



**Kandidatarbete
i skogsvetenskap**
Fakulteten för skogsvetenskap

2018:2

**Frostskadors effekt på granens (*Picea abies* (L.) H.
karst) volymutveckling**

Frost damage effect on Norway spruces (*Picea abies* (L.) H. karst) volume production



David Bengtsson & Tobias Holdo

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,

Program: Jägmästarprogrammet

Kurs: EX0813 Nivå: G2E

Handledare: Erik Valinger, SLU, Inst. för skogens ekologi och skötsel
Bitr. handledare: Ola Langvall enheten för skoglig fältforskning

Umeå 2018



Kandidatarbete i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap, Sveriges
lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	David Bengtsson & Tobias Holdo
Titel, Sv	Frostskadors effekt på granens (<i>Picea abies</i> (L.) H. karst) volymutveckling
Titel,Eng	Frost damage effect on Norway spruces (<i>Picea abies</i> (L.) H. karst) volume production
Nyckelord/ Keywords	Frostlänta marker, Volymförlust, Hyggesålders-försöket, Småländska höglandet, Anpassad skötsel, Skärm/ <i>Frost- prone sites, Volume loss, Southern Sweden, Adapted silviculture, Shelterwood</i>
Handledare/ <i>Supervisor</i>	Erik Valinger, institutionen för skogens ekologi och skötsel & Ola Langvall, enheten för skoglig fältforskning
Examinator/ <i>Examiner</i>	Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/ <i>Course</i>	Kandidatarbete i skogsvetenskap/ <i>Bachelor Degree in Forest Science</i>
Kurskod	EX0813
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Serie	Kandidatarbete i skogsvetenskap
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2018

FÖRORD

Detta arbete är skrivet inom ämnesområdet abiotiska skador, för institutionen skogens ekologi och skötsel.

I och med ett intresse för abiotiska skador formulerades en hypotes för att undersöka hur frostsador påverkar den fortsatta volymutvecklingen hos gran.

Framsidas foto är taget av Bo Karlsson, stationschef på Ekebo forskningsstation, Skogforsk.

Ett stort tack riktas till våra handledare, Erik Valinger och Ola Langvall, för vägledning under arbetets gång. Vi vill även tacka Hilda Edlund för stöd med det statistiska analysprogrammet Minitab.

David Bengtsson & Tobias Holdo, Umeå, april 2018

SAMMANFATTNING

Kandidatarbetet har behandlat frostskaors effekt på volymutvecklingen hos gran (*Picea abies* (L.) H. Karst), fram till 20 år efter planteringstillfället. De frostskaor som undersöktes var de som drabbade plantorna under de tre första åren efter anläggning. Datamaterialet kom från Hyggesåldersförsöket där över 30 000 plantor ingick, varav en dryg tredjedel följdes upp efter 20 år. Försöket utfördes på två platser, fyra lokaler, i Götaland, två i Asa på Småländska höglandet och två på Tönnersjöheden i Halland. Det statistiska test som utfördes var flervägs-ANOVA i Minitab.

Studien visade att frostskaor hade en signifikant påverkan på volymutvecklingen i Asa, och för sammanslagningen av alla lokaler. Frostskaor på Tönnersjöheden hade däremot inte en statistiskt säkerställd påverkan på volymen. Resultatet visade även att upprepade års frostskaor sänkte medelstamsvolymen mer än enstaka års frostskaor. När individerna med frostskaor jämfördes med de utan, för de fyra lokalerna tillsammans, blev granarnas volym i genomsnitt 6,1 % lägre vid ett års frostskaor. Två års skador ledde till 16,2 % volymförlust, och medelvolymen minskade med 26,9 % för plantor som frostskaodades under alla tre åren, jämfört med de oskade.

Frostskaor kan alltså vara ett betydande problem och skulle kunna förebyggas genom val av proveniens, skärmträd och/eller markberedning. Om det är lönsamt med en anpassad skötsel ur ett ekonomiskt perspektiv för att förebygga frostskaor, får senare studier påvisa.

Nyckelord: Frostlänta marker, Volymförlust, Hyggesåldersförsöket, Småländska höglandet, Anpassad skötsel, Skärm

SUMMARY

This bachelor thesis has examined the effect of frost damage on volume production for Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst). The three first years of frost damage, after the planting was carried out, were studied, the volume was inventoried twenty years later. The datasets derived from Hyggesåldersförsöket, which included more than 30 000 seedlings. Approximately one third were measured after 20 years. The experiment took place at two locations in the southern part of Sweden, Asa an inland site and in Tönnersjöheden a coastal site. The statistical test was carried out using a multiway-ANOVA in Minitab.

The study showed that damage caused by frost had a significant effect on the volume production in Asa and for all sites together, but not significantly at Tönnersjöheden. The result showed that the repeated years of frost damage decreased the average stem volume more than a single year. Average volume for trees with frost damage were compared to those without any frost damage for all sites, one year of frost damage had 6,1 % less volume. Two years reduced the average volume with 16,2 %, and the average volume was 26,9 % lower for those seedlings that were injured during all three measured years.

Frost damage could be a considerable issue which could be prevented with a different choice of provenances, shelterwood and/or scarification. Whether or not it would be profitable to prevent frost damage with an adapted silviculture, from an economical point of view, additional studies would be required to examine this.

Keywords: Frost-prone sites, Volume loss, Hyggesåldersförsöket, Southern Sweden, Adapted silviculture, Shelterwood, Frost injury

INLEDNING

Frost definieras som ett tillstånd när temperaturen understiger 0° C (Sakai & Larcher 1987). Frost under vår och sommar uppstår vanligtvis vid högtryck med klart och vindstilla väder. En stor värmestrålning sker då från jordens yta till rymden, vilket leder till en lägre temperatur nära marken. Högre belägna delar av inlandet är speciellt utsatta i Sverige, dock inte områden runt stora sjöar. Vid vattensamlingar går nämligen avkylningen under natten långsammare på grund av vattnets stora förmåga att lagra värme. Detta gör även att torr mark lättare drabbas av vårfrost. Öppna delar i landskapet är mer utsatta än områden täckta med skog eftersom dessa dämpar utstrålningen under natten (Sakai & Larcher 1987; SMHI 2017a). Utöver det geografiska läget har topografin stor betydelse för frostrisk, och det kan vara stora lokala skillnader. Kall luft har högre densitet än varm luft, vilket gör att den sjunker i förhållande till varm luft (SMHI 2017b). Detta leder till att flacka områden, och särskilt sänkor, där den kalla luften kan samlas under natten är extra frostutsatta områden (Mattsson & Börjesson 1978).

