



Gallring av skadade tallbestånd

- Skadornas inverka samt gallringens
möjlighet att minska skadenivån
-

Thinning in damaged Scots pine stands

- The effect of the damages and the capability of thinning to reduce the level of damage

Adam Pettersson

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2021:3

2021



Gallring av skadade tallbestånd

Thinning in damaged Scots pine stands.

Adam Pettersson

Handledare: Tomas Nordfjell, SLU, Skogens biomaterial och teknologi

Examinator: Dimitris Athanassiadis, SLU, Skogens biomaterial och teknologi

Omfattning: 30hp

Nivå och fördjupning: Avanceradnivå, A2E

Kurstitel: Mastersarbete i skogsvetenskap

Kurskod: EX0956

Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Kursansvarig inst.: Skogens biomaterial och teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2021

Illustration: Adam Pettersson

Serietitel: Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2021:3

Delnummer i serien: 2021:3

Nyckelord: Älgbetesskador, skademinimering, timmerkvalitet, beståndsinventering

Sammanfattning

Älgskadorna på tall orsakar ekonomiska problem i skogsbruket som tillväxtförluster och kvalitetsnedsättning på såväl rundvirke som sågad vara. Hur stor påverkan de kvalitetsnedsättande skadorna har för timret är dock inte klarlagt. Möjligheten att minska effekterna med hjälp av gallring är inte heller undersökta i någon större utsträckning.

Studiens övergripande syfte var att bidra till kunskapsläget om vilken inverkan älgliknande skador har vid förstagallring av tallskog. Samt undersöka om det finns möjlighet att via gallring minska den allmänna skadenivån i beståndet.

Fältinventering utfördes i fem talldominerade bestånd före och efter gallring. Avverkad volym, timmervolym, volym stamfelsved och andel manuella kap hämtades från skördardata.

Gallringen ledde inte till någon generell sänkning av andelen skador, men specifikt för tvärkrökar och dubbeltopp så blev det en statistisk signifikant sänkning med 0,4 – 1. En teoretisk analys visar att potentialen att sänka andelen skador i förstagallring är relativt liten.

Det finns svaga tecken på att andelen stamfelsved påverkas av skadeandelen. Datamaterialet var dock för litet för att det skulle bli statistiskt signifikant. Även om det finns en effekt av skadeandelen verkar det individuella maskinlagets agerande ha en större betydelse.

Inget samband identifierades mellan skadenivån i bestånden och bestandsvariabler som volym, grundyta eller medeldiameter.

Att gallringen inte leder till en sänkning av skadeandelar i beståndet beror främst på två faktorer: Det relativt stora stickvägsuttaget som sker i förstagallringar samt tidspressen som finns på skördarförarna. Utfallet av timmer från gallring verkar påverkas relativt lite av skadorna och lär även minska med tiden.

Nyckelord: Älgbetesskador, skademinimering, timmerkvalitet, beståndsinventering

Abstract

Moose damage to pine causes economic problems in forestry due to growth losses and a reduction in the quality of both timber and sawn wood. However, it is not clear how much impact the quality-reducing damage has on the timber. The possibility of reducing the effects with the help of thinning has also not been investigated to any great extent.

The overall purpose of the study was to contribute to the state of knowledge about the impact of moose-like damage on first thinning of pine forests and to investigate whether it is possible to reduce the general level of damage in the stand through thinning.

Field inventory was performed in five pine dominated stands before and after thinning. Harvested volume, timber volume, volume logs with defects and the proportion of manual cuts were retrieved from harvester data.

The thinning did not lead to a general reduction in the proportion of injuries, but specifically for crooks and double stems, a small but significant reduction of 0.4 – 1 percentage points was obtained. A theoretical analysis shows that the potential to reduce the proportion of injuries in first thinning is relatively small.

There are weak signs that the proportion of timber being degraded to pulpwood is affected by the proportion of damage. However, the data material was too small for it to be statistically significant. Even if there is an effect of the damage ratio, the actions of the individual harvester operator seem to have a greater significance.

No relationship was identified between the level of damage in the stocks and stand variables such as volume, basal area, or average diameter.

The fact that the thinning does not lead to a reduction in the proportion of damage in the stand is mainly due to two factors: The relatively large strip road removal that takes place in first thinnings and the time pressure on the harvester operators. The outcome of timber from thinning seems to be affected relatively little by the damage and is also likely to decrease over time.

Keywords: Moose grazing damages, damage reduction, timber quality, stand inventory

Förord

Med detta examensarbete som omfattar 30 hp avslutar jag mina studier på Jägmästarprogrammet. Arbetet har utförts i samarbete med Sveaskog RO Västerbotten med målet att öka kunskapen om inverkan av älgens skadeverkan på skogen.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Tomas Nordfjell på Skogens biomaterial och teknologi, SLU i Umeå för sitt tålamod och engagemang. Jag vill även rikta ett tack mot Anna-Maria Rautio på Sveaskog samt alla andra på Sveaskog som bidrog till mitt arbete. Utan er hade det inte varit möjligt!

Till sist vill jag även tacka företaget Haglöf Sweden AB som bistod med hjälp att ta fram lämplig utrustning och programvara som var till stor hjälp under fältinventeringen.

Umeå, mars 2021

Adam Pettersson

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning.....	9
Förkortningar.....	10
1. Inledning.....	11
1.1. Älgar och skogsbruk.....	11
1.1.1. Älgskadors tillväxtnedsättande effekt	13
1.1.2. Älgskadors kvalitetsnedsättande effekt	14
1.2. Gallring och dess effekt på kvalitetsnedsättande skador	17
1.3. Inventeringsteori	19
1.4. Problemformulering, syfte och avgränsningar.....	20
1.4.1. Syfte och avgränsningar	21
2. Material och metod.....	22
2.1. Datainsamling.....	22
2.1.1. Urval av bestånd	22
2.1.2. Fältinventering	23
2.1.3. Skadeklassificering	25
2.1.4. Genomförande av gallring	25
2.1.5. Skördarrapportering av timmer och massaved.....	26
2.2. Analys av datamaterial	26
2.2.1. Skattning av beståndstotaler	26
2.2.2. Skattning av beståndsvariabler som beräknats från beståndstotaler	27
2.2.3. Skattning av medelfel	28
2.2.4. Utfallsberäkningar på genomförda gallringar.....	29
2.2.5. Statistiska analyser	30
3. Resultat.....	32
3.1. Bestånden före och efter gallring	32
3.2. Utfall från genomförda gallringar	35
3.3. Gallringens inverkan på den allmänna skadenivån.....	36
3.4. Skadenivåns påverkan på timmerutfallet	41
3.5. Skadenivåns påverkan på gallringsgenomförandet	42

3.6.	Skadenivåns påverkan på beståndet	42
4.	Diskussion.....	44
4.1.	Metoddiskussion	44
4.1.1.	Beståndsurval	44
4.1.2.	Gallringsutförande.....	44
4.1.3.	Skadeklassificering	45
4.1.4.	Inventering och skattningar.....	46
4.1.5.	Statistiska analyser	46
4.2.	Resultatdiskussion.....	47
4.2.1.	Gallringens möjlighet att påverka andelen skador.....	47
4.2.2.	Skadornas påverkan på utfallet	50
4.2.3.	Skadornas påverkan på gallringsgenomförandet	51
4.2.4.	Skadornas påverkan på beståndsutvecklingen	52
4.2.5.	Praktisk implementering av resultaten	52
4.3.	Slutsatser	53
4.3.1.	Vidare forskning	54
	Referenser.....	56
	Bilaga 1.....	60

Tabellförteckning

- Tabell 1.** Övergripande beskrivning av beståndens läge, ålder, historik ståndortsindex storlek samt antal provytor vid inventering samt vilken gallringstyrka som var målet vid gallring. 23
- Tabell 2.** Beståndsdata baserat på inventering innan gallring. 33
- Tabell 3.** Beståndsdata baserat på inventering efter gallring. 34
- Tabell 4.** Utfall från gallring baserat på skördardata. 35
- Tabell 5.** Andel skadade stammar före och efter gallring. 37
- Tabell 6.** Andel skador (%) i genomsnitt före och efter gallring samt beräknad signifikansnivå för skillnaden. 38
- Tabell 7.** 95 procentigt konfidensintervall för andelen provytor med en minskad andel av respektive skada. 39
- Tabell 8.** Andel skador (%) bland de stammar som tagits bort utanför stickvägar. 40
- Tabell 9.** Andel skadad volym före gallring och efter gallring inklusive relativt medelfel. 60

Figurförteckning

- Figur 1.** Avskjutning av älg i Sverige åren 1939 – 2019 (Svenska jägareförbundet 2020). 11
- Figur 2.** Typiska skador som kan ha sitt ursprung i en skada orsakad av älg. 15
- Figur 3.** Total andel skadad volym samt andel volym med allvarliga skador uppdelat på bestånd. 36
- Figur 4.** Total andel skadade stammar samt andel stammar med allvarliga skador. 38
- Figur 5.** Andelen stamfelsved av rotstockar med timmerdimension mot andelen skadade stammar i gallringsuttaget. 41
- Figur 6.** Andelen manuella kap bland timmerstockar mot andelen skadade stammar i gallringsuttaget. 42
- Figur 7.** Älgbetetryck i Västerbottens län. (Efter Skogsstyrelsen 2020a)). 53

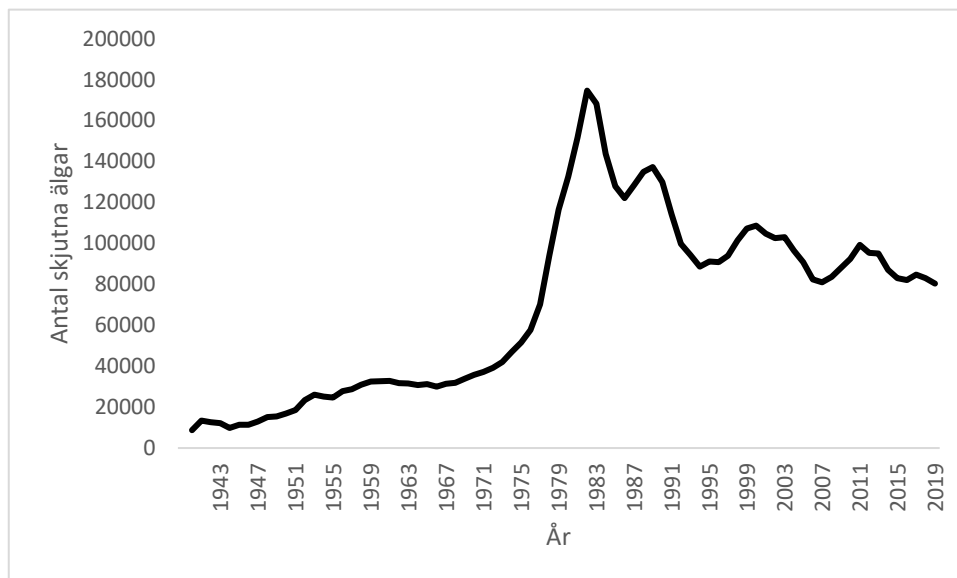
Förkortningar

Dgv	Grundtyevägd medeldiameter
m ³ ub	Kubikmeter fast under bark
m ³ ub	Kubikmeter under bark
m ³ sk	Skogskubikmeter
m ³ sv	Kubikmeter sågad vara
OSU	Osystematisk slumpmässigt urval
PPS	Probabilitets proportional to size
SFV	Stamfelsved
TD	Timmerdimension
VMF	Virkesmättningsföreningen
VO-nummer	Virkesordernummer
ÄBIN	Älgbetesinventeringen

1. Inledning

1.1. Älgar och skogsbruk

Fler älgar gör att betetrycket i skogen blir högre. Under 1970- och 1980 talet skedde en älgexplosion i Sverige, älgstammen mångdubblades på några år (Kempe 2012; Broman & Truvé 2015). Älgstammens tillväxt stannade upp under 1980-talet och har sedan sjunkit. Antalet individer är dock fortfarande mycket högt jämfört med tiden före den så kallade älgexplosionen (Kempe 2012). Antalet älgar som skjutits i Sverige ger en indikation på hur utvecklingen av älgstammen har sett ut i Sverige (Figur 1). Wallgren (2016) har uppskattat älgtätheter i olika länder och visat att Sverige har världens tätaste älgstam med totalt cirka 350 000 älgar vilket motsvarar 12 000 älgar per miljon ha skogsmark. Detta kan jämföras med Finland som enbart har knappt 5000 älgar per miljon ha skogsmark.



Figur 1. Avskjutning av älg i Sverige åren 1939 – 2019 (Svenska jägareförbundet 2020).

Problemen som älgens skadeverkan på tall orsakar kan delas in i två kategorier: tillväxtförluster och kvalitetsnedsättande skador. Problemen beskrivs mer ingående i kapitel 1.1.2 och 1.1.3.

Inventeringar av Riksskogstaxeringen har visat på att betesskadorna orsakade av älg har varit höga sen 1980-talet (Kempe 2012). I ungskog med medelhöjd 1–4 meter är i genomsnitt 39 % av alla tallar påverkade av en viltbetesskada (Skogsdata 2020). År 2020 var andelen tall med färska skador i genomsnitt 12 % men det varierar mellan 10 – 20 % i olika landsdelar. Andelen tall som är oskadad vid 5 meters höjd är i medeltal 58 % (Skogsstyrelsen 2020). Inom de senaste 5 åren har 5,6 % av alla tallbestånd fått älgskador på minst 10 % av träden, 3,1 % av alla tallbestånd har fått älgskador på minst 30 % av träden och 1,7 % av alla tallbestånd har fått skador på minst 50 % av träden (Riksskogstaxeringen 2020). Andelarna är sannolikt betydligt högre om enbart ungskog räknas med. Samhällets, skogsbrukets och Skogsstyrelsens övergripande mål är att minst 70 % av alla tallstammar ska vara oskadade vid 5 meters höjd. I nuläget är skadenivåerna därmed långt över målet (Naturvårdsverket 2018; Skogsstyrelsen 2020).

Älgens skadeverkan på tall har varit ett ämne för diskussion redan innan 1970-talet men fick ännu mer fart efter den så kallade älgexplosionen. Sedan dess har det genomförts många försök att beräkna intäktsförlusterna som älgskador orsakar. Örländer och Frisk (2020) uppskattade samhällskostnaden för viltskador till drygt 20 miljarder kronor. Intäktsförlusten uppstår till följd av ett förlorat förädlingsvärde på grund av de tillväxtnedsättningar älgens orsakar i skogarna. Skogsstyrelsen har gjort en liknande skattningen i deras återrapportering till regeringen men här beräknades även skogsägarnas intäktsförlusten till 1,25 miljarder kronor per år och totala intäktsförlusten inklusive förlorat förädlingsvärde till 7,2 miljarder kronor per år. Skattningarna baseras främst på tillväxtförlusten som älg orsakar i skog (Bergquist et al 2019). Glöde et al. (2004) uppskattade intäktsförlusten för de kvalitetskadorna som älgens orsakar till 30 – 80 miljoner kronor årligen.

Älgarna ger dock inte enbart upphov till intäktsförluster. Älgstammen har både ett stort köttvärde och ett växande rekreativvärde (Boman et al. 2011). Värdet på all jakt i Sverige är uppskattat till cirka tre miljarder (Boman & Mattsson 2014). Älgjakten utgör i sin tur majoriteten av värdet (Boman et al. 2011).

