021) störst effekt på markberedda hyggen. Markberedning med harv gav i deras studie högsta plantöverlevnaden på 92 procent för Woodcoat-behandlade plantor och 93 procent för arGrow® Granulat-behandlade plantor efter två växtsäsonger. Fältförsöket som studien baseras på hade en hög överlevnad med en plantdödlighet på 5,3 procent. Kontrollplantornas överlevnad uppgick till 93 procent medan arGrow® Granulat-behandlade plantor hade en plantöverlevnad på 96 procent, det vill säga tre procentenheter högre. Orsaken till att de behandlade plantorna dött är i de flesta fall torka. Wickberg (2023) undersökte plantöverlevnaden och även han såg en hög plantöverlevnad på arGrow® Granulat-behandlade plantor men likt vårt fältförsök var plantöverlevnaden för alla plantor relativt hög, oavsett behandlad eller inte. I vårt fältförsök har granplantorna inte gynnats märkbart av arGrow® Granulat för någon av de undersökta egenskaperna förutom plantöverlevnaden. Granplantorna som behandlats med arGrow® Granulat i vårt fältförsök hade en överlevnad på 100 procent medan kontrollplantorna hade en överlevnad på 90 procent. Avgångarna hos granplantorna berodde i de flesta fall på torka och i några fall på snytbaggeskador.

Ritchie och Dunlap (1980) menade att plantstress och rotutveckling hade ett starkt samband. Om nya rötter snabbt kan bildas efter plantering finns en högre chans till överlevnad och till att trädet i övrigt utvecklas på ett bra sätt. Den större rottillväxten på arGrow® Granulat-behandlade tallplantor kan därför vara anledningen till att resterande del av plantan också hade en större tillväxt jämfört med kontrollplantorna. Granplantorna har som tidigare nämnts knappt märkbart gynnats av arGrow® Granulat-behandlingen men plantöverlevnaden har ändå varit hög. Den höga plantöverlevnaden kan bero på att granplantorna som behandlats av arGrow® har kunnat skicka ut rötter snabbare och därav fått god vattentillgång, precis som produkten utlovar (Arevo u.åb). Det som talar emot detta är dock att torrvikten endast skiljde sig med 3 procentenheter mellan arGrow® Granulat-behandlade granplantor och kontrollplantor. Med stor sannolikhet har snytbaggesskyddet haft större positiv påverkan för plantöverlevnaden i vår studie än vad arGrow® Granulat har haft i och med att så få plantor generellt sett har dött.

I Abrahamsson och Wallgrens studie (2021) som genomfördes på en försökslokal i Västerbottens kustland hämmade inte Woodcoat-behandlingen tillväxten för granplantor i sådan utsträckning att det var signifikant. Woodcoat-behandlingen hade i större omfattning påverkat överlevnadsgraden för de plantor som planterats. För alla sex planteringsförsök som Holmen etablerade mellan åren 2019–2021 så kunde liknande resultat påvisas, både för tall – och granplantor. De SP50-plantor som behandlats med Snyttstop och Woodcoat hade en låg andel dödliga snytbaggeskador, från 6 procent för obehandlade kontrollplantor till 2 procent för Snyttstop och 1 procent för Woodcoat.

Studiens resultat kan inte statistiskt säkerställas i fem av sex hypotesprövningar vilket troligen beror på höga standardavvikelser i samband med ett relativt litet plantantal. I försöket har 30 plantor av vardera försöksled undersökts men om plantantalet ökats och samma standardavvikelse kvarstått kan skillnaderna ha blivit signifikant enligt den statistiska metodik som användes. Vi kan dock tydligt se att tallplantorna har dragit mest nytta av arGrow® Granulat-behandlingen och att granplantorna endast märkbart påverkats. En plantöverlevnad på 100 procent är extremt bra men om det beror på arGrow® Granulat, Woodcoat eller en ren slump är okänt. Kanske är kombinationen arGrow® Granulat och Woodcoat för granplantor ett mirakelmedel? Studien pekar trots allt på att tallplantor på ståndort T24 på sandig morän gynnas mer av arGrow® Granulat-behandling än granplantor med samma behandling. Resultatet vi har fått är begränsat till lokalen som fältförsöket anlagts på.