Under vintern tål barrträd mycket låga temperaturer, men under vegetationsperioden är granens vävnad känslig mot frost (Senser & Beck 1977; Sakai & Larcher 1987). Detta gäller speciellt om frosten inträffar under skottskjutning och första delen av skottsträckning, från att barren blir synliga fram till att de är ungefär dubbla knopplängden. Det kan då räcka med -3° C för att granens årsskott ska dö, vilket resulterar i att det årets längdtillväxt förloras (Sakai & Larcher 1987; Hannerz 1994; Hannerz 1999). Däremot är det ovanligt att plantor skadas så allvarligt att de dör på grund av frostsador (Langvall, Nilsson & Örlander 2001). Risken för frostsador är störst under föryngringsfasen och minskar med åldern (Valinger 2009). Skador och tillväxt på plantorna beror inte endast på temperaturen under natten, även mängden solstrålning dagarna efter frosten har stor betydelse (Lundmark 1996).

Vårens sista frost, mätt på två meters höjd, sker i genomsnitt under maj-juni i hela det svenska inlandet (SMHI 2017c), vilket innebär att temperaturen närmast marken ofta är ännu lägre (Sakai & Larcher 1987). Det förekommer dock stora årliga variationer mellan antalet frostnätter och lägsta temperatur, under dessa månader (Langvall, Nilsson & Örlander 2001). Granens tillväxtstart på våren styrs nästan helt av temperatursumman (Hannerz 2013). Det är summan av alla dygnsmedeltemperaturer som överstiger ett visst tröskelvärde, ofta används 5° C (Hannerz 1999). Exempelvis om ett dygns medeltemperatur är 9° C, bidrar det dygnet med 4° C till temperatursumman. Granens genomsnittliga datum för skottskjutning infaller ofta under samma tidsperiod som de sista vårfrosterna (Langvall 2011). Detta föranledde ett intresse att undersöka frostsadors eventuella påverkan på granens tillväxt.

Det finns studier som visar att det sker volymförluster under plantstadiet hos frostsadade granar (Langvall 2000; Langvall, Nilsson & Örlander 2001). Volymförluster under en längre tidsperiod (20 år) har inte undersökts lika ingående. Därför är det intressant att studera hur stor volymförlusten är hos en frostsadad planta, då detta var något vi inte har kunnat hitta i tidigare studier. Tillväxten är inte det enda som kan påverkas av frostsador. Upprepade års frostsador kan även leda till sämre kvalitet i form av sprötkvist och dubbelstam (Hannerz 1999). Frostsador kan även resultera i nedsatt vitalitet, vilket ökar risken för angrepp av svamp och övriga parasiter (Hannerz 1994). Tidigare studier har visat att frostsador kan förebyggas genom anpassad skötsel med exempelvis val av plantmaterial, skärm och markberedning (se nedan).

Val av plantor kan påverka risken för frostsador, vilket beror på att olika typer av plantor skjuter skott vid olika tidpunkter. Tillväxten hos täckrotsplantor startar ofta tidigare jämfört med barrotsplantor, vilket leder till att täckrotsplantorna ofta löper större risk att drabbas av frostsador (Langvall, Nilsson & Örlander 2001). Även plantans genetik har stor inverkan för skottskjutningens tidpunkt och därmed toleransen för vårfrost (Hannerz 1994; Skrøppa & Steffenrem 2015). Dessutom kan val av proveniens vara ett effektivt sätt att undvika frostsador under våren. Generellt sett kräver sydligare provenienser en högre temperatursumma för att starta sin skottsträckning. Exempelvis kan en mellansvensk proveniens kräva en temperatursumma på 120 grader, medan en vitrysk proveniens kan behöva 180 grader (Hannerz 1999; Langvall, Nilsson & Örlander 2001). Senare skottskjutning innebär även att granen utnyttjar växtsäsongen bättre, eftersom den generellt sett växer längre på hösten (Hannerz, Sonesson & Ekberg 1999).

Högskärm och lågskärm är två olika sätt att förebygga frostsador och ju tätare skärmen är desto mindre blir risken för frostsador (Langvall & Ottosson Löfvenius 2002; Valinger 2009). Anledningen till att risken minskar är att värmestrålningen som sker från marken under natten dämpas under en skärm jämfört med på ett kalhygge. Endast värmestrålningen förklarar dock inte hela temperaturökningen som sker jämfört med på ett kalhygge. Även aerodynamiken, luftens rörelse, ökar under en skärm, vilket leder till att varmare luft förs ner till marken. Ju högre skärmen är desto högre blir minimitemperaturen under natten (Ottosson Löfvenius 1993). Ytterligare en fördel med skärm är att skottsträckningen kan inträffa senare, på grund av lägre dagstemperaturer, vilket kan leda till färre frostsador (Langvall 2000; Langvall & Ottosson Löfvenius 2002). Även skador på grund av solstrålning dagarna efter frosttillfället minskas, eftersom skärmen minskar solstrålningen på plantorna under dagen (Lundmark 1996).

Markberedning är ytterligare ett sätt att minska risken för frostsador hos plantor (Langvall, Nilsson & Örlander 2001). Bar mineraljord lagrar värme bättre jämfört med vegetationsklädd mark. Detta beror på att mer värme strålar ut runt plantan nattetid vid en bar mineraljordsfläck, därmed blir temperaturen ofta högre under natten, vilket minskar risken för frost. Risken för frost kan minskas ytterligare genom högläggning, eftersom plantan då står högre (Valinger 2009).

Syfte

Syftet med studien var att undersöka följande:

- Hade granar som frostsadats under de tre första åren efter plantering en lägre volymtillväxt än icke frostsadade granar, på 20 år sikt. Hur mycket var i så fall volymförlusten?
- Gav upprepade års frostsador en större volymförlust än enstaka år?
- Hur påverkade frostsador granarnas volymutveckling i Asa jämfört med Tönnersjöheden?

Hypotesen var att det fanns skillnader mellan frostsadade granars tillväxt och icke frostsadade granars tillväxt.

Resultatet från studien kan ligga till grund för om det är motiverat att använda sig av en anpassad skötsel för att minska tillväxtförluster hos gran. Om studien visar att det sker en tillväxtförlust hos frostsadade granar på längre sikt, skulle det eventuellt vara motiverat att tillämpa en anpassad skötsel, trots att det kan medföra ökade kostnader.

MATERIAL OCH METODER

Bakgrund

Datamaterialet till denna studie tillhandahölls av Ola Langvall, försöksledare vid enheten för skoglig fältforskning. Datamaterialet som användes i studien kom från Hyggesåldersförsöket som var uppdelat på fyra lokaler, två i respektive försökspark, Asa i Småland och Tönnersjöheden i Halland. I det ursprungliga försöket ingick över 30 000 plantor. Lokalerna i Asa skiljde sig åt avseende höjd över havet och topografi. Den ena lokalen låg i genomsnitt 245 meter över havet och i kuperad terräng, medan den andra låg 175 meter över havet, på plan mark. Försöket anlades för att studera effekterna av vegetationskonkurrens och insekters påverkan, främst snytbaggar. Försöket pågick mellan 1989-1996, under dessa år undersöktes höjd, diameter, eventuella skador och skadeorsak varje år.