Skogsägarna drabbas både av problemen med älgens skadeverkan på skog men får också ta del av värdet från älgjakten. Hur dessa värden ska ställas mot varandra är inte en lätt avvägning. Denna studie har genomförts i samarbete med Sveaskog som är Sveriges största skogsägare och därmed har ett stort intresse i frågan.

1.1.1. Älgskadors tillväxtnedsettande effekt

Ett antal studier har utförts för att undersöka hur älgbetesskador påverkar tallens (*Pinus sylvestris*) tillväxt. En av de mest omtalade studierna är Furudalsförsöket. Det är ett försök som sträckte sig över 28 år i ett område med hög vinterkoncentration av älg. En sammanställning av försöket har visat på att tillväxtförlusterna från betesskador beror på hur hårt skadade träden är och kan uppgå till 62 % i de mest skadade bestånden. Det visade också på att tillväxten inte återhämtar sig med tiden. Även de enskilda trädets tillväxt påverkas mycket beroende på hur hårt skadat det är (Pettersson et al. 2010). Försöket ligger också till grund för många antaganden om hur älgbetning påverkar tillväxten. En senare revision av försöket stödjer att tillväxten inte visar några tecken på återhämtning i de skadade bestånden (Dahlen 2014).

En annan långtidsstudie utförd i Finland där älgbetning simulerades visar också på att älgskador ger kraftiga tillväxtnedsettningar. I försöket var tillväxtförlusterna mellan 21 – 27 % och tillväxtförlusterna var större desto allvarligare skadan på trädet var (Matala et al. 2020). Wallgren et al. (2014) är inne på samma spår men menar på att återkommande betning är det som orsakar de största tillväxtförlusterna.

Redan på 1980-talet utfördes ett antal försök att beräkna tillväxtförlusten som älgbetet orsakar. I Åsele utfördes en studie där sådd mark som var hårt älgbetad jämfördes med likartad mark som inte var betad i samma utsträckning. Studien kunde dock inte påvisa någon tillväxtnedsettning till följd av älgskadorna (Sandgren 1980). Det finns med andra ord motsägande resultat angående vilken effekt älgbetesskador har på tillväxten. Näslund (1986) stod också för en av de tidigaste mer omfattande försöken att uppskatta effekten av betesskador på beståndsutvecklingen. De baserades på en åter-inventering av ungskog 5 år efter första inventeringstillfället. Skattningarna baseras på väldigt grova indelningar av skadenivåer men visar på att toppbrott orsakade av älg leder till en tillväxtförlust motsvarande 1 – 5 år beroende på trädets höjd vid skadetillfället.

Genom åren har ett antal försök genomförts för att uppskatta tillväxtförlusterna som uppstår till följd av viltbetesskador på större arealer. Det har dock visat sig att det inte är helt enkelt och väldigt olika resultat har erhållits. Örlander och Frisk (2020) står för den senaste skattningen. De menar på att den totala tillväxtförlusten orsakad av älg uppgår till 11,9 miljoner m³fub/år i Sverige. Skogsbrukets mål är att 7 av 10 träd ska vara oskadade vid 5 meters höjd, om skadorna inom toleransnivån räknas bort är tillväxtförlusten fortfarande 6,9 miljoner m³fub/år. Vilket motsvara cirka 14,3 respektive 8,3 miljoner m³sk/år (Ibid.). Denna skattning är betydligt högre än den som utfördes av Bergquist et al. (2019) som skattade den totalt tillväxtförlusten till 6,4 miljoner m³sk per år. Kempe (2012) utförde en skattning med hjälp av åter-inventering av riksskogstaxeringens

permanenta provvytor. Skattningen visar på att nettotillväxtförlusten enbart uppgår till cirka 1 miljon m³sk per år.

Sonnesson och Rosvall (2011) utförde på uppdrag av Sveaskog en bedömning av tillväxt- och intäktsförlusterna som uppstår på grund av älgbetet på Sveaskogs marker. Tillväxtförlusterna visade sig uppgå till 19 % vilket gav en förlust på 29 % av nuvärdet. Att nuvärdesförlusten är större än tillväxtförlusten beror på att skadade träd antogs vara mindre värda. En tillväxtförlust på 19 % motsvarar 850 000 m³sk på en årsyta under en omloppstid. Nuvärdesförlusten på 29 % motsvarar då 64 miljoner kr per årsyta (Sonnesson & Rosvall 2011).

Relativt många studier har undersökt tillväxtförlusterna som älgskador orsakar. Alla försök som har utförts under en längre period har också visat på att älgskadorna leder till en tillväxtförlust. Hur stor tillväxtförlusten blir verkar dock inte helt enkelt att avgöra då det beror på hur hårt skadade träden har blivit, vid vilken tidpunkt de har skadats samt om de skadats vid återkommande tillfällen. Komplexiteten avspeglas också i försök att beräkna tillväxtförlusten för hela Sverige. Publicerade studier har via olika studiemetoder analyserat älgbetets nedsättning av skogstillväxten i Sverige. Det som är gemensamt är att alla studier har kommit fram till att tillväxten reduceras betydligt men nivån varierar mellan 1 – 14 miljoner m³sk/år.

1.1.2. Älgskadors kvalitetsnedsättande effekt

Det finns olika typer av älgskador som kan ge upphov till kvalitetsnedsättande skador. Toppskottsbetning är den vanligaste typen av skada som ofta leder till en kvalitetsnedsättning på trädet. Andra skador orsakade av älg som kan leda till kvalitetsnedsättningar är stambrott och barkskador på huvudstammen. Toppskottsbetning är vanligast mellan 1 – 2 meters höjd och därefter avtar frekvensen av betningen successivt vilket framförallt beror på älgens möjlighet att nå toppskotten (Bergqvist et al. 2001). Toppskottsbetning på träd över 2,5 meter förekommer vanligtvis inte, undantag kan vara vid stora snödjup (Shiple et al. 1998; Kalén & Bergquist 2004).

Skadorna kan ge upphov till ett flertal olika kvalitetsnedsättande fel. Ett långtidsförsök där toppskottsbetning och stambrott simulerades visade att sprötkvist var den vanligaste effekten och det uppstod på mellan 28 – 50 % av träden. Dubbeltopp var också en vanlig effekt som uppstod på 7 % av träden (Matala et al. 2020). Matala et al. (2020) tror också att uppskattningen ligger i underkant av vad verkliga älgbetesskador skulle ge upphov till. Wallgren et al. (2014) har påvisat att tvärkrökar är en annan vanlig effekt av älgbetet samt att upprepat bete höjer risken för att en skada ska uppstå. Barkgnag och fejning ger vanligtvis upphov till en kvalitetsnedsättande fiberstörning (Bergquist et al. 2019). Barkgnag och fejning kan även orsaka barkdragande lyror (Nylinder 2000). Skadorna

som uppstår kan med tiden övervallas och syns inte alltid på virke av timmerdimensioner. Skadan kommer dock alltid att synas när timret väl sågats (Dahlen 2014). Figur 2 exemplifierar hur dessa skador kan se ut på träd i förstagallringsskog. I fortsättningen av denna studie kommer sprötkvistar, tvärkrökar, dubbeltoppar och barkskador upp till 3 meters höjd på stammen benämnas som älgliknande skador även om ursprunget är okänt.



Figur 2. Typiska skador som kan ha sitt ursprung i en skada orsakad av älg. A: Sprötkvist, B: Tvärkrök, C: Dubbeltopp, D: Barkskada/barkdragande lyra. Foto: Adam Pettersson.

Skador som sprötkvist, tvärkrök och dubbeltopp kan även uppstå på grund av andra orsaker än älgens skadeverkan. Dessa skadetyper uppkommer vanligtvis som en följd av ett toppbrott. Ett toppbrott kan i sin tur uppstå på grund av ett flertal olika anledningar. Det kan uppstå på grund av svampsjukdomar som knäcksjuka, men även som följd av tunga belastningar av snö och is kombinerat med vind. Den vanligaste anledningen för toppbrott på tall är dock toppskottsbetning av älg (Nylinder 2000). Wallgren et al. (2014) visade att sprötkvist även kan uppkomma utan mekanisk påverkan. Möjliga förklaringar kan vara frost men till viss del även en genetisk påverkan (Persson et al. 2010).

En långtidsstudie utförd i Finland simulerade effekterna av älgbetete genom att klippa topparna på tallar på olika sätt. Efter 34 år avverkades träden som då var 40 – 60 år och effekterna av skadorna undersöktes sedan. Resultatet tydde på att en kraftigare ursprunglig skada mer sannolikt leder till en stamdeformation. En lägre andel av träden med simulerade skador uppfyllde kraven för sågtimmer jämfört med kontrollträden. Enbart den kraftigaste behandlingen gav dock en statistisk signifikant högre sannolikhet att timret blev klassat som massaved (Matala et al. 2020). Även Wallgren et al. (2014) har visat på att ökad betesintensitet ger en högre risk för att en stamdeformation ska uppstå. En annan finsk studie har visat på att älgbetesskador är en av de primära anledningarna till att sågtimmerutfallet i förstagallringar blir litet (Wall *et al.* 2005 se Matala *et al.* 2020).

De kvalitetsnedsättande effekterna av viltskador realiseras först efter avverkning. Effekterna för Skogsägare uppstår när vederlagsmätning ska utföras av Biometria. Priset för sågtimmer påverkas av dess kvalitet. För tall finns fyra kvalitetsklasser (1–4) där kvalitetsklass 1 generellt ger högst pris och kvalitetsklass 4 lägst pris. Om stocken inte håller måttet för någon av klasserna vrakas den och betalas då med massavedspris. Tvärkrökar och sprötkvistar kan i sin tur ge upphov till nedklassning av timmerstockar. Lyror kan ge upphov till volymavdrag vilket innebär att säljaren får betalt för mindre volym än vad stocken egentligen håller (Biometria 2019). Skadorna påverkar även vid kvalitetsklassningen av den sågade varan. Onormalt grova kvistar samt barkdragande kvistar (sprötkvistar), barkdragande lyror och toppbrott är skador som leder till nedklassning enligt handelssorteringsstandarden SS-EN 1611-1 (Svenskt trä 2016).

Den praktiska effekten som uppstår till följd av kvalitetsnedsättningar är undersökt i relativt liten utsträckning. Kostnadsuppskattningarna som är gjorda baseras ofta på antaganden om värdeförlusten hos en skadad stam men saknar vidare vetenskapligt stöd. Antagande om värdeförlusten varierar men ett antagande som har använts är att stocken förlorar 20 % av sitt värde (Glöde et al. 2004). Senare försök utgörs främst av ett par examensarbeten. Nordström (2005) undersökte kvalitén på sågtimmer som i framtiden skulle falla ut ur SCAs gallringsbestånd. Ett tvåstegs PPS (Probabilities proportional to size) urval av stockar gjordes bland bestånd som var aktuella för gallring inom 10 år. Stockarna mättes sedan in och kvalitetsklassades av VMF (Virkesmätningföreningen) innan de sedan provsågades. Resultatet blev att 20 % av stockarna klassades till sämsta kvalitetsklass på grund av sprötkvistar och tvärkrökar. Som tidigare nämnt är sprötkvist och tvärkrök vanliga skadetyperna som orsakas av älgbetning (Wallgren et al. 2014; Matala et al. 2020).

Sandgren (1980) visade att den sågade varan som faller ut från älgbetade bestånd hade betydligt lägre andel virke som höll god kvalitet. Barkdragande sprötkvistar var den

främsta orsaken till försämrad kvalitet. Kvarnström (2010) utförde i sitt examensarbete en kvalitativ studie som syftade till att kartlägga i vilken utsträckning skadorna som uppstått till följd av älgexplosionen har märkts av hos sågverk. Intervjuer utfördes med ett antal sågverksrepresentanter främst i Dalarna. Resultatet av den studien visar att fyra av fem sågverk inte märkt av de ökade skadorna till följd av älgexplosionen.

Enbart en studie har försökt att kvantifiera intäktsförlusten för både skogsägare och sågverksindustri. Studien utfördes av Granberg (2018) vid AB Karl Hedins tallkubbsågverk i Krylbo. Timmerstockar undersöktes för att se om skadorna påverkade klassificeringen av timmer. Massaved i timmerdimensioner undersöktes också för att se i hur stor utsträckning älgbetesskador var orsaken till nedklassning från timmer till massaved. Även de sågade virket undersöktes för att se i hur stor utsträckning skador kopplade till älgbete gav nedklassning av den färdiga produkten. Resultatet visade på att intäktsförlusten för Skogsägare uppgick till 0,6 kr per m³fub och intäktsförlusten för sågverken till 4,1 kr per m³sv (kubikmeter sågad vara).

Sammanfattningsvis går det att konstatera att älgskador ger upphov till sprötkvistar, tvärkrökar, dubbeltoppar och barkskador. Skadorna kan även uppstå av andra anledningar men älg är den klart vanligaste orsaken. Skadorna leder i sin tur till en kvalitetsnedsättning på timret men även på den sågade varan. Relativt få studier har undersökt den praktiska betydelsen av älgliknandeskador. Det som är utfört indikerar dock att det är i sågverken den största intäktsförlusten sker.

1.2. Gallring och dess effekt på kvalitetsnedsättande skador

Gallring är inte en absolut nödvändig åtgärd, även utan gallring skulle skogen klara sig. Skälen till att skog gallras varierar men är oftast tillskrivas något av följande skäl; förbättrad ekonomi, ökad motståndskraft mot skador eller naturvård/kulturvård. Av dessa tre skäl är någon form av ekonomiska motiv det vanligaste. Gallring påverkar ekonomin både på kort och lång sikt. På kort sikt genom att ge en intäkt tidigt i omloppstiden. På lång sikt påverkas ekonomin på flera sätt men en faktor som brukar anges är att det går att gynna träd och trädslag med goda egenskaper (Agestam 2015). Gallring kan dock ge minskad nettovolymproduktion, särskilt för tall, om gallringstyrka är för hög (Nilsson et al. 2010).

Det finns flera olika gallringsformer. Med gallringsform menas hur träden som ska gallras bort väljs ut. Låg- och höggallring är två vanliga gallringsformer. Låggallring innebär att de klenare träden tas ut och höggallring att de grövre träden tas ut. Kvalitetsgallring är en

annan gallringsform som innebär är uttaget fokuserar mer på trädets egenskaper än på trädets storlek. I praktiken tillämpas dock oftast en kombination av låg- eller höggallring och kvalitetsgallring (Agestam 2015). Många skogsbolag tillämpar i dagsläget någon form av kvalitetsgallring (Holmen u.å.; SCA u.å.; Sveaskog u.å. a) Sveaskogs gallringsinstruktion anger att vid kvalitetsgallring är maskinförarna friare att ta ut grövre träd med sämre kvalitet (Forsberg 2020).

Dagens mekaniserade gallringar gör det tvingande att ta upp stickvägar i beståndet för att kunna genomföra förstagallringen. Stickvägarna leder till att möjligheten att välja vilka träd som ska gallras ut begränsas eftersom uttaget i stickvägen blir tvingande (Agestam 2015). Ett större stickvägsuttag ger därmed större begränsning i valfrihet. Stickvägarna måste dock ändå vara så pass breda att även de maskiner som ska användas i senare gallringar kan nyttja samma stickvägar. Om avståndet mellan stickvägarna blir för långt blir det även svårare för skördarförarna att gallra området mellan stickvägarna ordentligt (Ibid).