4.2 Studiens styrkor och svagheter

I Bilaga 5 och tabellerna 11 och 12 syns hur ovädret Hans drog in över Hedvigsfors och försvårade våra dagar i fält vilket påverkade vår hantering av plantorna. Data som samlades in antecknades på papper vilket var omöjligt när det ösregnade. När regnet öste ner mättes stambasdiameter och höjd när plantan var uppgrävd och inomhus, när vädret var bättre mättes stambasdiameter och höjd

innan uppgrävning. Vi kan heller inte vara helt säkra på att vi fått upp precis alla rötter inom mallen eftersom finrötterna lätt gick av vid uppgrävning och senare vid tvätt. De flesta hypotesprövningarna fick för stor standardavvikelse för att statistiskt kunna säkerställa våra resultat så ett större sampel på ca 100 plantor per behandling hade varit optimalt om resurser för det funnits.

En styrka som studien har är att användbara data från flera år tillbaka finns tillgänglig tack vara Hellqvists fältförsök. Genom att använda Hellqvists tidigare rapporter har vi kunnat räkna ut plantdödlighet och medeltillväxt efter både tre och fem år. Värt att notera är dock att vi inte vet om Hellqvists mätmetod är exakt likadan som vår metod och därför kan våra beräkningar när vi använt både hans data och våra data vara aningen bristfällig. Ytterligare en bristfällighet skulle kunna vara användandet av ugnar. Till en början hade vi tillgång till två ugnar men vi upptäckte snabbt att torkprocessen skulle ta alldeles för lång tid. Vi fick då möjligheten att låna två ugnar till vilket underlättade och halverade arbetstiden. Vi vet däremot inte om de lånade ugnarna presterade likadant som de befintliga ugnarna och torkprocessen kan ha varit olika beroende på vilken ugn som användes.

4.3 Fortsatt forskning

I framtiden kommer säkerligen nya studier med liknande syfte och frågeställningar genomföras då användningen av arGrow® Granulat är aktuellt och omtalad. Rekommendationerna vi har till dessa studier är att använda ett högre plantantal för att eventuellt förbättra möjligheterna att kunna bevisa signifikanta skillnader. Det hade också varit intressant att följa ännu äldre plantor och undersöka hur länge den eventuella effekten av arGrow® Granulat gynnar plantorna. Har de arGrow® Granulat-behandlade tallarna 31 procent mer ovanjordsbiomassa än kontrollplantorna även om 10 år, 20 år och 80 år? Insamling av barrprover för näringsanalys kan dessutom vara intressant. Eventuellt skulle det då vara möjligt att hitta skillnader i näringsstatus. Att undersöka överlevnaden för arGrow®-behandlade plantor jämfört med helt oskyddade plantor efter x-antal år hade behövts i och med att tillverkarna utlovar så pass mycket förbättring av rotutveckling och med det även överlevnad (Arevo u.åb). En ytterligare parameter som skulle vara intressant att undersöka är om planteringspunkten har påverkat i någon mätbar utsträckning eftersom effekten, enligt tillverkarna, är störst vid plantering i mineraljord. Dessvärre har denna studie för få plantor för att föra sådan slags statistik. Efter att ha genomfört studien har vi insett att det saknas rapporter med arGrow® Granulat-behandlade granplantor, det är oftast tall som undersökts. Tipsen vi har är att införskaffa riktigt bra handskar och spadar samt att räkna med att torkningen tar mer tid än vad som är förutspått.

4.4 Slutsatser

Skillnaden i torrsvikt för ovanjordsbiomassa för de båda försöksleden med tall var 31 procent (se Figur 10), hypotesen att arGrow® Granulat hade positiv effekt på tillväxten av ovanjordsbiomassa kunde accepteras med 90 procents

konfidensintervall. Övriga skillnader kunde inte statistiskt säkerställas trots att skillnaden mellan behandlade och kontrolltallplantor var stor. Biostimulanten arGrow® Granulat hade för granplantor endast en liten märkbar effekt på överlevnad och skillnaden i ovanjordsbiomassans vikt mellan försöksleden motsvarande 10 procent. Det skulle därför kunna motiveras att tillsätta arGrow® Granulat vid plantering av tall men inte för gran på den undersökta lokalen. Frågan är om effekten kvarstår genom hela trädens omloppstid. Vi tycker att det ska bli spännande att se hur träden utvecklas i framtiden och huruvida det är värt den extra kostnaden att tillsätta arGrow® Granulat vid planteringen. Gällande överlevnaden så verkar i detta fältförsök snytbaggesskydd ha haft större effekt än arGrow® Granulat.