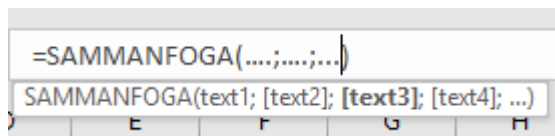
Inom respektive lokal togs ett nytt hygge upp varje år mellan 1989-1993, under de efterföljande åren (1994-1996) skedde enbart inventeringar. Respektive hygge planterades i omgångar de följande åren efter hyggesupptagningen. Minst 10 meter närmast hyggeskanten lämnades oplanterad för att undvika kanteffekter. Varje plantering utfördes med olika behandlingar för att skydda plantan. Behandlingarna gjordes med herbicider, insekticider, markberedning (högläggning), klippning av markvegetation och senarelagd plantering. Det gjordes även kombinationer av dessa behandlingar, dessutom fanns obehandlade planteringar som kontrolltytor. På varje behandlingsyta planterades varannan tvåårig täckrotsplanta och varannan treårig barrotsplanta. Inga barrotsplantor mindre än 25 centimeter eller täckrotsplantor mindre än 15 centimeter planterades. Alla plantor härstammade från samma fröplantage samt samma fröparti. Planteringsförband på 1 och 1,5 meter användes. Det skedde ingen blandning av planteringsförbanden inom respektive lokal.

Huvudsyftet med Hyggesåldersförsöket var inte att undersöka frostsador, men där de kunde urskiljas registrerades de. Alla skador bedömdes på en sexgradig skala, där noll var oskadad och fem var död. Om skadan bedömdes som två eller mer klassades plantan som påverkad av skadan. Anledningen till denna avgränsning var att skadegrad ett endast klassades som en obetydlig/tveksam skada. 20 år efter att granarna planterades mättes försöket in igen, där bland annat diameter och höjd registrerades. Den yttre trädraden runt varje behandlingsenhet undantogs i uppföljningen för att minimera kanteffekten.

Arbetets gång

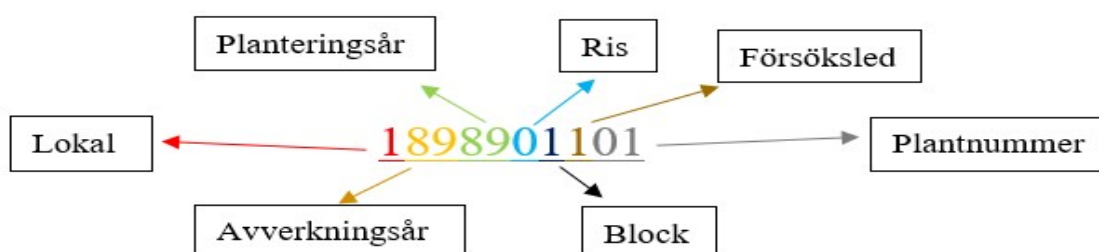
Första steget i datamaterialets sammanställning var att föra över all information till ett gemensamt exceldokument, där de fyra lokalerna fördelades på fyra olika blad. Plantorna identifierades på ett annat sätt vid de första inventeringarna än vid uppföljningarna efter 20 år. Identifikationsnumren byggdes upp av en mängd olika information. *Lokal* i inventeringarna 1989-1996 hade döpts om till *Yta* i uppföljningen 2009-2013. På samma sätt motsvarades *Avverkningsår*, *Planteringsår*, *Ris* och *Block* av endast ett *Avdelningsnummer* i den senaste uppföljningen. Slutligen motsvarades *Försöksled* och *Plantnummer* i den äldre inventeringen av enbart *Nummer* i den senaste uppföljningen. På grund av detta skapades ett nytt ID-nummer för datamaterialet från den senaste uppföljningen för att kunna para ihop detta med det ursprungliga ID-numret. Detta gjordes för att kunna para ihop varje enskild

planta från 1989-1993 med varje inmätt träd 20 år senare. Funktionen *Sammanfoga* i Excel användes för att skapa det nya ID-numret (Figur 1).



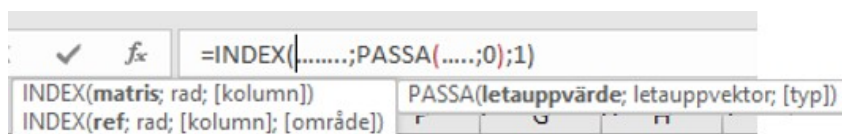
Figur 1. Funktionen *Sammanfoga* i Excel.
Figure 1. The function *Concatenate* in Excel.

Ett nytt ID-nummer skapades för träden från den senaste uppföljningen för att kunna identifiera individerna från den senaste uppföljningen. (Figur 2).



Figur 2. Exempel på ett ID-nummer från försökets anläggning och siffrornas betydelse.
Figure 2. Example of an ID-number from the experiments facility and the numbers meaning.

För att kunna se respektive grans tillväxt från försökets anläggning, parades de två ID-numren ihop i Excel med funktionerna *Index* och *Passa* (Figur 3).



Figur 3. Funktionerna *index* & *passa* i Excel.
Figure 3. The functions *index* and *match* in Excel.

När materialet var sammankopplat på ID-nummer fördes varje lokal över till Minitab, där de sorterades. Planter som var planterade efter 1989 hade en nolla som värden i skadekolumnerna från 1989 fram till planteringsåret. Minitab tolkade dessa nollor som att plantorna var oskadade, även fast de i själva verket inte blivit planterade ännu. För att komma till bukt med detta, byttes alla nollor ut mot asterisker (*).

Under försökets etablering planterades plantor varje år från 1989 till 1993 och uppföljningen varade fram till 1995 (en mindre mängd information mättes även in 1996). För att lika mycket information skulle finnas om varje planta, avgränsades materialet till att endast omfatta plantornas tre första år på kalhygget. Denna avgränsning ledde till att alla siffror, tre år och senare efter planteringsåret, byttes ut mot en asterisk. Själva årtalet för plantering har bortsatts från i denna studie.

Nästa steg var att summera alla år respektive planta haft en frostskada. Alla plantor med frostsador som hade skadegrad två eller högre, vilket motsvarade något skadad, fick en egen kategori. En planta som inte frostskadats under något år fick således en nolla, de som frostskadats under ett år fick en etta, de som frostskadats under två år fick en tvåa och en planta som frostskadats under alla tre åren resulterade följaktligen i en trea. Frostsador registrerades i kategorin *Annan skada* och koden för dessa skador var tvåa. Kriteriet för att räknas som frostskadad var således att *Annan skada* hade en tvåa och att skadegraden på denna var två eller mer. Detta utfördes med verktyget *Kalkylator* i Minitab där formeln skrevs som: ('H89ANSKADA' = 2 And 'H89ANSKBET' >= 2). H89 betyder att skadorna inventerades hösten 1989 och därmed skrevs ovanstående för alla år. Därefter summerades alla skador med skadegrad två eller mer i formeln: (RSUM (S89SNYTBET >= 2 ; H89SNYTBET >= 2 ; H89VEGBET >= 2 ; H89ANSKBET >= 2). Detta innebär att sommaren och höstens snytbaggeangrepp, vegetationskonkurrensen och de andra skadorna ska vara av skadegraden två eller mer. I andra skador ingick skadorna: svamp, frost, torka, syrebrist, hare, klövvilt, bastborre eller annan insekt och slutligen annan eller okänd skada. Detta summerades precis som för frostskadorna, under alla år. Därefter subtraherades totalt antal skador med antalet frostsador, för att frostskadorna inte skulle finnas med i båda kolumnerna under analysen.