De flesta gallringsförsök har haft som syfte att undersöka hur volymproduktionen påverkas av gallring och det finns få försök som har inriktat sig på kvalitetseffekterna (Agestam 2015). Antalet gallringar per rotationsperiod har minskat och tidspresen på de som utför gallringen har ökat vilket i sin tur minskar möjligheten att göra ett bra kvalitetsurval (Liziniewicz et al. 2016). Liziniewicz et al. (2016) utförde ett gallringsförsök på gran (*Picea abies*) där olika gallringsformer utvärderades för att se hur de påverkade trädens kvalitet. Med kvalitet menades flera parametrar, bland annat rakhet, stamdefekter (Sprötkvistar, tvärkrökar, dubbeltoppar och liknande) samt kvistkaraktär. När urval gjordes med fokus på att öka kvaliteten sänktes andelen krokiga träd och även andelen träd med stamdefekter. Stamdefekterna sänktes med 11 – 23 procentenheter med det mest kvalitetsinriktade urvalet. Urvalet utfördes dock på ett noggrannare sätt än vad som är typiskt vid gallring. Det togs inte heller upp några stickvägar vilket så gott som alltid görs i praktiskt skogsbruk. En annan viktig observation var att andelen skador minskade med ålder, det är därför viktigt att kvalitetsurvalet görs tidigt innan skadorna övervallas. De poängterar även att vid mekaniserad gallring ser maskinföraren enbart trädet från ett håll vilket försvårar arbetet med att sänka andelen skador.

I samband med Furudalsförsöket simulerades hög- och låggallring i älgskadade bestånd för att se hur gallring påverkade skadefrekvensen. Försöket utfördes i ett hårt betat bestånd (drygt 70 % av träden var kraftigt påverkade). Vid gallringen togs ingen större hänsyn till skadorna på trädet. Låggallring sänkte andelen allvarligt skadade träd med cirka 8 procentenheter. Sänkningen kunde framförallt kopplas till att de hårdast skadade träden även hade haft en sämre tillväxt och var generellt klenare och utgör därmed ett naturligt val vid låggallring (Pettersson et al. 2010).

Tidigare studier som har undersökt möjligheten att höja kvaliteten och sänka skadeandelar i bestånd med hjälp av gallring har också lyckats med detta. Sänkningen har varierat mellan 8 – 23 procentenheter. Ingen av försöken är dock utformade som en typisk gallring enligt dagens skogsbruk. Hur resultaten från försöken går att implementera i praktiken är därmed svårt att avgöra.

1.3. Inventeringsteori

Det finns en mängd olika sätta att utföra beståndsinventering, en vanlig metod är systematiskt utlägg av cirkelprovytor. För forskningsändamål krävs generellt objektiv inventering för att kunna dra generella empiriska slutsatser. Objektiv inventering innebär att provytorna slumpas ut och resultatet beror inte på vem som utförde inventeringen (Holm 2012). Systematisk provyteinventering ger ett noggrannare resultat än osystematisk slumpmässigt urval (OSU) men är betydligt billigare och mer tidseffektiv än en totalinventering (Hage 1988). I en population som inte är helt homogen, vilket vanligtvis ett bestånd inte är, ger det också en bättre uppskattning och systematiska fel undviks (Holm 2012).

Det finns ingen självklart rätt provyteradie vid inventering av skog. Generellt ger dock mindre provyteradie och fler provytor en bättre skattning än få och stora provytor (Holm 2012). Vid inventering av medelålders skog brukar 7 meter provyteradie rekommenderas även om det saknar matematiskt stöd (Ibid.). Det är också den radie som Riksskogstaxeringen använder på sina provisoriska inventeringsytor (Riksskogstaxeringen & Markinventeringen 2020).

Ett problem vid systematisk provyteinventering är kanterna på inventeringsytan. Om inte provytecetrum tillåts att hamna utanför inventeringsytan får träden i kanterna en lägre inklusionssannolikhet. För att hantera problemet och underlätta beräkningar finns en metod som kallas spegling. Spegling innebär att om en del av provytan hamnar utanför inventeringsyta görs en ny yta på motsvarande avstånd utanför avdelningen så att en lika stor del av ytan som hamnade utanför återinventeras i ytan. Speglingen leder till att inklusionssannolikheten blir lika för alla träd (Holm 2012).

Vid systematisk provyteinventering räknas förbandet mellan provytorna ut med hjälp av antalet provytor som önskas inom inventeringsytan och inventeringsytans storlek. Beroende på vilken startpunkt som lottas för provytorna och inventeringsytans form är det inte säkert att samma antal provytor som planerat hamnar inom inventeringsytan vilket kan leda till en missvisande skattning. En kvotskattning kan då användas för att kompensera för att fler eller färre provytor än planerat hamnat inom inventeringsytan.

Kvotskattningar är inte helt väntevärdesriktig men den praktiska skillnaden är så liten att den är försumbar (Holm 2012).

1.4. Problemformulering, syfte och avgränsningar

Resultaten från Sonesson och Rosvall (2011), Kempe (2012), Bergquist et al. (2019) samt Örlander och Frisk (2020) studier påvisar att tillväxt- och intäktsförlusterna som uppstår på grund av viltbetesskador är svåra att uppskatta. Deras skattningar varierar från cirka 1 – 14,3 miljoner m³sk/år och från 7,2 – 20 miljarder kronor årligen. Både Sonesson och Rosvall (2011) beräkningar på Sveaskogs mark och Örlander och Frisks (2020) beräkningar nyttjade en modell som grundar sig på furudalsförsöket i sina skattningar. Bergquist et al. (2019) grundar sig på modellen framtagen av Näslund (1986). Kempe (2012) grundade istället sina beräkningar på återinventeringar av Riksskogstaxeringens permanenta provytor. De olika modellerna är såklart en av de förklarande faktorerna att så stora skillnader uppstår.

En annan faktor som skiljer beräkningarna åt är antaganden angående skademildrande åtgärder. Den skattning som gav en lägre tillväxtnedsättning antog att röjning kan användas för att mildra skadorna (Kempe 2012). De andra övergripande beräkningarna tog inte hänsyn till några skademildrande åtgärder alls (Sonesson & Rosvall 2011; Bergquist et al. 2019; Örlander & Frisk 2020). Kempes antagande stämmer överens med det som i dagsläget benämns som viltanpassad skogsskötsel. Viltanpassad skogsskötsel är ett begrepp som används för att beskriva åtgärder som kan minska de negativa effekterna av viltbete. När det kommer till rena skogsskötselåtgärder är röjning en av de åtgärder som oftast nämns som både förebyggande men även skademildrande åtgärd (Kahlén *et al.* 2009). Potentiellt skulle gallring på samma sätt som röjning kunna användas för att minska effekterna av skador genom att i viss utsträckning plocka bort de skadade träden. Denna potential är inte undersökt i någon större utsträckning. Om det skulle fungera så skulle det kunna innebära att även Kempes beräkning kan vara en överskattning av de tillväxtnedsättande effekter älgbetesskador har.

Hur utfallet från gallring påverkas i bestånd med mycket älgliknande skador är inte heller undersökt i någon större utsträckning. Matala et al. (2020) visade i sin studie där älgbetesskador simulerats att det verkar ha en viss påverkan på timmerkvalitet och timmerutfall. Bestånden i studien har dock varit inhängande och de oskadade bestånden kan knappast liknas med ett idag ”normalt” bestånd. Glöde et al. (2004) antaganden om värdeförlusten säger inte heller speciellt mycket om hur älgskador faktiskt påverkar kvalitén på timmerstockar.

Sveaskog är ett statligt ägt aktiebolag och Sveriges största skogsägare. De äger total cirka 4 miljoner ha skogsmark vilket motsvarar cirka 10 % av Sveriges totala yta. Cirka 3 av dessa 4 miljoner ha är produktiv skogsmark (Sveaskog u.å. b). Sveaskogs innehav består till 71 % av mark som domineras av tall, vilket är nästan dubbelt så mycket som genomsnittet i Sverige. Sveaskog påverkas därmed i ännu högre utsträckning av älgarnas skadeverkan på skogen. Det blir därmed av yttersta vikt för Sveaskog att vidare förstå vilka konsekvenser älgliknande skador orsakar samt att förstå hur företaget kan arbeta för att förebygga och mildra älgskador.

1.4.1. Syfte och avgränsningar

Studiens övergripande syfte var att bidra till kunskapsläget om vilken inverkan älgliknande skador har vid förstagallring av tallskog. Samt undersöka om det finns möjlighet att via gallring minska den allmänna skadenivån i beståndet.

För att uppfylla det övergripande syftet formulerades ett antal detaljerade frågor att besvara:

- Förändras andelen älgliknande skador av gallringsingreppet, och är i så fall påverkan lika stor för alla typer av skador?
- Påverkar andelen älgliknande skador andelen timmer som faller ut från gallring?
- Påverkar andelen älgliknande skador hur maskinföraren utför gallringen?
- Finns det ett samband mellan hur skadat ett område är och beståndsvariabler som volym, stamantal, medeldiameter och medelstam?

Utifrån syftet har följande hypoteser formulerats:

- Gallring kan minska andelen av älgliknande skador i det kvarvarande beståndet.
- Skador som dubbeltopp och tvärkrök syns tydligare från olika vinklar och borde därför sänkas i högre utsträckning än andra skador.
- Kraftigt skadade områden har lägre volym, stamantal, medeldiameter och medelstam än områden med färre skador.

Arbetet avgränsas till att undersöka enbart effekterna av älgliknande skador i talldominerade förstagallringar. Senare i arbetet kommer de skador som tidigare definierats som "Älgliknande skador" att benämnas som älgskador trots att ursprunget till skadorna inte är känt.

2. Material och metod

2.1. Datainsamling

2.1.1. Urval av bestånd

Studien utfördes på Sveaskogs innehav i resultatområde Västerbotten. Utifrån områdesansvarigas lokalkännedom identifierades två områden där betestrycket på ungskogar har varit högt och där det fanns planerade gallringar. Ena området var beläget nordväst om Fredrika och det andra området var beläget öster om Rusksele. Inom de utvalda områdena fanns det cirka 38 gallringar som var planerade och möjliga att genomföra under tidsperioden november 2020 – januari 2021.

I de utvalda områdena utfördes sedan en subjektiv inventering av alla 38 planerade gallringar. Vid den subjektiva inventeringen bedömdes andel älgskador, gallringsstadie och medelstam. Älgskador avser i detta sammanhang sprötkvistar, tvärkrökar, dubbeltoppar och barkskador upp till 3 meters höjd.

Utifrån den subjektiva inventeringen valdes sedan fem bestånd ut som hade en hög skadeandel, var i förstagallringsstadiet samt hade så liknande medelstam som möjligt inom det studerade området. Bestånden var relativt likartade i ålder även om viss skillnad fanns. Föryngringsmetoden har dock varierat och är bara känt i tre av fallen, i de andra bestånden bedömdes föryngringsmetoden utifrån beståndets karaktär (Tabell 1). I resultatkapitlet (Tabell 2) redovisas en mer detaljerad beskrivning av bestånden före gallring.

Bestånden i denna åldersklass (39–48 år) är generellt väldigt stora på Sveaskogs marker. För att den objektiva inventeringen skulle få en högre koncentration av provytor valdes mindre områden ut från varje bestånd. De utvalda områdena varierade i storlek mellan 3,7 – 5,7 ha. Områdena avgränsades till helt nya bestånd i Sveaskogs GIS program och tilldelades egna virkesordernummer (VO-nummer). De nya bestånden markerades sedan noggrant i fält med hjälp av snitselband inför den objektiva fältinventeringen.

Tabell 1. Övergripande beskrivning av beståndens läge, ålder, historik ståndortsindex storlek samt antal provytor vid inventering samt vilken gallringstyrka som var målet vid gallring.

	Bestånd				
	1	2	3	4	5
Plats	Fredrika	Fredrika	Fredrika	Rusksele	Rusksele
Höjd över havet (m)	360	380	290	250	260
SI	T22	T19	T19	T20	T21
Ålder (År)	48	42	42	41	39
Markberedning	Okänt	Okänt	Okänt	Kontinuerlig	Kontinuerlig
Föryngringsmetod	Fröträäd*	Fröträäd	Plantering*	Fröträäd + Hjälpplantering	Fröträäd
Tidigare behandling	Röjning	Ingen	Röjning	Röjning	Röjning
Utfört (År)	1991	-	2005	2000	2002
Areal (ha)	5,7	5,6	3,8	5,7	4,8
Antal provytor	10	9	10	10	9
Mål gallringsstyrka (%)	36	40	35	41	37

*Bedömning utifrån beståndets karaktär.

2.1.2. Fältinventering

Fältinventeringen genomfördes i två omgångar i varje bestånd, en före och en efter gallring. Samma provytor nyttjades vid båda inventeringarna. Det huvudsakliga syftet med två inventeringar var att kunna skatta andelen skador både före och efter gallring men även att kunna skatta andelen skador i uttaget samt hur mycket volym som tagits ut vid gallring.

Inventeringen genomfördes som en objektiv systematisk cirkelprovyteinventering. Provyteutläggningen utfördes med målet att det skulle bli 10 provytor i varje bestånd, utfallet blev dock 9 – 10 provytor per bestånd (Tabell 1). Provyteradien var 7 meter vilket ger en provytearea på 154 m². Detta medförde att 2,5 – 4,1 % av beståndens totala areal inventerades. Provytorna lades ut med systematiska kvadratiska förband. För att beräkna förbandet mellan ytorna användes formel 1 (Holm 2012).

$$\text{Formel 1. } F = \sqrt{\frac{A \cdot 10000}{m}}$$

Där:

F = förbandslängd i meter

A = beståndets area i hektar

m = antal provytor

Provytorna slumpades ut genom att en tydlig punkt på kartan valdes ut som start och sedan lottades ett tal mellan 0 – 1 för Nord-sydlig och Öst-västlig riktning. Det slumpade värdet multiplicerades sedan med förbandslängden för att utse en startpunkt. För att lägga ut provytor i beståndet användes en shape-fil med beståndets gränser samt verktyget "Fishnet" i Arcmap (ESRI 2019). Den lottade startkoordinaten användes som startpunkten för "Fishnet" verktyget. Alla punkter som hamnade innanför beståndsgränsen extraherades sedan till ett eget lager och numrerades. I fält genomfördes navigering till provytorna med hjälp av GPS. Träden som ingick i provytan numrerades med sprayfärg där markeringen på varje träd var in mot provytecentrum. Numreringen började alltid åt samma håll i bestånden och träden numrerades sedan från höger till vänster. Att numrera på detta sätt möjliggjorde att identifiera trädet även om enbart stubben stod kvar förutsatt att det fanns kvar några andra träd på provytan. Numreringens syfte var att slippa mäta om vid andra inventeringsomgången med hjälp av trädnumret kunde data från första inventeringen nyttjas. Vid andra inventeringsomgången registrerades också om trädet var uttaget i en stickväg eller utanför en stickväg.

Provträden valdes ut med ett grundtyevägt urval baserat på en på förhand angiven medeldiameter. Den på förhand angivna medeldiameter baserades på den subjektiva inventeringen. Den subjektivt bedömda medeldiametern var generellt något underskattat och därmed blev provträdsandelen generellt något högre än den önskade. Provträdsandel för tall blev 12 – 15 %, provträdsandelen för björk blev 13 – 100 % och provträdsandelen för gran blev 0 – 100 %. Den stora spridningen av provträd hos Björk och Gran berodde på att i vissa bestånd var det enbart enstaka träd av dessa trädslag. Träd som hade kraftig påverkan på toppen som toppbrott eller torrtopp användes inte som provträd.