Referenser

- Abrahamsson, J & Wallgren, J. (2021). *Hur påverkar mekaniskt snytbaggesskydd, markberedning, plantstorlek och plantgödsling granplantors överlevnad och tillväxt?*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Fakulteten för skogsvetenskap.
https://stud.epsilon.slu.se/17460/1/Abrahamsson_Wallgren_220113.pdf
- Arevo (u.åa). *Plantering som ger ökad och hållbar tillväxt*.
<https://www.arevo.se/vill-du-veta-mer/effekter-pa-tillvaxt-och-hallbarhet-vid-plantering-med-argrow/> [02-01-2024]
- Arevo (u.åb). *arGrow® Granulat* <https://www.arevo.se/produkter/> [17-07-2023]
- Arevo (u.åc). *Roten till livskraftiga plantor*.
https://www.arGrow.se/?gclid=Cj0KCQjw756lBhDMARIsAEI0Agm7vGFGofXsAvYja6nhKuYalKrrQDazaAZIjVC0hv8LxfZ05Ck9bdkaAhy-EALw_wcB [17-07-2023]
- Edfast, A-B., Näsholm, T., Aronsson, A. & Ericsson, A. (1996). *Applications of mineral nutrients to heavily N-fertilized Scots pine-trees: Effects on arginine and mineral nutrient concentrations*. Plant and Soil. 184, 57-65,
[10.1007/BF00029274](https://doi.org/10.1007/BF00029274)
- Eriksson, S., Wallertz, K. & Karlsson, A-B. (2018). *Test av mekaniska plantskydd mot snytbaggar i omarkberedd och markberedd mark, anlagt våren 2015*. (Rapport nr 16) Sveriges lantbruksuniversitet [Microsoft Word - ESF-rapport016.docm \(slu.se\)](#) [02-01-2024]
- Grossnickle, S. (2005). *Importance of root growth in overcoming planting stress*. New Forests, vol 30. [10.1007/s11056-004-8303-2](https://doi.org/10.1007/s11056-004-8303-2)
- Hannerz, M. & Rosenberg, O. (2001). *Näringsutnyttjande och läckage vid praktisk plantodling*. (Arbetsrapport nr 480). Skogforsk.
<https://www.skogforsk.se/contentassets/2fef404d5bf44e4fbde5a7858e9e8307/arbetsrapport-480-2001.pdf>
- Hellqvist, C. (2019). *Försök i fält med snytbaggesskyddade plantor 2019 – resultat efter tre år i fält*. [Internt material]
- Hellqvist, C. (u.å). *Ursprungsdata Jonkesåsen*. [internt material]
- Häggström, B., Domevscik, M., Öhlund, J. & Nordin, A. (2021). *Survival and growth of Scots pine (Pinus sylvestris) seedlings in north Sweden: effects of planting positions and arginine phosphate addition*. Scandinavian Journal of Forest Research, 36:6, 423–433.
<https://doi.org/10.1080/02827581.2021.1957999>