Vid uppföljningen efter 20 år registrerades en mängd olika skador i kolumnerna T1, T2 och T3. Skadekod 70 stod för *Torra träd*, vilka alltså var döda individer. På grund av detta var det omöjligt att avgöra hur många tillväxtsåonger de gått miste om före uppföljningen och därmed togs de inte med. Alla träd med koden 70 gjordes därför om till asterisker och alla levande träd till ettor med hjälp av verktyget *Recode* i Minitab. Volymen multiplicerades sedan med alla ettor och asterisker, vilket resulterade i att de levande träden behöll sin ursprungliga volym, medan de torra trädens volym bortsågs från. Ovanstående del under denna rubrik gjordes därefter om för resterande 3 lokaler.

Nu när datamaterialet var sorterat och strukturerat kunde analyser påbörjas. För att få en överblick av hur medelvärden, antal frostsador, standardavvikelser med mera såg ut, utfördes ett *Display Descriptive Statistics*. Även *Boxplots* skapades för att se hur volymfördelningen såg ut visuellt. Därefter gjordes *Residual plots* för att se om ett ANOVA-test skulle kunna användas för datamaterialet. För att kunna använda sig av detta test krävs det att ett antal antaganden uppfylls. De två första antagandena som måste uppfyllas är att datamaterialet ska vara normalfördelat och att variansen är konstant (Samuels, Witmer, Shaffner 2012). Det stämde inte fullt ut, men eftersom datamaterialet var så pass stort (>12 000 träd) och med många observationer i de flesta skadeklasserna, bortsågs detta från. Det tredje kravet är att värdena ska vara oberoende av varandra (Samuels, Witmer, Shaffner 2012; Minitab 2016). Datamaterialet följde inget specifikt mönster och kunde därmed anses vara oberoende.

Flervägs-ANOVA (general liner model → fit general line model) valdes som statistiskt test med en signifikansnivå på 5 %. Därefter utfördes en *Post hoc-jämförelse* av typen Tukey där frostsador och andra skador jämfördes mot volymen. Modellen var: volym = antal år med

frostskador & antal andra skador. Testerna utfördes dels för var och en av lokalerna enskilt och dels för alla lokaler hopslagna, där alla individer samlades i samma test.

Jämförelser gjordes även för att kunna undersöka skillnader i volym mellan de olika lokalerna. En flervägs-ANOVA utfördes sålunda med tre faktor: antal år med frostskador, antal andra skador och lokal. För att de andra skadornas påverkan inte skulle leda till ett missvisande resultat, utfördes testerna med flervägs-ANOVA som även tog hänsyn till de andra skadorna (Edlund 2018). Om plantorna som inkluderades i studien endast var frostskadade, och oskadade i övrigt, hade datamaterialet blivit avsevärt mycket mindre, eftersom de flesta frostskadade plantorna även var skadade av något annat.

RESULTAT

Tester har utförts för respektive lokal separat och som en sammanslagning av lokal 1-4. Lokal 1 var Bråtarna, 2 var Lammhultsvägen, 3 var Skällåsvägen och lokal 4 var Strömma. Alla medelvärden i tabeller och grafer är volymer i enheten dm³. Metoden Tukey med signifikansnivån 5 % användes vid jämförelserna. Totalt sett undantogs 950 träd från analysen. Dessa var de torra träden med skadekod 70.

Sammanslagning av lokal 1-4

Alla träd inkluderades i samma analys, totalt sett ingick 12 002 träd i testet. Faktorerna: lokal, andra skador och frostsador hade en signifikant påverkan på volymen (Tabell 1). Förklaringsgraden var 44,74 % vilket innebär att så stor del av variansen förklarades av modellen (Bilaga 1). Förklaringsgraden var högre när faktorn lokal inkluderades jämfört med lokal 1, 2, 3 och 4 separat (Tabell 5, 8, 11 och 14).

Tabell 1. Volym som en funktion av andra skador, frostsador och lokal
Table 1. Volume as a function of other damage, frost damage and site

Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Lokal	3	6424102	2141367	2610,25	0,000
Andra skador	7	28149	4021	4,90	0,000
Frostsador	3	31842	10614	12,94	0,000
Error	11988	9834563	820		
Lack-of-Fit	56	69268	1237	1,51	0,008
Pure Error	11932	9765295	818		
Total	12001	17815951			

Lokalerna hade en signifikant påverkan på volymen (Tabell 2). Medelvolymen var betydligt större på Tönnersjöheden (lokal 3 och 4), än i Asa (lokal 1 och 2).

Tabell 2. Lokalernas påverkan på medelvolymen, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra
Table 2. The sites effect on the average volume, there is no significant difference between letters that are shared between each other

Lokal	N	Mean	Grouping
4	2871	79,9089	A
3	3479	32,4597	B
1	3112	25,0022	C
2	2540	11,4579	D

Ökat antal andra skador medförde inte en mindre medelvolym per automatik (Tabell 3). Det fanns inte ett lika tydligt samband i minskning av medelvolym vid ökat antal andra skador jämfört med antal år med frost (Tabell 4).

Tabell 3. Medelvolym för andra skadors påverkan på volymen, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra

Table 3. Other damage effect on average volume, there is no significant difference between letters that are shared between each other

Antal andra skador	N	Mean	Grouping		
6	5	49,1704	A	B	C
0	5952	39,9590	A		
1	3145	38,3463	A	B	
3	821	38,0838	A	B	C
2	1651	36,9237		B	C
4	343	34,7984		B	C
7	1	31,7846	A	B	C
5	84	28,5912			C

Ökat antal år med frostsador påverkade volymen negativt. Tre år med frostsador gav en lägre medelvolym än vid inga registrerade frostsador (Tabell 4). Plantor som frostsadats under alla tre åren skiljde sig inte signifikant från ett eller två års frostsador.

Tabell 4. Medelvolym för frostsador, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra

Table 4. The average volume for frost damage, there is no significant difference between letters that are shared between each other

Antal år med frostsador	N	Mean	Grouping		
0	9673	42,4309	A		
1	1662	39,8273		B	
2	596	35,5516			C
3	71	31,0190		B	C

Lokal 1: Bråtarna, Asa

Både frostsador och andra skador hade en signifikant påverkan på volymen. P-värdet var lägre för frostsador än för andra skador (Tabell 5). Förklaringsgraden var 2,73 % vilket innebär att så stor del av variansen förklarades av modellen (Bilaga 1).

Tabell 5. Volym som en funktion av andra skador och frostsador

Table 5. Volume as a function of other damage and frost damage

Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Andra skador	6	12794	2132,3	3,49	0,002
Frostsador	3	43075	14358,3	23,53	0,000
Error	3102	1892967	610,2		
Lack-of-Fit	11	5593	508,4	0,83	0,607
Pure Error	3091	1887374	610,6		
Total	3111	1946175			

Medelvolymen sjönk med ökat antal frostsador. Plantor med någon frostsada hade en signifikant lägre volym än icke frostsadade plantor, dock skiljde sig inte ett och två års frostsador signifikant från tre års frostsador (Tabell 6).