Vid inventering av en provyta registrerades följande variabler:

- Trädslag (alla träd).
- Brösthöjdsdiameter (alla träd).
- Skada på trädet (alla tallar) - Ja/Nej.
- Typ av skada (alla tallar)
- Trädhöjd (Provträd).
- Breddgrad för beståndet.

Det finns några ytterligare aspekter angående inventeringen som är viktiga. Mätningar utfördes enbart på träd med en brösthöjdsdiameter över 60 mm. Träd med dubbeltopp under brösthöjd klavades runt båda topparna i brösthöjd mot provytecentrum. På tre provytor i varje bestånd utfördes även en övrehöjdsbonitering. Ett OSU urval gjordes för att välja de tre provytorna som sedan övrehöjdsboniterades.

2.1.3. Skadeklassificering

Vid inventering registrerades sex olika typer av skador. Skadetyperna var sprötkvist, tvärkrök, dubbeltopp och barkskada upp till 3 meter på trädet. All dessa skador räknas i studien som älgliknande skador. Om skador förekom på trädet men högre än 3 meter registrerades de istället som ej älgliknande skada (+ 3 meter). Andra typer av skador på trädet som inte kunde ha sitt ursprung i en älgskada registrerades som ej älgliknande skada upp till 3 meter.

Efter inventering skapades en ny skadekategori som benämndes ”allvarliga skador”. Kategorin var en sammanslagning av sprötkvistar och dubbeltoppar upp till 3 meter på trädet. Tanken är att tvärkrök och dubbeltopp är de skador som syns tydligast på trädet och borde därmed vara lättast att upptäcka för maskinföraren. Att skapa en aggregerad kategori möjliggjorde att analysera skadorna tillsammans.

2.1.4. Genomförande av gallring

Inför gallring fick entreprenörerna instruktioner angående gallringens genomförande. Instruktionerna förmedlades dels skriftligt via traktdirektivet, dels muntligt via telefonkontakt. Följande instruktioner specificerades:

- Gallringstyrka skulle hålla de förhållande mellan grundyta före och efter gallring som var angivet i traktdirektivet (Tabell 1).
- Gallringen genomförs som en kvalitetsgallring, det vill säga maskinförarna var tillåtna att gallra bort grövre träd med sämre kvalitet.
- Provytorna med de numrerade träden skulle behandlas likadant som resten av beståndet.
- Inget virke från bestånden fick användas för kavelbroar. Det fick dock lov att tillåtas i ett fall men då nyttjades enbart massaveden.

Maskinförarna fick ingen information om att det var älgskador som var intressant för studien. Informationen undanhölls för att i så stor utsträckning som möjligt efterlikna en normal kvalitetsgallring som i dagsläget vanligtvis tillämpas av de flesta skogsbolag (Holmen u.å.; SCA u.å.; Sveaskog u.å. a).

Gallringarna utfördes av entreprenörer som var verksamma inom respektive område. Entreprenörerna kallas hädanefter Maskinlag Fredrika och Maskinlag Ruskesele efter den geografi de gallrade i. Maskinlag Fredrika använde en Komatsu 931 av 2020 års modell vid gallring. Maskinen hade enbart använts i drygt en månad innan första gallringen för studien genomfördes. Skördarförarnas erfarenhet i maskinlaget varierade. En förare hade

enbart kört skördare under någon månad, en annan hade totalt cirka 3 års erfarenhet av att köra skördare och den tredje hade väldigt lång erfarenhet. Maskinlag Rusksele använde en Komatsu 901 som de kört i cirka 1,5 års tid. De två skördarförarna i maskinlag Rusksele hade 5 respektive 7 års erfarenhet av att köra skördare.

Tanken var att timret i alla bestånd skulle apteras enligt samma apteringsinstruktion mot samma sågverk. På grund av en miss i kommunikationen blev dock ett bestånd avverkat med en annorlunda apteringsinstruktion och mot ett annat sågverk. Detta innebar att minsta toppdiameter som apterades för timmer var 159 mm istället för 146 mm.

2.1.5. Skördarrapportering av timmer och massaved

För att fastställa det faktiska utfallet från gallringarna utnyttjades skördarens mätdata. Eftersom varje bestånd tilldelats ett eget VO-nummer kunde data genereras separat för varje bestånd och gav följande information:

- Avverkad volym av tall totalt ($m^3\text{fub}$)
 - Därav avverkad volym talltimmer ($m^3\text{fub}$)
 - Därav avverkad volym tallmassaved ($m^3\text{fub}$)
- Avverkad medelstam tall ($m^3\text{fub}$)
- Avverkad volym av gran och björk ($m^3\text{fub}$)
- Volym och andel stamfelsesved av tall, totalt och i timmerdimensioner.
- Andel manuella kap totalt och bland timmerstockar.

Stamfelsesved är den volym av stockar som håller timmerdimension men som av skördarföraren klassas som massaved. Vad som blir stamfelsesved är med andra ord en bedömning som utförs av skördarföraren. Andel manuella kap beskriver hur stor andel av kapen som skördarföraren avviker från skördardatorns rekommenderade kapställe. Dessa värden togs fram med hjälp av Skogforsks program Virkesvärde (Skogforsk 2017).

2.2. Analys av datamaterial

2.2.1. Skattning av beståndstotaler

Första steget i analyserna var att utifrån fältinventeringsdata beräkna beståndstotaler som volym, grundyta, stamantal, antal skadade träd och skadad volym. Volymsbestämning av provträden utfördes med hjälp av Brandels mindre funktioner med indikatorvariabeln breddgrad (Brandel 1990). Stamvolym bestäms ovan stubben under bark ($m^3\text{ub}$). Till skillnad från $m^3\text{fub}$ så ingår även volymen ovanför toppkapet i $m^3\text{ub}$. Funktionerna innehåller variablerna brösthöjdsdiameter på bark, trädhöjd samt i vissa fall en

indikatorvariabel. Funktionerna är egentligen inte avsedda för att skatta volymen på träd som tidigare haft stambrott (Ibid.). På grund av brist på alternativ har formlerna tillämpats ändå.

För att skatta volymen på alla träd nyttjades en regressionskattning. En regressionsmodell med formen $y = m + kx^2$ togs fram för att skatta volymen på klavträden från diametern. Det innebär att i formel 2 nyttjas \hat{y}_i som skattades med hjälp av regressionsmodellen som att de vore det sanna y_i . I vissa bestånd fanns inte tillräckligt med provträd för att ta fram en regressionsmodell för björk och gran, i de fallen nyttjades det sanna värdet för provträden och i övriga fall användes modellen för ett annat bestånd. Beräkning av totaler i beståndet utfördes med hjälp av en kvotskattning. Först beräknas volymen per provyta enligt formel 2. För att beräkna totalvolymen nyttjas sedan formel 3 (Holm 2012). Övriga totaler som grundyta och stamantal beräknades på samma sätt med skillnaden att det då inte behövdes någon regressionskattning eftersom det sanna y_i (formel 2) var känt.

$$\text{Formel 2. } u_j = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\text{Formel 3. } \hat{Y} = \frac{A}{a} \cdot \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m u_j$$

Där:

u_j = totalen för provyta j.

y_i = värde för observation i på en provyta.

\hat{Y} = skattad total för beståndet

a = arealen på provytan

2.2.2. Skattning av bestandsvariabler som beräknats från beståndstotaler

De skattade beståndstotalerna nyttjades sedan för att skatta kvoter inom beståndet. För studien var skadeandelar, räknat på volym och stamantal samt olika skadetyper, medeldiameter och medelstam de kvoter som behövde skattas för att sedan kunna utföra vidare analyser. Skattningen av kvoter är inte helt väntevärdesriktiga men skillnaden får anses vara så liten att det inte har praktisk betydelse. När kvoterna skattades nyttjades formel 4 (Holm 2012).

$$\text{Formel 4. } \hat{R} = \frac{\hat{X}}{\hat{Y}}$$

Där:

\hat{R} = skattad kvot

\hat{X} = skattad beståndstotal

\hat{Y} = skattad beståndstotal

2.2.3. Skattning av medelfel

För att kunna beskriva precisionen på skattningarna beräknades medelfel. Medelfelet beräknades både för beståndstotalerna och för de skattade kvoterna. Tillvägagångsättet skiljer sig åt för de skattade kvoterna och beståndstotalerna dock så har båda skattningarna utförts som att inventeringarna var genomförda med ett OSU vilket inte är fallet. OSU antagandet medför dock en överskattning av medelfelet och riskerar inte att framställa skattningarna som säkrare än vad de faktiskt är (Holm 2012). Medelfelskattningen för beståndstotaler beräknades med hjälp av formel 5 och 6 (Holm 2012).

$$\text{Formel 5. } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (u_i - \bar{u})^2}{(m-1)}$$

$$\text{Formel 6. } SE(\hat{Y}) = \frac{A}{a} \cdot \sqrt{s^2/m}$$

Där:

s^2 = skattad populationsvarians

\bar{u} = medelvärdet för provytetotalerna

$SE(\hat{Y})$ = skattat medelfel för skattade beståndstotalen \hat{Y} .

Det går att beräkna ett approximativt medelfel med hjälp av residualer (Särndal et al. 2003). Antagandet användes för att härleda en formel för att skatta variansen för kvoterna. Med hjälp av variansskattningen kan sedan ett skattat medelfel beräknas. Formel 7 – 9 användes för den skattningen.

$$\text{Formel 7. } \hat{e}_j^2 = (u_j - \hat{R}x_j)^2$$

$$\text{Formel 8. } s_e^2 = \frac{\sum_{j=1}^m \hat{e}_j^2}{(m-1)}$$

$$\text{Formel 9. } SE(\hat{R}) = \sqrt{\hat{V}(\hat{R})} = \sqrt{\frac{1}{\hat{X}^2} \cdot \left(\frac{A}{a}\right)^2 \cdot \frac{s_e^2}{m}}$$

Där:

\hat{e}_j = skattad residual för provyta j

u_j = provytetotal för provyta j

x_j = provytetotal för provyta j

s_e^2 = populationsvarians skattad med residualer

\hat{X} = populationstotal som skattas med provytetotalerna x_j

För att underlätta för läsarna räknades medelfelen om till relativt medelfel (RSE) hjälp av formel 10.

$$\text{Formel 10. } RSE(\hat{Y}) = \frac{SE(\hat{Y})}{\hat{Y}}$$

2.2.4. Utfallsberäkningar på genomförda gallringar

Nästa del i analysen var att beräkna gallringsstyrka, gallringskvot, gagnvirkesandel, timmerandel samt andel stamfelsesved. Dessa variabler kommer i fortsättningen benämnas som utfallsvariabler. Beräkningen av utfallsvariablerna utgjorde grunden för vidare analyser om kopplingar mellan skadeandel och utfall från gallringen.

Gallringsstyrka

Gallringsstyrkan är ett mått på hur stor andel av grundytan som tagits ut vid gallring. Gallringsstyrkan beräknades genom att jämföra grundytan före och efter gallring i beståndet (Agestam 2015). Formel 11 nedan redogör för hur gallringstyrkan beräknades.

$$\text{Formel 11. Gallringsstyrka} = \frac{GY_1 - GY_2}{GY_1}$$

Där:

GY_i = Grundyta vid inventering i.

Gallringskvot

Gallringskvot är ett mått på hur storleken på de uttagna träden förhåller sig till storleken på de kvarvarande träden efter gallring. Precis som för gallringsstyrka beräknas gallringskvoten på både bestånds och provytenivå med hjälp av formel 12. En gallringskvot $<0,9$ innebär att en låggallring utförts, en gallringskvot $>0,9$ men $<1,10$ innebär att en likformig gallring utförts och en gallringskvot $>1,10$ innebär att en höggallring har utförts (Agestam 2015).

$$\text{Formel 12. Gallringskvot} = \frac{\text{Medeldiameter uttagna träd}}{\text{Medeldiameter kvarvarande träd}}$$

Andel gagnvirke

Andelen gagnvirke beräknades med hjälp av data från den första och andra inventeringen samt skördarrapporterade volymer av timmer och massaved enligt formel 13. Värt att notera är att inventeringsdata anger volym i m^3_{ub} och skördardata i m^3_{fub} . I teorin borde därmed gagnvirkesandelen ligga mellan 0,85 – 0,94 beroende på trädgrovleken (Cernold 1981).

$$\text{Formel 13. Gagnvirkesandel} = \frac{V_t + V_m}{V_1 - V_2}$$

Där:

V_t = skördarrapporterad timmervolym

V_m = Skördarrapporterad massavedsvolym

V_i = Volym vid inventering i.

Timmerandel

För att beräkna timmerandelen nyttjas de skördarrapporterade timmer- och massavedsvolymer. Beräkningarna utfördes separat för varje bestånd med hjälp av formel 14.

$$\text{Formel 14. } \textit{Timmerandel} = \frac{V_t}{V_t + V_m}$$

Andel stamfelsesved

Andelen stamfelsesved beräknades på tre olika sätt: Som andel av totalvolymen, andel av timmervolymen och andel av rotstockar med timmerdimension. Beräkningarna utfördes med hjälp av formel 15.

$$\text{Formel 15. } \textit{Andel stamfelsesved av z} = \frac{V_{sfv}}{V_z}$$

Där:

V_{sfv} = skördarrapporterad volym stamfelsesved av tall, totalt eller bland rotstockar av timmerdimension

V_z = skördarrapporterad tallvolym, totalt, timmervolym och timmervolym av rotstockar med timmerdimension.

2.2.5. Statistiska analyser

De statistiska analyserna hade två syften, dels att identifiera samband mellan älgskadeandelar och bestånds- och utfallsvariabler. Dels att identifiera skillnader i skadeandelar före och efter gallring. I båda fallen påbörjades analysen med att skapa spridningsdiagram. Syftet med spridningsdiagrammen var att identifiera potentiella samband mellan skadeandelar och de intressanta variablerna samt att identifiera eventuella skillnader i skadenivåer före och efter gallring.

Sambanden mellan skadeandel och beståndsvariabler utfördes på provytanivå inom bestånden. Sambanden jämfördes sedan mellan bestånden för att se om det fanns liknande trender. Sambanden mellan skadeandel och utfallsvariablerna utfördes på beståndsnivå eftersom det inte var möjligt att ta fram information om de flesta utfallsvariablerna på provytanivå.

De potentiella sambanden som identifierades analyserades sedan vidare med ett korrelationstest i R-studio (R-studio team 2020). Korrelationstestet beräknar korrelationskoefficienten R och p-värdet för lutningskoefficienten. Beräkningar av korrelationskoefficienten utfördes för att kunna påvisa om eventuella samband är svaga eller starka (Jonsson & Norell 2007). P-värdet indikerar om lutningskoefficienten signifikant avviker från noll (Samuels et al. 2016).