- Interagro Skog AB (u.å). *Våra produkter*.
<https://www.interagroskog.se/snytbagge-vara-produkter/> [19-07-2023]
- Luoranen, J. & Saksa, T (2023). The effects of arginine phosphate (ArGrow® Granulat) on growth of Scots pine and Norway spruce seedlings planted in varying soil layer structures simulating site preparation. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 1-10, Article cpad060.
<https://doi.org/10.1093/forestry/cpad060>
- Magnusson, T. (2015). *Skogsbruk – mark och vatten*. (Skogsskötselserien nr 13). Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-13-skogsbruk-mark-och-vatten.pdf>
- Nyström, J. (2019). Nytt sätt att gödsla skogen. *Forskning & Framsteg*, (2019/1).
<https://fof.se/artikel/2019/1/nytt-satt-att-godsla-skogen/> [06-12-2023]
- Näsholm, T., Ekblad, A., Nordin, A., Giesler, R., Högberg, M. & Högberg, P. (1998). Boreal forest plants take up organic nitrogen, *Letters to nature* (vol. 392). <https://www.arevo.se/app/uploads/2020/04/Boreal-forest-plants-take-up-organic-nitrogen.pdf> [06-12-2023]
- Ritche, G.A. & Dunlap, J.R. (1980). *Root Growth Potential: Its Development and Expressions in Forest Tree Seedling*. New Zealand Journal of Forestry Science vol 10.
https://www.scionresearch.com/_data/assets/pdf_file/0005/59243/NZJFS_1011980RITCHIE218_248.pdf
- Skogskunskap (u.å). Makronäringsämne.
<https://www.skogskunskap.se/ordlista/m/makronaringsamne/> [19-07-2023]
- Skogsstyrelsen (u.å). *Levererade skogsplantor*. [Levererade skogsplantor - Skogsstyrelsen](#) [02-01-2024]
- Stenhag, S (2022). *Åt skogen med statistik*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsmästarprogrammet. [Internt material]
- Wennström, U., Hjelm, K., Lindström, A. & Stattin, E. (2016). *Produktion av frö och plantor*. (Skogsskötselserien nr 2). Skogsstyrelsen.
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-2-produktion-av-fro-och-plant.pdf>
- Wickberg, E (2023). *Effekten av växtnäring på överlevnad, tillväxt och vitalitet på planterade gran-och tallplantor*. Sveriges lantbruksuniversitet, Jägmästarprogrammet.
https://stud.epsilon.slu.se/18634/1/wickberg_E_20230210.pdf

Bilagor

Bilaga 1. Hypotesprövning på rottillväxt hos arGrow®-behandlade tall- och granplantor

Hypotes: Det finns ingen skillnad i rottillväxt mellan gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat i jämförelse med plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat.

Mothypotes: Rottillväxten hos gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat är större än plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat.

μ_0 = Medelvikten för de ogödslade plantorna.

μ_G = Medelvikten för de gödslade plantorna.

$H_0: \mu_G = \mu_0$

$H_1: \mu_G > \mu_0$

Formel:

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Gran:

$\bar{X}_1 = 40,315$

$\bar{X}_2 = 39,210$

$S_1 = 17,331$

$S_2 = 10,804$

$n_1 = 30$

$n_2 = 30$

Z-värde: 0,296

Enkelsidigt test

P%	Z
5	1,64
1	2,33
0,1	3,09

Slutsats granplantor:

H_0 kan ej förkastas på fem procents signifikantsnivå. Det går inte att statistiskt bevisa att skillnaden i rottillväxt på granplantorna beror på arGrow® Granulat-behandlingen.

Tall:

$$\bar{X}_1 = 42,555$$

$$\bar{X}_2 = 36,825$$

$$S_1 = 20,334$$

$$S_2 = 14,678$$

$$n_1 = 30$$

$$n_2 = 30$$

$$Z\text{-värde: } 1,251$$

Enkelsidigt test

P%	Z
5	1,64
1	2,33
0,1	3,09

Slutsats tallplantor:

H_0 kan ej förkastas på fem procents signifikantsnivå. Det går inte att statistiskt bevisa att skillnaden i rottillväxt på tallplantorna beror på arGrow® Granulat-behandlingen.

Bilaga 2. Hypotesprövning på höjdtillväxt på arGrow®-behandlade tall – och granplantor

Hypotes: Det finns ingen skillnad i höjdtillväxt mellan gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat i jämförelse med plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat.

Mothypotes: Höjdtillväxten på gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat är större än på plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat.

μ_o = Medelvikten för de ogödslade plantorna.

μ_G = Medelvikten för de gödslade plantorna.

$H_0: \mu_G = \mu_o$

$H_1: \mu_G > \mu_o$

Formel:

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Gran:

$\bar{X}_1 = 604,6$

$\bar{X}_2 = 576,1$

$S_1 = 336,584$

$S_2 = 224,055$

$n_1 = 30$

$n_2 = 30$

Z-värde: 0,386

Enkelsidigt test

P%	Z
5	1,64
1	2,33
0,1	3,09

Slutsats granplantor:

H_0 kan ej förkastas på fem procents signifikantsnivå. Det går inte att statistiskt bevisa att skillnaden i höjdtillväxt på granplantorna beror på arGrow® Granulat-behandlingen.