Tabell 6. Medelvolym för frostsador, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra
Table 6. The average volume for frost damage there is no significant difference between letters that are shared between each other

Antal år med frostsador	N	Mean	Grouping
0	2492	29,0278	A
1	478	23,3654	B
2	128	13,7361	C
3	14	8,4266	B C

Endast noll och fem andra skador skiljde sig signifikant från varandra, resterande andra skador var inte signifikant skilda från varandra. Ett samband kunde dock urskönjas mellan ökat antal andra skador och minskad medelvolym (Tabell 7).

Tabell 7. Medelvolym för andra skador, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra
Table 7. The average volume for other damage there is no significant difference between letters that are shared between each other

Antal andra skador	N	Mean	Grouping
0	1089	24,0401	A
1	921	21,4233	A B
2	653	20,9221	A B
3	315	20,2292	A B
6	2	18,0411	A B
4	110	17,7033	A B
5	22	8,1136	B

Lokal 2: Lamhultsvägen, Asa

Frostsador hade en signifikant påverkan på volymen, det hade däremot inte andra skador som hade ett betydligt högre p-värde (Tabell 8). Förklaringsgraden var 0,77 % vilket innebar att så stor del av variansen förklarades av modellen (Bilaga 1).

Tabell 8. Volym som en funktion av andra skador och frostska-
 Table 8. Volume as a function of other damage and frost damage

Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Andra skador	6	1186	197,6	0,59	0,739
Frostska- skador	3	4643	1547,7	4,62	0,003
Error	2530	847509	335,0		
Lack-of-Fit	12	4534	377,8	1,13	0,331
Pure Error	2518	842974	334,8		
Total	2539	854078			

Volymen sjönk med ökat antal frostska-
 signifikant skilda från noll års frostska-
 (Tabell 9). Inga andra signifikanta skillnader fanns.

Tabell 9. Medelvolym för frostska-
 Table 9. . The average volume for frost damage, there is no significant difference between letters that are shared between each other

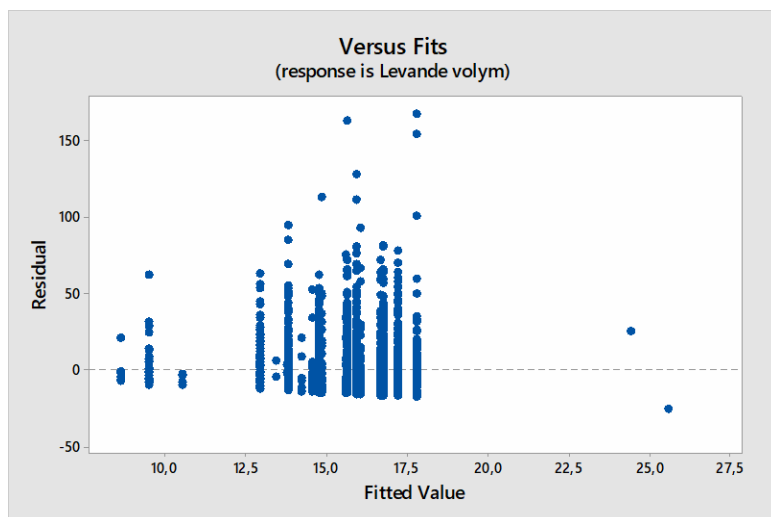
Antal år med frostska- skador	N	Mean	Grouping
0	1184	17,7882	A
1	845	16,6457	A B
2	454	14,8353	B
3	57	10,5355	B

Medelvärden för volymen följde inte mönstret med att ökat antal skador gav en lägre volym,
 det fanns ingen signifikant skillnad skadorna emellan (Tabell 10).

Tabell 10. Medelvolym för andra skador, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra
 Table 10. The average volume for other damage there is no significant difference between letters that are shared between each other

Antal andra skador	N	Mean	Grouping
6	2	22,7092	A
2	352	14,9643	A
3	281	14,3483	A
0	1065	13,9264	A
4	135	13,8964	A
1	679	13,0762	A
5	26	11,7374	A

Datamaterialet från Lammhultsvägen uppvisade inte en konstant varians, då volymens
 spridning var större för de träd som var skadade flera gånger. Dessutom fanns det fler
 positiva värden än negativa (Figur 4).



Figur 4. Variansen på Lammhultsvägen, frostsador och andra skador som faktorer och volym som en reaktion.
Figure 4. The variance on Lammhultsvägen, with frost damage and other damage as factors and volume as a response.

Lokal 3: Skällåsvägen, Tönnersjö

Det fanns inga signifikanta skillnader inom denna lokal, volymen påverkades inte signifikant av varken andra skador eller frostsador (Tabell 11). Förklaringsgraden var 0,31 % vilket innebar att så stor del av variansen förklarades av modellen (Bilaga 1).

Tabell 11. Volym som en funktion av andra skador och frostsador
Table 11. Volume as a function of other damage and frost damage

Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Andra skador	5	6027	1205,5	1,54	0,173
Frostsador	2	2412	1206,2	1,54	0,214
Error	3471	2713580	781,8		
Lack-of-Fit	4	3873	968,2	1,24	0,292
Pure Error	3467	2709707	781,6		
Total	3478	2722064			

Frostsador hade ingen signifikant påverkan på volymen. Det fanns inget tydligt samband mellan ökat antal år med frostsador och minskad medelvolym på Skällåsvägen (Tabell 12).

Tabell 12. Medelvolym för frostsador, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra
Table 12. The average volume for frost damage, there is no significant difference between letters that are shared between each other

Antal år med Frostsador	N	Mean	Grouping
1	185	43,2911	A
0	3283	39,5808	A
2	11	39,1123	A

Volymen påverkades inte signifikant av antalet andra skador, det fanns inget mönster i antalet andra skadors påverkan på medelvolymen (Tabell 13).

Tabell 13. Medelvolym för andra skador, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra
Table 13. The average volume for other damage, there is no significant difference between letters that are shared between each other

Antal andra skador	N	Mean	Grouping
5	12	47,3772	A
3	119	43,3212	A
0	2052	40,8242	A
1	899	39,6477	A
2	343	38,0493	A
4	54	34,7487	A

Lokal 4: Strömman, Tönnersjö

Ingen typ av skada i Strömman hade signifikant påverkan på volymen (Tabell 14). Förklaringsgraden var 0,31 % vilket innebär att så stor del av variansen förklarades av modellen (Bilaga 1).

Tabell 14. Volym som en funktion av andra skador och frostskaador
Table 14. Volume as a function of other damage and frost damage

Källa	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Andra skador	5	6027	1205,5	1,54	0,173
Frostskaador	2	2412	1206,2	1,54	0,214
Error	3471	2713580	781,8		
Lack-of-Fit	4	3873	968,2	1,24	0,292
Pure Error	3467	2709707	781,6		
Total	3478	2722064			

Antalet år med frostskaador i Strömman hade inte en statistisk säkerställd betydelse för medelvolymen (Tabell 15).