Skadeandelar före och efter gallring analyserades med ett Wilcoxon signed-rank test. Testet kräver inte att populationen inte måste vara normalfördelad och är lämpligt på parade urval (Samuels et al. 2016). Med Wilcoxon testet analyserades om de skillnader i skadeandel som uppstod före och efter gallring som observeras på varje provyta sammanvägt är signifikant dels för varje enskilt bestånd, dels totalt för alla bestånd. De mindre förekommande skadetyperna tvärkrök, dubbeltopp, barkskador samt den aggregerade kategorin allvarliga skador analyserades dessutom med hjälp av ett 95 procentigt konfidensintervall. Ett så kallt "score confidence interval" användes, detta är ett intervall som är lämpligt då urvalet är litet och ger då generellt bättre skattningar än ett exakt konfidensintervall (Agresti & Coull 1998). Intervallet beräknades för andelen provytor av varje skadetyper med minskad skadenivå enligt formel 16.

$$\text{Formel 16. } \left(p_s + \frac{z_{0,025}^2}{2n} \pm z_{0,025} \sqrt{\frac{p_s(1-p_s) + \frac{z_{0,025}^2}{4n}}{n}} \right) / (1 + z_{0,025}^2/n)$$

Där:

p_s = andelen provytor med minskad andel av skadetyper s.

$z_{0,025}$ = gränsvärde för den 2,5:e percentilen i normalfördelningskurvan.

n = antalet provytor med förekomst av skadetyper s.

3. Resultat

3.1. Bestånden före och efter gallring

Trots att ett av målen var att välja ut likartade bestånd för studien så varierar egenskaperna hos bestånden relativt mycket innan gallring. Alla bestånd var dominerade av tall och andelen tall var särskilt hög räknat på volym. Stamantalet var mer än dubbelt så högt i bestånd 1 som bestånd 5. Grundytevägd medeldiameter (Dgv) och medelstammen hade också relativt stor spridningen. De bestånden med högst stamantal hade också lägst Dgv och medelstam (Tabell 2). Spridningen i andelen skador var stor, vilket också var ett mål vid utläggning av försöket. Andelen skador räknat på volym före gallring varierade från 16 – 68 %. Andelen skadade stammar varierade från 12 – 67 % (Tabell 2). Av de skador som inte klassificerades som älgskador satt cirka 98 % på över 3 meters höjd. Skador som klassificerades som älgskador utgjorde 76 – 96 % av alla skadorna. Bland älgskadorna var sprötkvist genomgående den vanligaste skadetyper och utgjorde i genomsnitt cirka 81 % av älgskadorna. Tvärkrök och barkskadade träd var i genomsnitt ungefär lika vanliga och utgjorde drygt 7 % vardera av älgskadorna. Den ovanligaste skadetyper var dubbeltopp som enbart utgjorde drygt 4 % av älgskadorna. Totalt observerades enbart sju dubbeltoppar vid inventering, detta kan jämföras med 13 tvärkrökar, 24 barkskadade träd och 276 träd med sprötkvist.

Efter gallring var bestånden något mer likartade, särskilt spridningen i volym och även Dgv hade minskat. Även den relativa skillnaden i stamantal hade minskat något (Tabell 3). Efter gallring varierade andelen skadad volym från 14 – 67 %. Motsvarande andel för skadade stammar var 14 – 70 % (tabell 3). Efter gallring utgjorde den älgskadade volymen 77 – 100 % av den skadade volymen. Av de skadade stammarna utgjorde älgskador 80 – 100 % av skadorna. Sprötkvist var även efter gallring den klart vanligaste typen av skada och utgjorde cirka 84 % av älgskadorna, barkskadorna utgjorde efter gallring knappt 7 % av älgskadorna. Tvärkrökarna utgjorde en mindre del av skadorna och stod nu enbart för drygt 4 % av skadorna, dubbeltopparna utgjorde istället en något större del med knappt 5 % av skadorna.

Tabell 2. Beståndsdata baserat på inventering innan gallring. RSE anger de relativa medelfelet för varje värde.

Variabel	Bestånd									
	1		2		3		4		5	
	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)
Volym totalt (m ³ ub/ha)	96	8	82	9	130	5	100	9	106	10
Tallandel volym (%)	99,6	0	98,8	0	96,4	1	82,4	5	95,7	2
Stamantal totalt (stammar/ha)	896	11	1126	14	1397	3	1721	6	1898	6
Tallandel stamantal (%)	98,6	1	97,4	1	84,2	5	70,2	9	83,7	6
Grundyta Tall (m ² /ha)	16	8	17	10	23	5	17	12	20	11
DGV tall (cm)	17,0	3	15,8	5	17,1	4	14,8	2	14,3	3
Medelstam tall (m ³ ub/stam)	0,11	8	0,07	12	0,11	7	0,07	5	0,06	7
Skadad volym (m ³ ub/ha)	16	19	33,5	16	85	9	33	26	48	14
Volym med älgskador (m ³ ub/ha)	13	24	26,4	14	75	11	26	30	46	14
Därav sprötkvist (m ³ ub/ha)	8	28	23,6	12	68	11	25	29	41	14
Därav tvärkrök (m ³ ub/ha)	3	89	1,2	42	1	58	0	-	1	68
Därav dubbeltopp (m ³ ub/ha)	2	70	0,2	100	3	100	0	100	1	66
Därav barkskada (m ³ ub/ha)	0	100	1,4	56	3	45	1	54	2	64
Skadade tallstammar (stammar/ha)	104	19	491	18	786	8	461	21	628	14
Stammar med älgskador (stammar/ha)	91	24	375	17	715	10	383	23	606	15
Därav sprötkvist (stammar/ha)	52	31	303	14	617	8	351	23	549	15
Därav tvärkrök (stammar/ha)	19	71	36	44	19	51	0	-	14	66
Därav dubbeltopp (stammar/ha)	13	67	7	100	6	100	6	100	14	66
Därav barkskada (stammar/ha)	6	100	29	54	71	44	26	55	29	40

Tabell 3. Beståndsdata baserat på inventering efter gallring. RSE anger de relativa medelfelet för varje värde.

Variabel	Bestånd									
	1		2		3		4		5	
	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)
Volym totalt (m ³ ub/ha)	65	11	55	14	83	10	67	10	67	13
Tallandel volym (%)	100	0	98,5	1	96,9	2	83,3	6	95,0	2
Stamantal totalt (stammar/ha)	559	14	599	12	793	12	1026	8	1047	6
Tallandel stamantal (%)	98,8	1	97,6	1	91,0	3	69,0	10	81,4	7
Grundyta Tall (m ² /ha)	11	11	11	14	14	9	11	13	12	13
DGV tall (cm)	17,5	4	16,9	4	17,1	3	15,6	3	15,2	3
Medelstam tall (m ³ ub/stam)	0,12	10	0,09	9	0,11	7	0,08	8	0,07	9
Skadad volym (m ³ ub/ha)	9	35	22,4	15	54	9	22	33	29	17
Volym med älgskador (m ³ ub/ha)	8	34	19,3	19	45	10	17	37	29	17
Därav sprötkvist (m ³ ub/ha)	5	41	17,5	17	42	10	17	37	26	18
Därav tvärkrök (m ³ ub/ha)	2	100	0,7	67	1	100	0	-	0	-
Därav dubbeltopp (m ³ ub/ha)	1	100	0,2	100	0	-	0	100	1	66
Därav barkskada (m ³ ub/ha)	0	100	0,9	69	2	37	0	100	2	79
Skadade tallstammar (stammar/ha)	58	35	267	17	468	11	260	24	318	15
Stammar med älgskador (stammar/ha)	52	36	224	21	403	12	208	25	318	15
Därav sprötkvist (stammar/ha)	32	45	188	18	364	12	195	25	289	15
Därav tvärkrök (stammar/ha)	6	100	14	66	6	100	0	-	0	-
Därav dubbeltopp (stammar/ha)	6	100	7	100	0	-	6	100	14	66
Därav barkskada (stammar/ha)	6	100	14	66	32	33	6	100	14	66

3.2. Utfall från genomförda gallringar

Medelstammen i uttaget varierade kraftigt där de två grövsta bestånden hade dubbelt så hög medelstam i uttaget som de två klenaste bestånden. Den klenare medelstammen avspeglas också i timmerandelen som var betydligt högre i bestånden med högre medelstam (Tabell 4). Andelen manuella kap varierar också kraftigt där två bestånd hade mer än dubbelt så mycket manuella kap som resten. De bestånden hade också en betydande del manuella kap bland timmerstockarna. Gagnvirkesandelen stack ut för ett bestånd med 109 %, vilket tyder på ett datafel då detta annars inte vore möjligt. Gallringensformen var låggallringar (gallringskvot <0,90) i alla utom ett bestånd där det istället var likformig gallring (gallringskvot >0,9 och <1,10). Att det blev likformig gallring i just bestånd 3 kan bero på att det aktuella beståndet hade den jämnaste diameterfördelningen före gallring.

Tabell 4. Utfall från gallring baserat på skördardata. Gagnvirkesandel, gallringstyrka och gallringskvot är analyser som nyttjar både skördardata och data från de två inventeringarna.

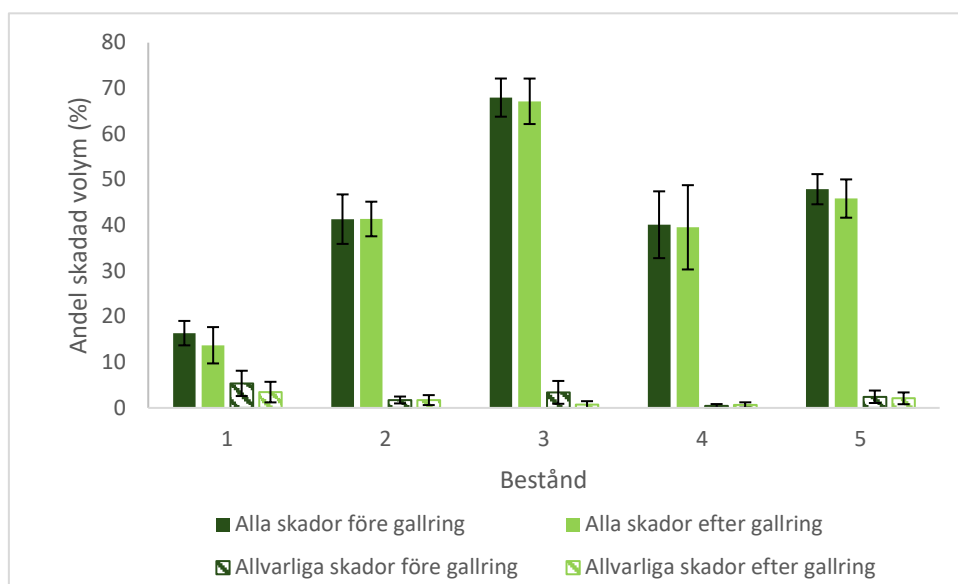
Variabel	Bestånd				
	1	2	3	4	5
Volym totalt (m ³ fub/ha)	26	25	36	34	35
Volym tall (m ³ fub/ha)	26	24	35	29	32
Stammar totalt (antal/ha)	323	426	441	797	747
Stammar tall (antal/ha)	313	404	409	631	663
Medeldiameter tall (cm)	132	121	121	89	99
Medelstam tall (m ³ fub/träd)	0,08	0,06	0,08	0,04	0,04
Volym talltimmer (m ³ fub/ha)	5,7	2,3*	7,7	2,8	3,4
Timmerandel tall (%)	22,2	9,6*	22,3	9,6	10,7
Volym stamfelsesved (m ³ fub/ha)	0,2	0,6	1,0	1,0	0,8
Andel Stamfelved (%)	0,7	2,4	2,8	3,5	2,4
Andel SFV av timmerdimension (%)	4	13	17	36	23
Andel SFV rotstock med TD (%)	4	11	15	36	24
Andel manuella kap (%)	32	36	36	88	85
Andel manuella kap bland timmerstockar (%)	0	1	0	17	15
Gagnvirkesandel (%)	84	89	78	-	85
Gallringstyrka Totalt GY (%)	33	36	37	34	31
Gallringstyrka i förhållande till mål (%)	90	88	105	84	86
Gallringskvot	0,89	0,79	0,93	0,86	0,85

*timmer apterats till minimumdiameter 159 mm istället för 146 mm.

3.3. Gallringens inverkan på den allmänna skadenivån

Gallringen hade generellt mycket liten påverkan på andelen skador i det kvarvarande beståndet. Enbart tvärkrökar hade en genomgående sänkning av skadeandelen. Dubbeltoppar visade i vissa fall en minskning och i vissa fall en ökning. Det relativa medelfelet är dock genomgående väldigt högt för dubbeltopparna och innebär en stor osäkerhet (Tabell 5). Trenden var likartad för andelen skadad volym (Bilaga 1).

Bland enskilda bestånd finns inga tydliga tecken på förändringar av total andel skadad volym. Medelvärdet är något lägre för 3 av 5 bestånd efter gallring, skillnaden ligger dock inom ett medelfel och är därmed inte signifikant. Andelen volym med allvarliga skador är också sänkt för 3 av 5 bestånd. Sänkningen är dock tydligare i förhållande till hur stor andel skadorna utgör men sänkningen är inte signifikant (Figur 3).

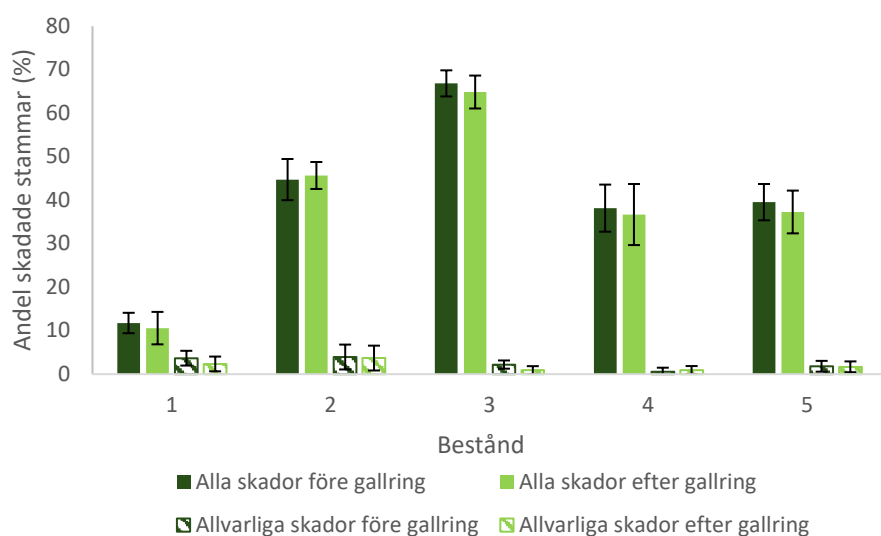


Figur 3. Total andel skadad volym samt andel volym med allvarliga skador uppdelat på bestånd. Felstaplar visar medelfelet.

Total andel skadade stammar och andel stammar med allvarliga skador visar liknande trender (Figur 4). För total andel skadade stammar syns dock en sänkning efter gallring i 4 av 5 bestånd men däremot finns också en ökning i ett av bestånden. Sänkningen ligger inom ett medelfel och är därmed inte signifikant. Förändringen av andelen allvarliga skador syns dock enbart i 2 av 5 bestånd räknat på stamantal och förändringen som syns är generellt mindre än förändringen av andel volym. (Figur 3; Figur 4).

Tabell 5. Andel skadade stammar före gallring (FG) och efter gallring (EG) inklusive relativt medelfel. Markerade med fet och kursiv text är de fall där det värdet för EG är minst 20 % lägre än värdet för FG.