Tall:

$$\bar{X}_1 = 980,0$$

$$\bar{X}_2 = 866,2$$

$$S_1 = 315,962$$

$$S_2 = 286,499$$

$$n_1 = 30$$

$$n_2 = 30$$

Z-värde: 1,461

Enkelsidigt test

P%	Z
5	1,64
1	2,33
0,1	3,09

Slutsats tallplantor:

H_0 kan ej förkastas på fem procents signifikantsnivå. Det går inte att statistiskt bevisa att skillnaden i höjdtillväxt på tallplantorna beror på arGrow® Granulat-behandlingen.

Bilaga 3. Hypotesprövning på ovanjordsbiomassa på arGrow®-behandlad tall – och granplantor

Hypotes: Det finns ingen skillnad i tillväxt av ovanjordsbiomassa mellan gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat jämfört med plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat.

Mothypotes: Gran - och tallplantor som behandlats med arGrow® Granulat har en större ovanjordsbiomassa än plantor som inte behandlats med arGrow® Granulat.

μ_0 = Medelvikten för de ogödslade plantorna.

μ_G = Medelvikten för de gödslade plantorna.

$H_0: \mu_G = \mu_0$

$H_1: \mu_G > \mu_0$

Formel:

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Gran:

$\bar{X}_1 = 190,80$

$\bar{X}_2 = 172,89$

$S_1 = 117,692$

$S_2 = 69,346$

$n_1 = 30$

$n_2 = 30$

Z-värde: 0,718

Enkelsidigt test

P%	Z
5	1,64
1	2,33
0,1	3,09

Slutsats granplantor:

H_0 kan ej förkastas på fem procents signifikantsnivå. Det går inte att statistiskt bevisa att skillnaden i tillväxt av ovanjordsbiomassa på granplantorna beror på arGrow® Granulat-behandlingen.

Tall:

$$\bar{X}_1 = 236,995$$

$$\bar{X}_2 = 180,615$$

$$S_1 = 137,355$$

$$S_2 = 90,872$$

$$n_1 = 30$$

$$n_2 = 30$$

$$Z\text{-värde: } 1,875$$

Enkelsidigt test

P%	Z
5	1,64
1	2,33
0,1	3,09

Slutsats tallplantor:

H_1 kan accepteras på fem procents signifikantsnivå. Med 90 procents säkerhet ökade arGrow® Granulat ovanjordsbiomassatillväxten på de arGrow® Granulat-behandlade tallplantorna i försöket.

Bilaga 4. Traktdirektiv

Traktdirektiv Slutavverkning

HOLMEN

Ursprung Egen skog
Traktnamn S Jonkensåsen
Traktnummer 301714018
Fastighet ÖSTERBO 5:5

Larmkoordinat (SWEREF99)

N: 6874444
E: 578318

Region: Mitt
Distrikt: ES Delsbo

Markägare/ombud
Holmen Skog AB Region Mitt, 0650/28166

Areal	Volym	Medelstam	Skotningsavstånd
17,5 Ha	5174	0,40 m³fub	200 m

Traktansvarig
Produktionsledare
Fältplanerare

~~Anders Holmen, Skogsmästare~~
~~Anders Holmen, Skogsmästare~~

**Allmän Information**

Slutavverkning av tidigare genomgårdad skog.

Utskriftsdatum 2017-03-27

Sida 1 av 5

Traktskiss

Ursprung Egen skog
 Traktnamn S Jonkensåsen
 Traktnummer 301714018
 Fastighet ÖSTERBO 5:5