Tabell 15. Medelvolym för frostskaador, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra
Table 15. The average volume for frost damage, there is no significant difference between letters that are shared between each other

Antal år med Frostskaador	N	Mean	Grouping
2	3	86,7029	A
0	2714	86,4460	A
1	154	83,6290	A

Det fanns inget tydligt mönster till att ökat antal andra skador ledde till en lägre medelvolym i Strömme (Tabell 16).

Tabell 16. Medelvolym för andra skador, bokstäver som delas är inte signifikant skilda från varandra
Table 16. The average volume for other damage, there is no significant difference between letters that are shared between each other

Antal andra skador	N	Mean	Grouping	
6	1	128,497	A	B
0	1746	87,718	A	
1	646	86,512	A	B
3	106	84,042	A	B
2	303	79,844		B
7	1	78,857	A	B
4	44	76,294	A	B
5	24	62,979		B

DISKUSSION

Studien uppvisade inte ett helt entydigt resultat gällande frostskaadors påverkan på volymen. Frostskaador i Asa och för sammanslagningen av lokal 1-4 gav en signifikant volymförlust, däremot fanns det inget tydligt samband på Tönnersjöheden. I lokalen Skällåsvägen på Tönnersjöheden, gav exempelvis ett års frostskaador en större medelvolymer, än för en gran utan några registrerade frostskaador (Tabell 12). Detta är inte troligt, men kan eventuellt förklaras av en lägre genomsnittlig styrka på skadegraden. Antalet frostskaadeobservationer var även färre än i Asa, vilket medförde att medelfelet blev större och att medelvolymer som erhöles kan ha varit långt från det ”troliga” medelvärdet.

Skillnaden var stor mellan försökslokalerna gällande medelvolymer. Resultatet visade att lokalerna hade stor betydelse för den uppmätta medelvolymer (Tabell 2). Detta var inte förvånande eftersom jordart, markfuktighet, topografiskt läge, klimat och antal skador skiljde mellan lokalerna. Som tidigare nämnts spelar topografien stor roll för frostrisken. Den lågt liggande lokalen Lammhultsvägen hade betydligt fler registrerade frostskaador än lokalen Bråtarna som låg högre, trots att de endast låg några kilometer från varandra. Det var även betydligt fler frostskaador i Asa på Småländska höglandet än vid de kustnära lokalerna på Tönnersjöheden. Lokalen Lammhultsvägen är enligt Langvall, Nilsson & Örlander (2001) blöt, vilket skulle kunna ha varit en delförklaring till den betydligt lägre medelvolymer där jämfört med på de andra lokalerna.

Det fanns ett tvetydigt samband mellan att ökat antal andra skador gav en lägre volym. Resultatet visade att andra skador endast hade en signifikant påverkan på sammanslagningen av lokal 1-4 och Bråtarna. Det är sannolikt att ökat antal andra skador och minskad volym korrelerar med varandra. En förklaring till att sambandet inte syntes på övriga lokaler, skulle kunnat vara att det fanns få observationer med plantor som hade många andra skador. Enskilda icke representativa värden kan ha påverkat medelvärdet mer, än om det funnits fler observationer. Det skulle också kunnat bero på att alla skador, förutom frostskaador, klumpades ihop i kategorin *Andra skador* och antogs ha samma betydelse. Att exempelvis en snytbaggeskada haft samma betydelse för volymutvecklingen som torka eller gnag av hare är ett grovt antagande. Det skulle även helt enkelt kunnat bero på att de skador som registrerats i *Andra skador* inte påverkat volymutvecklingen på ett allvarligt sätt. Ingen större vikt lades vid detta, då syftet med studien primärt var att endast undersöka frostskaadors påverkan på volymen.

Resultatet för sammanslagningen av alla lokaler tydde på att faktorerna: *Lokal*, *Frostskaador* och *Andra skador* var betydande faktorer för volymen, på grund av modellens relativt höga förklaringsgrad på 45 % (Bilaga 1). När alla lokaler kördes separat i modellen, exklusive lokal, blev förklaringsgraden låg, knappt tre procent. Modellen kan dock vara bra även fast endast små delar av resultatet förklaras. Det innebär enbart att andra faktorer också påverkar volymen (SCB 2018).

Skador av frost kan förutom de direkta skadorna, öka risken för sekundära skador. Om toppskottet fryser ihjäl, leder det till att granen inte växer på höjden. Upprepas detta kommer granen i princip ha samma höjd till första året toppskottet inte dör. Risken för frost är som störst närmast marken, vilket leder till högre risk för frostskaador om granen inte kan växa ur den kritiska höjden (Sakai & Larcher 1987). Detta skulle även kunna leda till att konkurrensen från annan vegetation ökar, eftersom trädet utsätts för konkurrerande

vegetation, nära marken, under en längre tidsperiod (Fober & Giertych 2015). Även risken för angrepp av svamp och övriga parasiter kan öka vid frostsador på grund av nedsatt vitalitet (Hannerz 1994). Frostsadorna riskerade alltså att ha orsakat sekundära skador, vilket i sin tur kan ha sänkt tillväxten ytterligare.

Upprepade års frostsador gav en lägre medelvolymer än enstaka års frostsador. När individerna med frostsador jämfördes med de utan, för de fyra lokalerna tillsammans, blev granarnas volym i genomsnitt 6,1 % lägre vid ett års frostsador. Två års skador ledde till 16,2 % volymförlust, och medelvolymer minskade med 26,9 % för plantor som frostsadades under alla tre åren. Frostsador hade alltså en påtaglig betydelse för plantornas fortsatta volymutveckling, åtminstone för de 20 första åren efter anläggning. Vid antagandet om att volymförlusten hänger kvar till slutavverkning, skulle det vara stora ekonomiska värden som förloras på grund av frostsador. Förutom volymförluster, ökar även risken för kvalitetsnedsättningar, såsom dubbelstam och sprötkvist vid upprepade års frostsador (Hannerz 1999). Detta skulle kunna leda till ett än större framtida ekonomiskt bortfall. Detta föranleder ett intresse att försöka minska frostsadorna, speciellt på frostlänta marker som i lokalen Lamhultsvägen. Där hade över hälften (53,4 %) av granarna registrerade frostsador under minst ett av de tre första åren. Vid så pass mycket skador hade det kunnat vara en god idé att försöka göra något åt problemet med frostsador.