Variabel	Tidpunkt	Bestånd									
		1		2		3		4		5	
		Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)
Andel skadade stammar (%)	FG	11,8	<i>20</i>	44,7	<i>11</i>	66,9	<i>4</i>	38,2	<i>14</i>	39,5	<i>11</i>
	EG	10,6	<i>35</i>	45,7	<i>7</i>	64,9	<i>6</i>	36,7	<i>19</i>	37,3	<i>13</i>
Andel älgskador stammar (%)	FG	10,3	<i>23</i>	34,2	<i>15</i>	60,8	<i>6</i>	31,7	<i>17</i>	38,2	<i>11</i>
	EG	9,4	<i>36</i>	38,3	<i>11</i>	55,9	<i>7</i>	29,4	<i>21</i>	37,3	<i>13</i>
Andel stammar med sprötkvistar (%)	FG	5,9	<i>32</i>	27,6	<i>14</i>	52,5	<i>6</i>	29,0	<i>18</i>	34,5	<i>12</i>
	EG	5,9	<i>46</i>	32,1	<i>12</i>	50,5	<i>7</i>	27,5	<i>21</i>	33,9	<i>12</i>
Andel stammar med tvärkrökar (%)	FG	2,2	<i>70</i>	3,3	<i>47</i>	1,7	<i>46</i>	0,0	-	0,9	<i>64</i>
	EG	1,2	<i>92</i>	2,5	<i>56</i>	0,9	<i>102</i>	0,0	-	0,0	-
Andel stammar med dubbeltoppar (%)	FG	1,5	<i>63</i>	0,7	<i>94</i>	0,6	<i>104</i>	0,5	<i>96</i>	0,9	<i>66</i>
	EG	1,2	<i>99</i>	1,2	<i>91</i>	0,0	-	0,9	<i>94</i>	1,7	<i>65</i>
Andel stammar med barkskador (%)	FG	0,7	<i>102</i>	2,6	<i>46</i>	6,1	<i>40</i>	2,2	<i>51</i>	1,8	<i>39</i>
	EG	1,2	<i>103</i>	2,5	<i>61</i>	4,5	<i>30</i>	0,9	<i>99</i>	1,7	<i>69</i>
Andel stammar med allvarliga skador (%)	FG	3,7	<i>53</i>	3,9	<i>54</i>	2,2	<i>50</i>	0,5	<i>104</i>	1,8	<i>64</i>
	EG	2,4	<i>72</i>	3,7	<i>77</i>	0,9	<i>105</i>	0,9	<i>104</i>	1,7	<i>73</i>



Figur 4. Total andel skadade stammar samt andel stammar med allvarliga skador. Felstaplar visar medelfelet.

Om provytorna i alla bestånd analyserades gemensamt fanns dock en signifikant sänkning av andelen volym med allvarliga skador. Dessutom uppvisar andelen volym och andelen stammar med tvärrökar p-värden <0,10 vilket tyder på att dessa skador faktiskt minskar efter gallring (Tabell 6).

Tabell 6. Andel skador (%) i genomsnitt före och efter gallring samt beräknad signifikansnivå för skillnaden. Sprötkvist – barkskador är underkategorier till älgskador och allvarliga skador är en sammanslagning av tvärrökar och dubbeltoppar. Även dessa redogörs dock som andelar av total volym/stamantal. p-värden under 0,10 kursiva och fetmarkerade.

Variabel	Måttslag	Genomsnittlig andel skador (%)		p-värde
		Före gallring	Efter gallring	
Andel skador totalt	volym	42,7	41,5	0,44
	stamantal	40,2	39,0	0,44
Andel älgskador	volym	36,6	35,9	0,38
	stamantal	35,0	34,0	0,40
Sprötkvistar	volym	32,2	32,6	0,82
	stamantal	29,9	30,0	0,78
Tvärrökar	volym	1,3	0,9	0,08
	stamantal	1,6	0,9	0,07
Dubbeltoppar	volym	1,3	0,9	0,94
	stamantal	0,8	1,0	0,94
Barkskador	volym	1,3	1,1	0,66
	stamantal	2,7	2,2	0,86
Allvarliga skador	volym	2,7	1,7	0,04
	stamantal	2,4	1,9	0,12

För de ovanliga skadetyperna beräknades även ett 95 procentigt konfidensintervall för hur stor andel av provytorna som fick minskad andel av de olika skadetyperna. Ett konfidensintervall som ligger helt över 0,5 innebär att minst hälften av provytorna får minskad andel skador vilket i sin tur genererar en total minskning av skador. Andelen provytor med minskad skadenivå är signifikant för tvärkrökar både räknat på stamantal och volym. Andelen volym med allvarliga skador ligger också väldigt nära signifikans (Tabell 7).

Tabell 7. 95 procentigt konfidensintervall för andelen provytor med en minskad andel av respektive skada. Konfidensintervall som ligger över 0,5 är markerade med fet och kursiv text.

Skadetyper	Måttslag	Undre gräns	Övre gräns
Tvärkrökar	Volym	<i>0,55</i>	<i>0,79</i>
	Stamantal	<i>0,55</i>	<i>0,79</i>
Dubbeltoppar	Volym	0,22	0,50
	Stamantal	0,22	0,50
Barkskador	Volym	0,37	0,59
	Stamantal	0,46	0,68
Allvarliga skador	Volym	0,49	0,71
	Stamantal	0,44	0,66

Bland bestånden som ingick i studien utgjorde stickvägsuttaget 73 – 75 % av den uttagna volymen tall. För att kunna sänka den totala skadeandelen är det framförallt utanför stickvägarna som uttaget av skador måste vara högt. För total skadeandel, andel älgskador, andelen sprötkvistar och andelen barkskador var inte uttaget av skadade träd genomgående högre utanför stickvägarna än genomsnittliga skadenivån i bestånden (Tabell 8). Detta tyder på att det inte är bristen på valfrihet som gör att skördarförarna inte kan sänka andelen skador. Dock är andelen tvärkrökar generellt högre i uttaget utanför stickvägarna än andelen tvärkrökar innan gallring (Tabell 8).

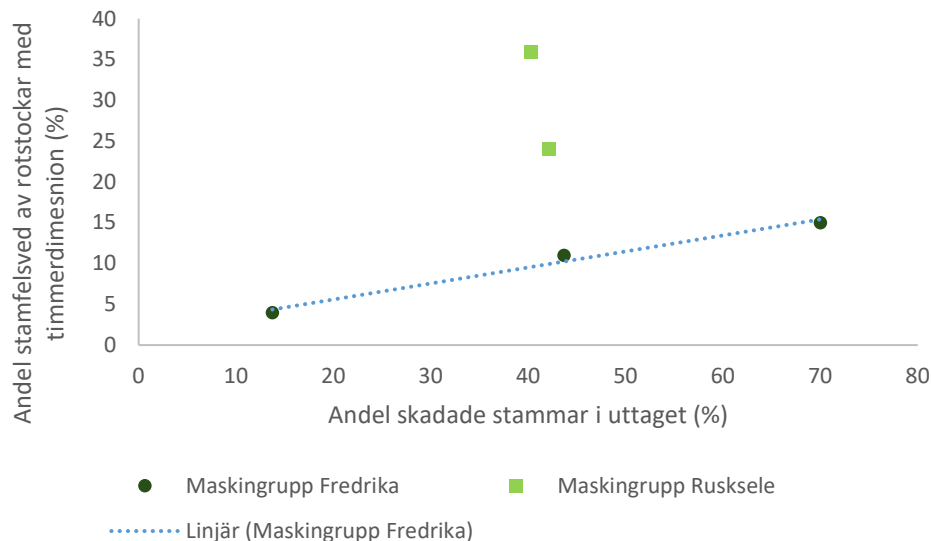
Tabell 8. Andel skador (%) bland de stammar som tagits bort utanför stickvägar. Fet och kursivt markerat de värden som är högre än motsvarande andelar innan gallring. Det vill säga där det har skett en skadesänkning utanför stickvägarna. Sprötkvist – barkskador är underkategorier till älgskador, även dessa redogörs dock som andelar av stamantal.

Variabel	Bestånd									
	1		2		3		4		5	
	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)
Andel skadad volym	14	55	46	35	78	9	46	23	48	19
Andel älgskadad volym	14	55	29	38	78	9	35	25	41	21
Sprötkvistar	6	88	26	38	74	7	33	29	35	23
Tvärkrökar	8	94	2	96	1	92	0	-	4	100
Dubbeltoppar	0	-	0*	-	0	-	0	-	0	-
Barkskador	0	-	1	88	2	80	2	98	2	94
Andel skadade stammar	6	59	46	25	78	7	41	17	39	17
Andel älgskadade stammar	6	59	34	32	78	7	33	21	37	17
Sprötkvistar	3	89	27	32	67	5	30	26	33	20
Tvärkrökar	3	100	5	102	3	88	0	-	2	103
Dubbeltoppar	0	-	0*	-	0	-	0	-	0	-
Barkskador	0	-	2	88	8	71	2	96	2	92

3.4. Skadenivåns påverkan på timmerutfallet

Timmerandelen hade inget tydligt samband med andelen skador i beståndet (p-värde $>0,60$). Timmerandelen förklarades av beståndets medelstam där högre medelstam ger en högre timmerandel ($R = 0,93$ och p-värde $= 0,02$). Värt att notera är att detta gäller fast ett av bestånden apterats mot en högre toppdiameter, vilket sannolikt har försämrat sambandet.

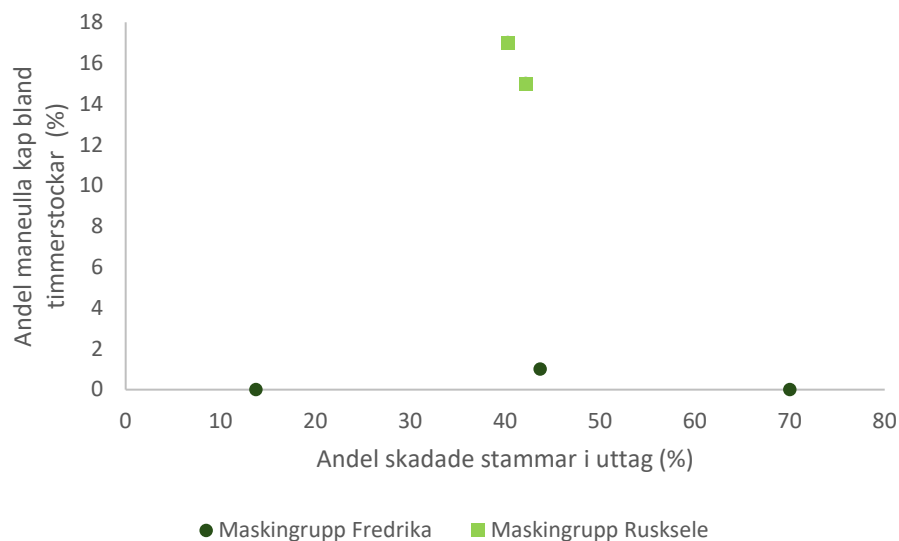
Andelen stamfelled verkar ha ett svagt samband med andelen skador. Sambanden är dock inte statistisk signifikanta. Andelen stamfelled av totalvolym beroende av antalet skadade stammar per ha och andelen skadade stammar per ha både ursprungligt och i uttaget gav R-värden från $0,65 - 0,72$ med p-värden under $0,20$ i tre av fallen. Andelen stamfelled av rotstockar med timmerdimension gav dock inga tecken på statistiska samband (p-värden $>0,40$). En visuell analys av spridningsdiagrammet (Figur 5) avslöjar dock att objekten som avverkades av maskingrupp Fredrika håller ett linjärt samband men de objekt som avverkades av maskingrupp Rusksele avviker relativt kraftigt från dessa. Spridningsdiagrammet indikerar att andelen stamfelled också beror på hur maskinlaget utför gallringen.



Figur 5. Andel stamfelled av rotstockar med timmerdimension mot andel skadade stammar i gallringsuttaget. Uppdelat på två olika maskingrupper.

3.5. Skadenivåns påverkan på gallringsgenomförandet

Andelen manuella kap har inget tecken på samband med skador, varken ursprunglig skadeandel eller andel skador i uttaget. På samma sätt som för stamfelsesved visar en visuell analys av spridningsdiagrammet (Figur 6) att det verkar finnas en stor individuell skillnad mellan olika maskinlag hur de ofta de tillämpar manuella kap. De två bestånden som är avverkade av maskingrupp Ruskesele är bestånd 4 och 5, något som också är värt att notera är att medelstammen i uttaget var klart lägst hos dessa bestånd (Tabell 4).



Figur 6. Andel manuella kap bland timmerstockar mot andel skadade stammar i gallringsuttaget. Uppdelat på två olika maskingrupper.

Gallringsstyrkan var i genomsnitt 34 % och gallringstyrkan i förhållande till mål var i genomsnitt 90 % (Tabell 4). Studien har inte identifierat några tydliga samband mellan andelen skador i bestånden och gallringsstyrka eller gallringsstyrka mot mål. I de flesta fall var p-värdet $>0,2$. Andelen skadade stammar och gallringstyrkan räknat på grundytan hade $R = 0,70$ och p-värde = $0,19$. Vilket endast framkom i detta fall och var inte heller signifikant.

Inga samband har heller kunnat identifierats mellan skadeandel och utfallsvariablerna gallringskvot och gagnvirkesandel.

3.6. Skadenivåns påverkan på beståndet

Skadad volym, andelen skadad volym, antalet skadade stammar samt andelen skadade stammar visade få samband mot andra beståndvariabler. Variablerna testades mot volym av tall, stamantal av tall, Dgv och medeldiameter av tall, samt

medelstam och grundtevägd medelstam av tall. De flesta av de testade variablerna visade inga tecken på genomgående samband (p-värde $>0,2$). Det fanns dock tecken på ett samband mellan volymen tall och volymen skadade träd där alla bestånd hade ett p-värde $<0,12$ och 3 av 5 bestånd hade ett p-värde $<0,05$. Ett liknande tecken på samband fanns mellan antalet tallstammar och antalet älgskadade stammar där 4 av 5 bestånd hade ett p-värde $<0,10$. Båda sambanden visade på en positiv korrelation mellan volym eller stamantalet och hur mycket skador det fanns. Inga tydliga tecken på samband kunde hittas mellan andelen skador på provytorna och de nämnda beståndsvariablerna. Sambanden var väldigt likartade när analyserna utfördes med enbart älgskador istället för alla skadetyper

4. Diskussion

4.1. Metoddiskussion

4.1.1. Beståndsurval

Beståndsurvalet för studien baserades på subjektiva inventeringar i områden där det bedömts troligt att hitta bestånd med hög andel älgbetesskador. Av den anledningen är inte de utvalda bestånden representativa när det gäller förekomst av skador, vilket heller aldrig har varit avsikten. Anledningen att urvalet utfördes på detta sätt var att identifiera likartade bestånd med en betydande mängd skador fast med en viss spridning mellan bestånden samt att de redan var planerade för gallring. Hur beståndsurvalet är utfört har dock ingen påverkan på de resultat som erhållits ur respektive bestånd.

Ytterligare en sak som bör poängteras med beståndsurvalet var att urvalsramen enbart bestod av bestånd som var planerade för gallring. Det är sannolikt att de hårdast betade bestånden har haft en nedsatt tillväxt och ännu inte uppnått en sådan grundyta att det är aktuella för gallring. Det innebär i sin tur att bestånden inte heller har någon möjlighet att bli utvalda till studien.