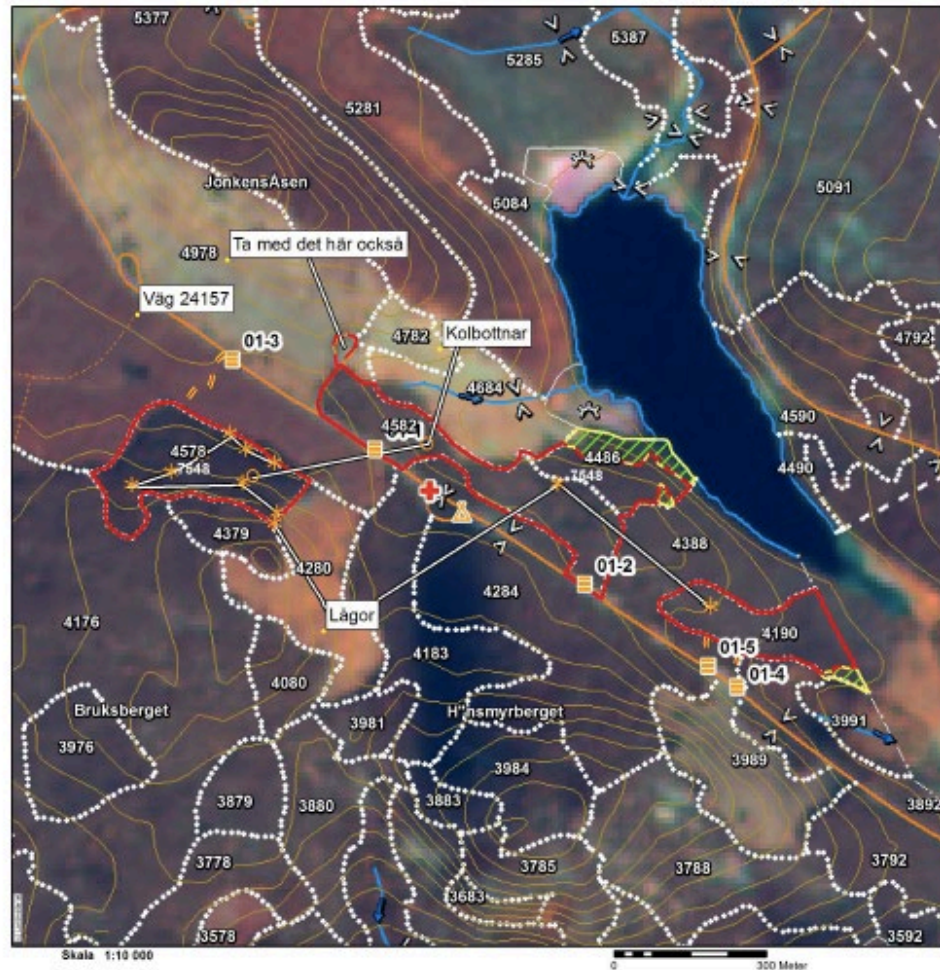
Larmkoordinat (SWEREF99)

N: 6874444
 E: 578318

HOLMEN

Region: Mitt
 Distrikt: ES Delsbo

Certifierad enligt: FSC PEFC



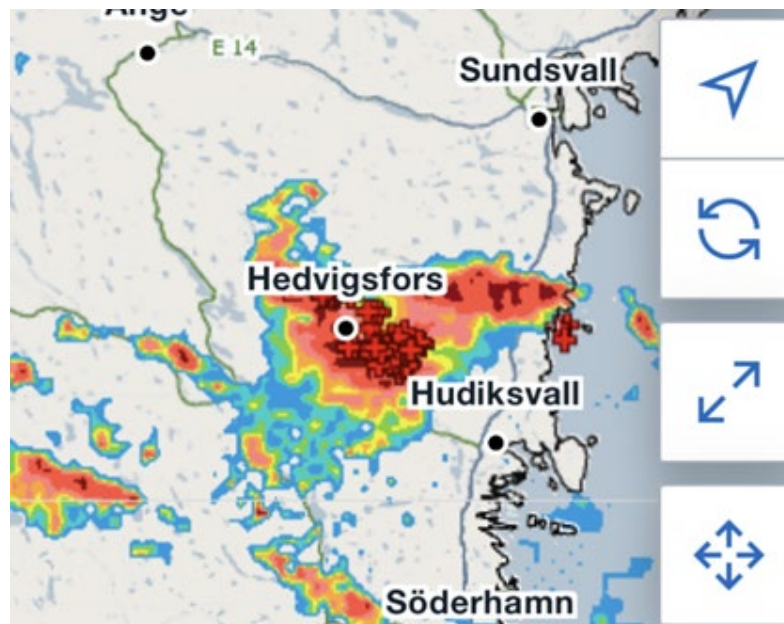
Atgärdsöversikt

TRAKTOEL	ATGÄRD
7548	Slutavv kultur

Utskriftsdatum 2017-03-27

Sida 2 av 5

Bilaga 5. Väderförhållanden



Figur 11. Skärmbild från telefonen på SMHI:s hemsida som visar hur efterdyningarna från stormen Hans svepte över medan vi befann oss i fält. Flera gånger fick vi söka skydd i bilen för både oss och uppgrävda plantor vilket försvårade arbetet med datainsamlingen.



Figur 12. Den översvämmande vägen som leder upp till försökslokalen. Stormen Hans försvårade fältarbetet.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.