Som nämnts i inledningen kan aktiva val vid förnygring och skogsskötsel leda till minskade frostsador. Plantor av sydligare proveniens, som kräver en högre temperatursumma för att skottsträckningen ska starta, kan vara en metod för att minska risken för frostsador (Hannerz 1999). Även skärmar kan förebygga frostsador hos gran (Langvall & Ottosson Löfvenius 2002). Kronobergsmetoden, även kallad Trestegsmetoden, är en typ av lågskärm där lövträd, oftast björk, används. På frostutsatta marker kan denna lågskärm vara en metod för att förebygga frostsador, med hjälp av förväxande lövträd, eftersom att dessa minskar frostrisken. Under tre steg röjs lövträden succesivt bort, för att senare, vid en höjd på 8-12 meter avvecklas helt. Vid denna tidpunkt är granarna 3-4 meter höga och har därmed passerat den kritiska höjden för att drabbas av allvarliga frostsador (Iwarsson 2001). Denna metod skulle kunna vara lämplig att använda om det inte finns några lämpliga skärmträd att tillgå vid slutavverkning. Marker som liknar lokalen Lamhultsvägen, avseende att de är frostlänta, saknar befintliga skärmträd, och är förnygrade med gran, kan vara lämpliga att skötas med Kronobergsmetoden. Något som måste räknas på vid alla typer av skärmar är kostnader för att lämna skärmträden, merkostnader för omhändertagande av eventuella vindfällen, tillväxtförluster hos plantor på grund av konkurrens från skärmträden, kostnader för att avverka skärmen efter x antal år och kör- och fällskador på plantor vid uttag av skärmen. Även en rejäl markberedning, gärna högläggning, är en metod som kan minska risken för frostsador (Valinger 2009). På frostlänta marker skulle det kunna vara ekonomisk lönsamt att använda sig av en anpassad skötsel, trots ökade kostnader.

Under arbetets förlopp har olika svagheter med studien uppmärksamats. En svårighet för förrättningspersonerna under inventeringarna, kan ha varit att frostsador var besvärliga att urskilja om inventeringen utförts långt efter det att skadan inträffat. Detta kan ha resulterat i att plantan eventuellt inte klassades som frostsadad trots att den i själva verket blivit det. Även avsaknaden av skadegradens betydelse medförde en osäkerhet. Plantan bedömdes vara skadad så länge den klassades som en tvåa eller mer. Därmed gick det inte heller att avgöra hur kraftigt skadad plantan blivit respektive år. Ytterligare en osäkerhet var att det endast fanns en kolumn för andra skador, därmed blev endast den allvarligaste skadan noterad vid inventeringarna. Exempelvis om plantan drabbades av en allvarlig betesskada och en måttlig frostskada, blev endast betesskadan dokumenterad, men i vissa fall noterades frostsadan i

anteckningarna. Skador noterade i anteckningsfältet bortsågs dock från, på grund av att det var mycket få frostsador registrerade, och för att det inte heller gick att avgöra hur allvarliga de var. Dessutom fanns det färre än tio anteckningar från Tönnersjöheden, medan det fanns flera tusen från Asa. Snytbaggeskador och skador från vegetationskonkurrens hade separata kolumner och blev därmed alltid noterade tillsammans med frostsadorna. Det har inte heller gått att avgöra vad som hänt med granarna efter de år som studerats. Det skulle kunnat inträffa flera allvarliga skador som inte registrerats, då granarnas skador endast följdes upp ett år efter 1996.

Plantornas storlek, planttyp, genetik och avgångar kan ha påverkat resultatet. Skillnader i plantornas storlek vid planteringstillfället bedömdes vara utan betydelse vid anläggning, så länge barrotsplantorna var större än 25 centimeter, täckrotsplantorna större än 15 centimeter samt att alla plantor var vitala. Medelhöjden för plantorna vid planteringstillfället är enligt Langvall, Nilsson & Örlander (2001) 30 respektive 27 centimeter. Även planttyp bortsågs från, då syftet med denna studie inte var att undersöka skillnader mellan barrots- och täckrotsplantor. På grund av att det inte var kloner som planterades fanns det genetiska skillnader mellan plantorna. Dessa kunde inte undersökas och bortsågs därmed från. Det fanns även många torra träd, vilka undantogs från studien. De döda individerna skulle i högre utsträckning kunnat vara skadade än vad de överlevande träden varit. Langvall, Nilsson & Örlanders (2001) studie visar att dödligheten i Bråtarna är högre för de plantor som drabbas av frostsador under första växtsäsongen. För Lammhultsvägen fann de dock inte samma samband. Detta skulle kunna innebära att volymförlusten i själva verket varit större för de frostskadade plantorna, om de torra träden (kod 70) hade räknats med, än vad som har visats i denna studie, på grund av att de med kod 70 hade en lägre genomsnittlig medelvolym.

Som tidigare nämnts var Hyggesåldersförsöket från början endast avsett att pågå under plantstadiet, och därför användes ett tätt planteringsförband. Lammhultsvägen hade på grund av platsbrist ett förband på endast 1 meter, medan de övriga lokalerna hade 1,5 meters förband. Detta skulle kunnat skapa konkurrens mellan granarna på 20 års sikt, vilket kan ha lett till att granarna på Lammhultsvägen hämmat varandra mer än granarna på de övriga lokalerna. Detta kan ha varit en bidragande orsak till den lägre medelvolym som uppmättes där. Det täta planteringsförbandet kan ha lett till att de plantor som vuxit sämre under de första åren, exempelvis på grund av en frostskada, kan ha hamnat i det undre kronskiktet. Därmed skulle de kunnat ha blivit undertryckta av plantor som haft en snabbare ungdomstillväxt, exempelvis icke frostskadade plantor. På så vis kan tillväxten ha hämmats för de frostskadade individerna, jämfört med om de fått växa i det övre kronskiktet. Detta skulle kunna innebära att den procentuella tillväxtförlusten som frostskadade träd haft sedan plantstadiet, i själva verket varit mindre om ett glesare förband använts i försöket.

Ett av kraven för att kunna utföra test med ANOVA är att variansen ska vara konstant (Minitab 2016). Datamaterialet uppvisade inte en konstant varians för Lammhultsvägen (Figur 4). Detta frånsågs dock då datamaterialet var omfattande och av biologisk karaktär. Biologiskt material kan uppvisa mönster som inte följer det förväntade. I mån av tid hade andra statistiska test som exempelvis ett parat t-test, som enligt Minitab (2017) inte kräver en konstant varians, kunnat utföras för att se eventuella skillnader i resultatet.

Langvall, Nilsson & Örlander (2001) har undersökt frostskadade plantornas volymförlust på plantstadiet. Plantor från lokalerna Bråtarna och Lammhultsvägen har undersökts, alltså samma individer som undersöktes i detta kandidatarbete. De visar att desto fler år en granplanta drabbas av frostsador, desto mindre blir stamvolymen. Vårt resultat följde

samma mönster som deras. Även efter 20 år kvarstod sambandet med att ökat antal års frostsador genererade en lägre medelvolym (Tabell 6 och 9).

Langvall (2000) visar i sin avhandling, att granar utan skärmställning drabbas av fler frostsador och har en lägre höjdtillväxt de sex första åren efter anläggning. Granar som växer under skärm med en grundyta på 5-20 m²/ha, leder till färre frostsador och en högre höjdtillväxt. Efter det sjätte året, när granarna utan skärm var två meter höga, hade de inte längre några registrerade frostsador. Enligt Langvall (2000) har granarna, de efterföljande åren, en högre höjdtillväxt än granarna under skärmen. Resultatet tyder därmed på att frostsador minskar tillväxten, precis som resultatet i denna studie visade. Anledningen till att granar med fler frostsador var högre efter sju år, och de följande åren, beror förmodligen på att skärmen konkurrerade med plantorna. Dessutom drabbades plantorna under skärmen i högre utsträckning av svampen *Gremmeniella* (Langvall 2000). I Hyggesåldersförsöket fanns ingen skärmställning och därmed uppstod inte heller någon konkurrens mellan skärmskär och plantor.