Studien har anpassats för att minimera betydelsen av de skillnader som finns mellan bestånden. Detta har gjorts genom att till exempel göra jämförelser mellan provytorna inom bestånd och sedan titta på om trender överensstämmer mellan alla bestånd. Där jämförelser mellan bestånden varit nödvändiga har skillnaderna minskats genom att normera värden. Framförallt har andelar använts istället för absoluta värden.

4.1.2. Gallringsutförande

Varje bestånd har representerats av 9 – 10 provytor som inventerades före och efter gallring. Alla träd inom dess provytor numrerades och det var därmed synligt för skördarförarna var i beståndet provytorna var placerade. Enligt instruktion till skördarförarna skulle provytorna behandlas på precis samma sätt som övriga beståndet. Skördarförarna visste inte heller vad syftet med studien var. Det finns

ändå en risk med att skördarförarna visste att deras arbete skulle följas upp. De kan medvetet eller omedvetet gjort ett annorlunda arbete på de provytor som fanns inom beståndet. Skördarförarna har dock inte varit under direkt observation vilket borde innebära att de lättare kan agera naturligt än under till exempel en tidsstudie.

Tanken inför gallring var att allt timmer skulle apteras efter samma instruktion och till samma industri. På grund av en kommunikationsmiss blev det inte fallet. Bestånd 2 apterades mot ett annat sågverk med en högre toppdiameter på timret (159 mm istället för 146 mm). Den högre toppdiametern leder till att utfallet av timmer blev mindre för i beståndet. Tack vare att andelen stamfelved kunde nyttjas för att undersöka hur skadorna påverkade andelen timmer blev dock inte felet lika allvarligt. Eftersom inget samband fanns mellan skadade träd och trädstorleken så blir andelen stamfelved, åtminstone räknat på timmervolymen, fortfarande representativt.

4.1.3. Skadeklassificering

Studien har i grova drag delat in skadorna i två kategorier, älgliknande skador och icke älgliknande skador. De älgliknande skadorna delades sedan upp i kategorierna sprötkvist, tvärkrök, dubbeltopp och barkskada. Uppdelningen har inget att göra med att ursprunget till skadan är känt utan är baserat på skadans utseende och placering på trädet. Det är med andra ord inte säkert att de älgliknande skadorna har uppstått som följd av en älgskada. Särskilt frekvensen och placeringen av de mer hårt skadade bestånden (bestånd 3 – 5) tyder dock på att ursprunget till en stor del av skadorna beror på just älg. Även om inte älg skulle vara orsaken till vissa av skadorna så representerar de ganska väl fördelningen av de skador som uppkommer till följd av älg. Enligt Matala et al. (2020) och Wallgren et al. (2014) så är just sprötkvist den vanligaste skadan som uppstår till följd av en älgskada och övriga typer av skador utgör enbart några få procent av skadorna.

Den praktiska betydelsen för studien angående skadornas ursprung kan också anses vara liten. För skördarföraren spelar knappast ursprunget för skadan någon roll utan det är just skadans utseende som kommer avgöra hur skördarföraren behandlar det skadade trädet vid fällning och uppbearbetning.

En av studiens styrkor är att just den noggranna uppdelningen av de skador som klassificerats som älgskador. Genom att dela upp de älgliknande skadorna i sprötkvistar, tvärkrökar, dubbeltoppar och barkskador blir studien mer transparent. Sättet som inventeringen är utförd på gör också att datamaterialet fångar samma skador före och efter gallring och riskerar inte att blanda ihop skador som fanns efter gallring med skador som tillkom under gallringen. Eftersom skaderegisteringen enbart utfördes före gallring och sedan samlades enbart

trädnymren in efter gallring finns inte heller någon risk att skador registrerades på ett annorlunda sätt vid andra inventeringen.

4.1.4. Inventering och skattningar

Det finns ett antal saker angående hur inventeringen utfördes som kan ge upphov till vissa fel och bör poängteras. Först och främst bör registreringen av skador nämnas. Skadorna övervallas med tiden och blir mindre synliga (Dahlen 2014). Detta innebär att vissa skador kan vara direkt svåra att upptäcka även vid en noggrann okulär besiktning av träden. Det finns med andra ord en risk att en del skador har missats vid inventering. Särskilt skador som sitter väldigt högt upp på trädet. Skador som är högt placerade bör dock ha en mindre inverkan på resultaten och att några liknande skador missas behöver inte vara speciellt allvarligt. Angående skadehanteringen bör också klavningen av träd med dubbeltopp under brösthöjd nämnas. Träd med dubbeltopp klavades runt båda topparna mot provytecentrum och beräkningen av volymen på dessa träd är sannolikt något missvisande. Antalet tallar med dubbeltopp var dock enbart 7 av totalt 875. Påverkan av det förenklade räknesättet bör därför vara väldigt liten.

Även i bedömningen av vilka träd som var uttagna i och utanför stickvägarna finns en viss osäkerhet. Bedömningen gjordes genom att med hjälp av stubbarnas position i förhållande till det kvarvarande trädet bedöma vilket träd som tagits bort. Mellan det att bestånd 1 och 2 gallrades samt att det sedan återinventerades hade det dock fallit några centimeter snö. Detta medförde att inte alla stubbar kunde identifieras och en bedömning fick då utföras utifrån det ungefärliga läget stubben måste haft om den var uttagen i eller utanför stickvägen.

Skattningarna som är utförda utifrån inventeringsdata innehåller också ett antal förenklade antaganden. För att skatta volymen på alla träd har Brandels formler använts. Formlerna är inte konstruerade för att skatta volymen på träd som har eller har haft toppbrott (Brandel 1990). Dock finns det inte, åtminstone vad författaren är medveten om, några formler som är konstruerade för att bestämma volymen på skadade träd och Brandels formler har därför nyttjats ändå. Vidare ger både kvotskattningarna och skattningarna av kvoter inte väntevärdesriktiga värden. Särskilt kvotskattningen ger sannolikt en så liten avvikelse att den i praktiken är betydelselös, den ger dessutom en bättre skattning av totalvolymen än en vanlig Horvitz-Thompson skattning (Holm 2012).

4.1.5. Statistiska analyser

Alla statistiska analyser angående förändringar av skadeandelar har baserats på provytenivå. På provytenivån är andelen skador känd och inte skattad och inget fel på grund av skattningarnas väntevärdesriktighet kan därmed uppstå.

En svaghet som finns med de statistiska analyserna är att datamaterialet är så pass litet. Detta gäller framförallt korrelationstesterna mellan andel skador och utfallsvariablerna från gallringen. Dessa analyser har enbart kunnat utföras på beståndsnivå och det fanns därmed enbart fem observationer. Sambanden ska vara extremt tydliga innan de blir signifikanta med så få datapunkter. Av den anledningen har även samband som inte är signifikanta belysts i resultat och diskussion. Försiktighets bör dock tas när de sambanden tolkas och det är inte möjligt att dra några långtgående slutsatser utifrån dessa.

Vid beräkning av medelfelen har formler för beräkning av medelfel för OSU nyttjats. Detta gör att medelfelet blir något överskattat. En möjlig effekt av antagandet är att signifikansen verkar mindre än vad den faktisk är i vissa fall. Skillnaden bör dock vara relativt liten och inte ha någon påverkan på de huvudsakliga resultaten i studien.

4.2. Resultatdiskussion

4.2.1. Gallringens möjlighet att påverka andelen skador

Gallringen hade generellt liten påverkan på andelen skador i beståndet. Tvärkrökar och allvarliga skador (tvärkrökar och dubbeltoppar) hade en signifikant minskad andel efter gallring om resultaten från alla bestånd slogs samman. Ingen signifikant minskning fanns dock för enbart dubbeltoppar, en anledning till det kan vara att antalet observationer av dubbeltoppar var så få att varje enskild skada fick väldigt stor inverkan på resultatet. Minskningen av andelen tvärkrökar var statistiskt signifikant, dock var enbart minskningen i medeltal 0,7 procentenheter. Den praktiska betydelsen av sänkningen är väldigt liten. Påverkan kan därmed anses vara så liten att den i praktiken inte har någon betydelse.

Det finns ett antal tänkbara förklaringar till att möjligheten att sänka andelen skador är liten. Verkligheten är förmodligen en kombination av alla dessa faktorer. Tidspressen som finns på skördarförarna är förmodligen en av de viktigaste förklaringarna. Under en förstagallring med medelstam mellan 0,04 – 0,12 bearbetar en skördarförare cirka 100 – 130 träd/timme eller 1,7 – 2,2 träd per minut vilket även inkluderar tid för förflyttning av skördaren och fällning och uppbearbetning (Brunberg 1996). Föraren har därmed inte många sekunder på sig att välja vilket träd om ska huggas. Liziniewicz et al. (2016) lyckades sänka stamdefekter i sin studie men poängterade då att urvalet utfördes på ett sätt som är mer noggrant än vad som kan anses normalt vid gallring.

Möjligheten att se skadorna är en annan trolig förklaring. Här finns förmodligen förklaringen till att det går att sänka andelen av vissa typer av skador samtidigt som andra är svåra att påverka. En tvärkrök (Figur 2b) syns tydligt nästan oavsett från vilken vinkel man tittar på trädet. Däremot kan en sprötkvist (Figur 2a) eller en barkskada (Figur 2d) i många fall vara dolda bakom stammen. Detta innebär att det i många fall är omöjligt att se skadan även om det skulle finnas mer tid för skördarförarna att göra urvalet. Liziniewicz et al. (2016) påpekar också att just möjligheten att se skadorna är ett problem som försvårar den praktiska implementeringen av kvalitetsfokuserad gallring.

De flesta tallarna i förstagallringar har kvistar långt ner på stammen. Kvistarna gör att sprötkvistar, särskilt de som är mindre tydliga, smälter in mer och blir svårare att upptäcka. Av den anledningen kanske det skulle vara lättare att identifiera skadorna i ett senare skede när mer kvistrensning skett. Liziniewicz et al. (2016) menar dock i sin studie att förstagallring är det sista tillfället där det finns bra förutsättningar att påverka timmerkvaliteten eftersom skadorna ofta är övervallade i senare gallringar.

Sveaskogs definition av kvalitetsgallring uttrycker att gallringsuttaget får koncentreras till träd med sämre kvalitet (Forsberg 2020). Begreppet kvalitet kan dock tolkas på mer än ett sätt. Denna studie har fokuserat på stamdefekter som sprötkvist, tvärkrök, dubbeltopp och barkskador. Kvalitet kan även handla om saker som till exempel kvistgrovlek, och raket. Instruktionen till skördarföraren specificerade inte vad kvalitet innebar i detta fall för att efterlikna en normal gallring. Det skulle kunna innebära att skördarföraren anser att träd som inte är klassificerade som skadade, till exempel en förväxande varg med grova kvistar, har sämre kvalitet och därmed bättre att ta ut än ett skadat träd.

Uttaget utanför stickvägarna stärker ytterligare resultaten att det är svårt att sänka skadeandelarna. Endast tvärkrökar har genomgående högre andel skador i uttaget än vad beståndet hade innan gallring, sänkningen är dock enbart 1,2 procentenheter i medeltal. Räknat på alla skador hade bara 3 av 5 bestånd en högre andel skador i uttaget utanför stickvägarna än i beståndet generellt och i medeltal var uttaget 5,2 procentenheter högre än resterande bestånd. Bestånd 3 stack ut från mängden med ett skadeuttag som var cirka 11 % högre utanför stickvägarna än beståndets genomsnittliga skadeandel. Sammantaget tyder det även här på att det är tydligare skador som tvärkrökar som det finns möjlighet att påverka även om effekten inte blir speciellt stor.

Potentialen att sänka andelen skador i förstagallring finns egentligen i det uttag som görs utanför stickvägarna. Förutsatt att skadorna är jämnt fördelade blir stickvägsuttaget en kalavverkning där möjligheten att påverka vilka träd som tas ut

väldigt litet. I denna studie varierade andelen av uttaget som bestod av stickvägar mellan 73 – 75 %. En teoretisk analys kan visa på potentialen att sänka skadeandelen. Vid en gallringstyrka på 35 % och en stickvägsandel på 25 % blir uttaget utanför stickvägarna 29 % av det totala uttaget ($0,25/0,35 = 0,71$). Låt vidare säga att i beståndet fanns 100 m³sk/ha innan gallring. Totalt uttag blir då (volym före gallring*gallringstyrka) 35 m³sk. Uttaget av skadad volym blir (uttag*andel av uttag i stickvägar*skadeandel + uttag*andel uttag utanför stickvägar*andel skador i uttaget utanför stickvägarna). Andelen oskadad volym blir då (totalt uttag – skadad volym i uttaget) vilket till sist leder fram till andel skadad volym efter gallring som blir ((volym före gallring*skadeandel-uttag av skadad volym) /volym efter gallring). Om skadeandelen är 50 %, stickvägsandelen är 25 % och skördarföraren lyckas ta ut 60 % skadade träd utanför stickvägarna kommer det ge en skadeandel efter gallring på 48,5 %. Lyckas skördarföraren istället ta ut 70 % skadade träd utanför stickvägarna blir skadeandelen 46,9 % efter gallring och lyckas skördarföraren ta ut 100 % skadade träd utanför stickvägarna blir skadeandelen 42,3 %. Motsvarande siffror blir 47,7 %, 45,6 % och 39,5 % om stickvägsandelen enbart var 20 %. Resonemanget visar på vikten att hålla nere stickvägsandelen för att ha en rimlig chans att kunna sänka andelen skador. I denna studie lyckades skördarförarna maximalt ta ut 11 procentenheter mer skadade träd utanför stickvägarna i ett av fem bestånden och i vissa bestånd var till och med skadeandelen i uttaget utanför stickvägarna lägre. Med andra ord är även de lågt räknade exemplen ovan bättre än vad som verkar vara möjligt att uppnå i praktiken. Liziniewicz et al. (2016) som i sitt försök lyckades sänka andelen träd med stamskador tog inte upp några stickvägar vilket kan vara en viktig förklaring till att det faktiskt lyckades.

Ytterligare en faktor som bör tas upp när gallringens möjlighet att sänka andelen skador diskuteras är de skador som själva gallringen orsakar. Denna studie har inte tagit någon hänsyn till skador som orsakats under själva gallringen. En genomsnittlig skadenivå vid gallring med skördare utan mellanfällszon har uppskattats till 3,4 % av Skogsstyrelsen och 18 % av gallringarna leder till mer än 5 % skadade träd (Bäcke 1998). Skadorna som uppstår efter gallring kan orsaka barkdragande lyror som in sin tur ger en kvalitetsnedsättningen på timret och den sågade varan (Olsson 1986). Dahlin (2008) visade att gallring med högre stickvägsandel också ger lägre andel skador efter gallring. Det är därmed lite av en paradox att sänka andelen skador med hjälp av gallring. För att lyckas måste stickvägsarealen hållas nere men om stickvägsarealen hålls nere orsakar gallringen även mer skador på det kvarvarande beståndet.

4.2.2. Skadornas påverkan på utfallet

Inga statistiskt signifikanta samband har identifierats mellan andelen skador och utfallet från gallringen. Dock finns det ett antal intressanta observationer som bör lyftas.