Slutsats

Denna studie har undersökt frostsadors effekt på volymutvecklingen hos gran på 20 års sikt. Frostsador hade en signifikant påverkan på volymutvecklingen i Asa och för alla fyra lokaler tillsammans. För lokalerna på Tönnersjöheden kunde däremot inget signifikant samband påvisas. Upprepade års frostsador ledde till en lägre medelvolym, än enbart ett års frostsada. Som ensam faktor förklarade dock frostsador endast en liten del av volymförlusten. Mer forskning behövs innan slutsatser kan dras kring frostsadors påverkan på volymutvecklingen fram till slutavverkning.

REFERENSER

- H. Fober & M. Giertych, 2015. The uptake of ^{32}P by spruce seedlings (*Picea abies* (L.) Karst.) growing in competition with grass. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 39(1), pp.115–121.
- Hannerz, M. (1994). *Damage to Norway spruce [Picea abies (L.) Karst] seedlings caused by a late spring frost*. Uppsala: SkogForsk. Serie: Report - Skogforsk, 1994:5.
- Hannerz, M. (1999). *Early Testing of Growth Rhythm in Picea Abies for Prediction of Frost Damage and Growth in the Field*. Diss. Uppsala: Swedish Univ. of Agricultural Sciences Sveriges lantbruksuniv.
- Hannerz, M. Sonesson, J. & Ekberg, I. (1999). Genetic correlations between growth and growth rhythm observed in a short-term test and performance in long-term field trials of Norway spruce. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 29(6), ss.768–778.
- Langvall, O. (2000). *Interactions between Near-ground Temperature and Radiation, Silvicultural Treatments and Frost Damage to Norway Spruce Seedlings*. Diss. Alnarp: Sveriges lantbruksuniv.
- Langvall, O. (2011). Impact of climate change, seedling type and provenance on the risk of damage to Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Seedlings in Sweden due to early summer frosts. *Scandinavian Journal of Forest Research*, Vol. 26, ss. 56-63.
- Langvall, Nilsson & Örlander, (2001). Frost damage to planted Norway spruce seedlings — influence of site preparation and seedling type. *Forest Ecology and Management*, Vol. 141(3), ss. 223–235.
- Langvall & Ottosson Löfvenius, (2002). Effect of shelterwood density on nocturnal near-ground temperature, frost injury risk and budburst date of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, Vol. 168(1), ss. 149–161.
- Lundmark, T. (1996). *Photosynthetic responses to frost and excessive light in field-grown Scots pine and Norway spruce*. Diss. Umeå: Sveriges lantbruksuniv.
- Mattsson, J., & Börjesson, L. (1978). *Lokalklimatiska temperaturstudier inom ett skånskt fruktodlingsdistrikt med särskilt beaktande av frostillänheten = [Local climate temperature studies in a Scanian fruit-growing district with special regard to the exposure to frost]*. (Konsulentavdelningens rapporter, Sveriges lantbruksuniversitet. Trädgård, 131). Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Ottosson Löfvenius, M. (1993). *Temperature and radiation regimes in pine shelterwood and clear-cut area*. Diss. Umeå: Sveriges lantbruksuniv.
- Sakai, A. & Larcher, W. (1987). *Frost survival of plants: responses and adaptation to freezing stress*, Berlin; New York: Springer-Vlg.

Samuels, M.L. Witmer, J.A. & Schaffner, A. 2012. *Statistics for the life sciences*. 4. uppl. Boston: Pearson Education.

Senser, M. & Beck, E. (1977). On the mechanisms of frost injury and frost hardening of spruce chloroplasts. *Planta*, Vol. (3), ss. 195–201.

Skrøppa, T. & Steffenrem, A., 2015. Selection in a provenance trial of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) produced a land race with desirable properties. *Scandinavian Journal of Forest Research*, ss.1–31.

Valinger, E. (2009). *Abiotiska skador orsakade av vind, snö och frost* (rev. Ahlstöm, M & Fries, C (2017)). I: Clas Fries, Skogsstyrelsen (red), *Skador på skog, del 2*. 2.uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen, ss. 97-99.

Elektroniska källor

Iwarsson, M. (2001). *Motormanuell röjning*, Uppsala: Skogforsk. Tillgänglig: https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwjI8tDP_8DaAhWEESwKHjPCMUQFgg1MAI&url=https%3A%2F%2Fwww.skogforsk.se%2Fcontentassets%2F92f64311750474d9a186db5b9ce485c%2Fmotormanuell-rojning.pdf&usq=AOvVaw1G-psYiDKQliQO4_XnsI5x [2018-04-17]

Minitab (2016). *Interpret all statistics and graphs for Multiple Regression*. Tillgänglig: <http://support.minitab.com/en-us/minitab-express/1/help-and-how-to/modeling-statistics/regression/how-to/multiple-regression/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/#s> [2018-03-23]

Minitab (2017). *Types of t-tests*. Tillgänglig: <http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/hypothesis-tests/tests-of-means/types-of-t-tests/> [2018-04-16]

Nilsson, U. (red.). (2013). *Skogens skötsel*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet (Future Forests Rapport 2013:1) Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/f-for/futureforests/ffrapport_skogens-skotsel-2013-08-13.pdf [2018-02-28]

SCB (2018). *Analysmetoder*. Tillgänglig: <http://www.scb.se/dokumentation/statistikguiden/trender-och-analyser/analysmetoder/> [2018-04-09]

SMHI (2017-03-20)a. *Frost och markfrost*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/frost-och-markfrost-1.2789> [2018-02-26]

SMHI (2017-03-20)b. *Vinterhögtryck och kalla lågtryck*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/vinterhogtryck-och-kalla-lagtryck-1.5585> [2018-02-26]

SMHI (2017-11-06)c. *Vårens sista frost*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindex/varens-sista-frost-1.77151> [2018-02-26]

Icke publicerat material

Hilda Edlund, konsulent vid institutionen för skoglig resurshushållning, avdelningen för skoglig resursanalys, Sveriges lantbruksuniversitet, 2018-03-12

Bilaga 1

Förklaringsgrad för sammanslagning av lokaler 1-4 och för de olika lokalerna, genererat från Minitab.

Sammanlagning av lokal 1-4

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
28,6421	44,80%	44,74%		*

Bråtarna, Asa

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
24,7031	2,73%	2,45%	2,25%	

Lammhult, Asa

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
18,3026	0,77%	0,42%	0,00%	

Skällåsvägen, Tönnersjöheden

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
27,9604	0,31%	0,11%	0,00%	

Strömman, Tönnersjöheden

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
27,9604	0,31%	0,11%	0,00%	