Timmerandelen ser inte ut att ha någon korrelation med andelen skador (p-värde $>0,50$). Detta motsäger resultatet från Matala et al. (2020) som visat att liknande skador sänker andelen timmer. En förklaring till att inget tydligt samband syns i denna studie är dock skillnaden i medelstam. Medelstammen i uttaget från bestånd 1 var $0,08 \text{ m}^3\text{fub}/\text{stam}$ jämfört med bestånd 4 och 5 som enbart hade $0,04 \text{ m}^3\text{fub}$ som medelstam, det vill säga bara hälften så stora (Tabell 4). Det fanns ett tydligt samband mellan just medelstam och timmerandelen ($R= 0,93$ och p-värde = $0,02$) vilket även tidigare är visat av till exempel Cernold (1981). Sambandet var tydligt trots att ett bestånd hade apterats mot en grövre toppdiameter. Om samma toppdiameter använts för alla bestånd hade det lett till högre andel timmer i det avvikande beståndet och troligtvis stärkt sambandet ytterligare. Även om det skulle finnas ett samband mellan timmerandelen och andelen skador döljs det av det starka sambandet mellan timmerandel och medelstam.

Andelen stamfelved visar hur stor andel av timret som klassas ner till massaved utan att sambandet döljs av varierande medelstam. Andelen stamfelved hade inte heller något signifikant samband med skadeandelen. Andelen stamfelved av totalvolym jämfört med andel skadade stammar och volym hade dock R-värden mellan $0,70 - 0,72$ och p-värden under $0,20$. Detta ger ändå en indikation om att det kan finnas ett samband men att antalet observationer är för få för att fastställa statistiskt. Andelen stamfelved av rotstockar med timmerdimension är dock den variabel som borde ge det bästa sambandet då älgskador påverkar just rotstocken. Här fanns det dock inga tecken på samband med andelen skador.

De två bestånden som hade betydligt högre andel stamfelved bland rotstockar av timmerdimension avverkades av en annan maskingrupp. Bland de tre objekt som avverkades av maskingrupp Fredrika bildas ett tydligt linjärt samband mellan andelen stamfelved bland rotstockar av timmerdimension och andelen skador i uttaget (Figur 5). Detta indikerar att andelen skador kan ha en viss påverkan på andelen stamfelved och därmed andelen timmer men att effekten av den individuella maskinförarens agerande är större. Något som också skulle kunna ha betydelse är att de två bestånden i Rusksele hade klart lägst medelstam med $0,04 \text{ m}^3\text{fub}/\text{träd}$ vilket kan jämföras med bestånden i Fredrika där snittet var drygt $0,07 \text{ m}^3\text{fub}/\text{träd}$ (Tabell 4). Trots lägre eller liknande skadeandel kan det innebära att skadorna är mindre övervallade och framträder tydligare på träden vilket gör det lättare för maskinföraren att agera på en skada.

Eftersom ingen data angående sågtimrets kvalitet kunde erhållas så blir studien begränsad till att diskutera andelen sågtimmer. Som tidigare nämnt fanns inga signifikanta samband mellan varken andelen sågtimmer eller stamfelsved och andelen skador. Maskingrupp Fredrika hade dock en linjär ökning av stamfelsved med ökad andel skador. I förstagallring är andelen timmer generellt liten vilket gör att även om andelen skador kraftigt skulle påverka andelen timmer, vilket det inte uppenbart gör, så skulle ändå volym som gick förlorad bli relativt liten. Något som repeterats många gånger i denna studie är just hur skador övervallas med tiden och inte längre syns på trädets yta. Intuitivt innebär det att de effekter som älgskadorna har på timmerandelen är störst i förstagallringen och avtar sedan mer och mer i senare åtgärder som andragallring och till sist slutavverkning. Inom ramen för de resultat som denna studie har producerats så innebär det förmodligen att påverkan på andelen timmer som faller ut från senare åtgärder skulle påverkas minimalt av andelen skador i beståndet.

Att andelen timmer inte påverkas speciellt mycket innebär dock inte att kvaliteten på timret inte påverkas. Även kvalitetseffekterna lär minska med tiden. Skadorna övervallas och blir osynliga från utsidan men skadorna kommer alltid komma fram när stocken väl sågas. Det går därför också att anta att de stora intäktsförlusterna orsakade av kvalitetsnedsättningar till följd av älgskador kommer att ske i sågverken. Granberg (2018) visade på att intäktsförlusten viltskador orsakade för skogsägarna uppgick till 0,6 kr/ m³fub och för sågverken 4,1 kr/ m³sv (vilket motsvarar cirka 2 kr/ m³fub räknat på ett sågutbyte på 50 %). Studien bekräftar därmed intuitionen att intäktsförlusten blir högre för sågverken än för skogsägarna. Detta förutsätter dock att metoden för inmätning och prissättning av timmer förblir densamma. I och med teknikutvecklingen är det inte omöjligt att prissättningen för skogsägaren också kommer påverkas av invändig kvalitet i framtiden.

4.2.3. Skadornas påverkan på gallringsgenomförandet

Andelen manuella kap hade inte något samband med andelen skador (p-värden >0,8). Liksom för stamfelsved så stack de två bestånden i Rusksele ut när de kom till andelen manuella kap, både bland totalvolymen och bland timmerstockar (Figur 6). Förklaringen är troligtvis samma som skillnaderna i stamfelsved. Det vill säga det beror sannolikt på den individuella maskinförarens agerande men den betydligt mindre medelstammen kan också vara en förklaring.

Gallringsstyrkan låg generellt lägre än målet (i genomsnitt 90 % jämfört med mål och 34 % av grundytan) dock fanns inga tydliga samband mellan andelen skador i beståndet och gallringsstyrkan. Att gallringsstyrkan generellt var lägre än målet beror sannolikt på att bestånden generellt höll en lägre grundyta än den som var angiven i traktdirektiven. En lägre gallringsstyrka blev därmed nödvändig för att

inte grundytan efter gallring skulle bli extremt låg. I gallringsmallarna rekommenderas 40 % som maximalt uttag i skog yngre än 55 år vid bonitet T22. Grundytan efter gallring (11 – 14 m²/ha) blev generellt lägre än vad som rekommenderas efter förstagallring i förhållande till deras ståndortsindex (Skogsstyrelsen 1985). Den låga grundytan beror nog framförallt på att grundytan före gallring var för låg. Nilsson et al. (2010) visade på att hård gallring i tallbestånd sänker nettotillväxten och att det framförallt grundytan efter gallring som avgör tillväxten.

Inga samband har identifierats mellan skadeandelen och andelen manuella kap, gallringstyrkan eller gallringskvot. Vilket i sin tur tyder på att andelen skador i beståndet inte har någon påverkan på hur maskinförarna genomför gallringen.

4.2.4. Skadornas påverkan på beståndsutvecklingen

Denna studie har inte identifierat några samband mellan andelen skador och beståndsegenskaper som volym, grundyta, medeldiameter eller medelstam. Resultaten avviker från tidigare forskning. Petterson et al. (2010) visade att betesskador hade en kraftig påverkan på tillväxten vilket även stöds av Matala et al. (2020) och Wallgren et al. (2014).

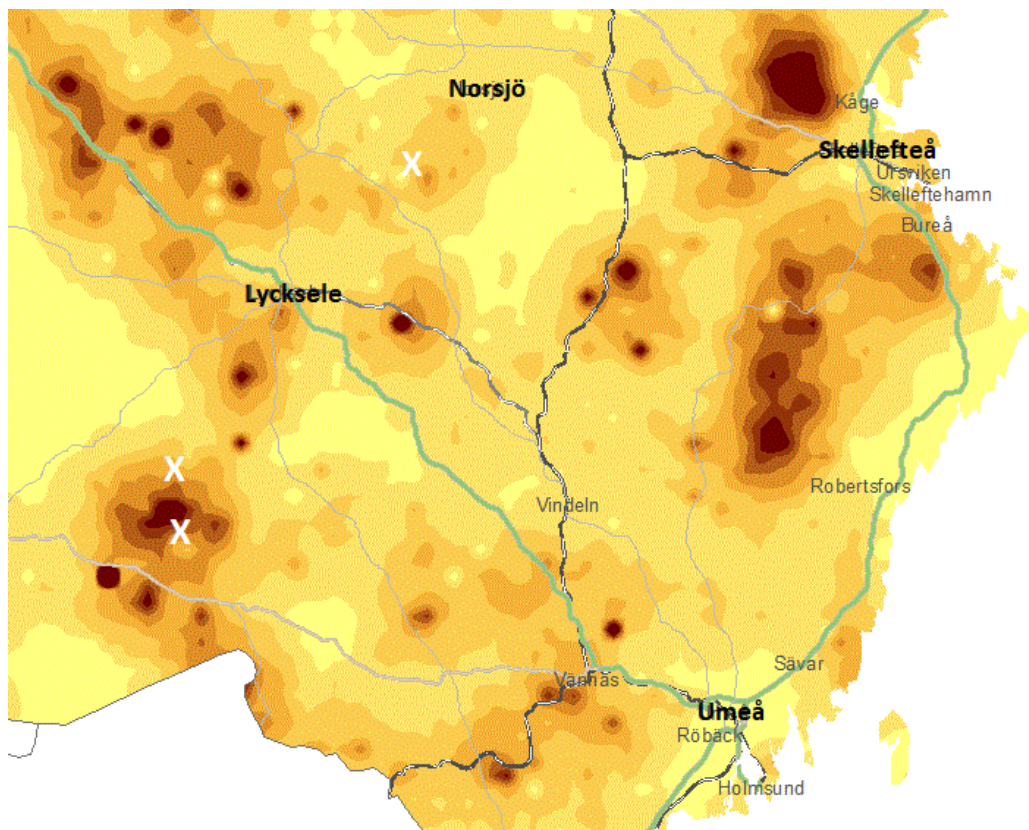
Denna studie har enbart tagit hänsyn till de träden som finns kvar i beståndet. Bestånd 1 och 2 har lågt stamantal för att vara i en förstagallringsfas (Tabell 2). Eftersom beståndshistorik saknas går det inte vara säker på anledningen till det låga stamantalet. I hårt betade områden dör dock många träd redan i ungskogsfasen (Petterson et al. 2010). Detta kan i sin tur leda till ett lägre stamantal än vad som är optimalt och ger därmed en tillväxtförlust. Om ett sådant scenario utspelat sig i de studerade bestånden har inte denna studie haft någon möjlighet att fånga den effekten.

Sandgren (1980) lyckades inte heller identifiera några tillväxtförluster till följd av älgbetesskador i sin studie. Liksom i denna studie saknades även här en fullständig kontroll och beståndshistorik. Petterson et al. (2010), Matala et al. (2020) och Wallgren et al. (2014) är alla studier där de skadade bestånden jämförts med hägnade kontrollrutor och bestånden kontinuerligt följt under studietiden. Förklaringen till att inga tecken på tillväxtförluster identifierats varken i denna studie eller i Sandgrens (1980) kan därmed sannolikt härledas till hur försöket är upplagt.

4.2.5. Praktisk implementering av resultaten

Eftersom studien är utförd med ett relativt litet datamaterial och bestånden har valts med ett subjektivt urval bör viss försiktighet vidtas vid generalisering av resultaten.

Betetrycket varierar mycket mellan olika geografiska områden. De utvalda områdena är enligt Sveaskogs lokalkännedom utsatta för ett högt betetryck. De är även områden som av ÄBIN (Älgbetesinventeringen) identifierat som hårt utsatta områden (Figur 7). Det är dock tydligt att det finns en stor andel områden som är lika utsatta eller ännu mer utsatta än dessa områden. Givetvis finns en variation även inom dessa områden och det går inte att med säkerhet säga att de utsatta områdena är på samma ställe som när bestånden i denna studie var i älgbeteshöjd. I genomsnitt är endast 58 % av tallarna oskadade vid 5 meters höjd (Skogsstyrelsen 2020). Med hänsyn till detta så är det lätt att inse att det finns en väldigt stor variation på beståndsnivå. De bestånd som undersökts i denna studie med en genomsnittlig skadeandel på ungefär 40 % och en spridning från 12 – 67 % kommer åtminstone i framtiden utgöra en relativt normal spridning av skadeandelar i gallringsbestånd.



Figur 7. Älgbetetryck i Västerbottens län. Mörkare färg indikerar högre betetryck. Vita kryss markerar ungefärlig placering av de bestånd som använts i studien, vissa kryss markerar mer än ett bestånd (Efter Skogsstyrelsen 2020).

4.3. Slutsatser

Målet med studien var att bidra till kunskapsläget om vilken inverkan älgliknande skador har vid förstagallring av tallskog. Samt undersöka om det finns möjlighet att

via gallring minska den allmänna skadenivån i beståndet. För att uppfylla syftet formulerades fyra frågeställningar och tre hypoteser som studien till stora delar lyckats besvara.

Första frågeställningen behandlade gallringens möjlighet att påverka skadenivån och om den varierade för olika typer av skador. Studien har visat på att det inte går att sänka den generella skadenivån med hjälp av gallring. Däremot så sänktes andelen tvärkrökar och allvarliga skador statistisk signifikant. Den första hypotesen kan därmed förkastas, andelen skador går generellt inte att sänka med hjälp av en förstagallring. Den andra hypotesen kan dock bekräftas, tydligare skador sänks i högre utsträckning. Det ska dock poängteras att sänkningen är så liten att den knappast har någon praktiskt betydelse. Studien har även med en teoretisk analys visat på att potentialen att sänka andelen skador är relativt liten om inte stickvägsandelen kan hållas väldigt låg.

Andra frågeställningen var om andelen skador påverkade utfallet av timmer från gallringen. Ett tecken på ett svagt samband mellan andelen stamfelsved och andelen skador i beståndet har identifierats. Tidigare studier har även visat på att älgliknande skador påverkar timmerandelen. Effekten av olika maskinförarens agerande verkar dock vara större än effekten av varierande andel skador.

Tredje frågeställningen gällde huruvida andelen skador påverkade maskinförarnas sätt att genomföra gallringen. Inga tydliga samband mellan förekomsten av skador i bestånden och gallringens utförande har kunnat påvisats. Andelen manuella kap verkar framförallt bero på den individuella maskinföraren och gallringsstyrkan påverkas inte heller av andelen skador i beståndet. Det finns alltså inga tecken på att andelen skador påverkar hur maskinförarna utför gallringen.

Sista frågeställningen var om andelen skador hade en påverkan på bestandsvariabler. Hypotesen var att kraftigt skadade områden har lägre volym, grundyta och medeldiameter än mindre skadade områden. Denna studie har inte kunnat hitta några samband som tyder på att det är fallet. Det är dock tidigare fastställt att det finns ett samband mellan älgskador och tillväxt. Att inte denna studie identifierat några liknande samband beror förmodligen på hur studien är upplagd och det begränsade stickprovet. Ingen långtgående slutsats bör dras av detta.

4.3.1. Vidare forskning

Som tidigare tagits upp i diskussionen verkar effekten av skadorna ha relativt liten påverkan på andelen timmer. De stora effekterna uppstår sannolikt i sågverket hur stora effekterna blir i ett hårt skadat bestånd är dock fortfarande relativt dåligt undersökt. Därmed vore det väldigt intressant med en studie som undersöker

effekten på liknande sätt som denna studie från skog och ända fram till färdig sågad vara för att få med alla konsekvenser. ÄBIN startade i början av 2000-talet, de första bestånden som inventerades i ÄBIN bör därmed snart närma sig en förstagallringsfas. Bestånd som har inventerats i ÄBIN skulle utgöra en bra grund för en liknande studie som nämns ovan då studien även skulle ha med sig bättre beståndshistorik och kunna vara säkrare på om skadorna är orsakade av älg eller inte. En liknande studie skulle helst även nyttja ett större datamaterial för att kunna dra mer långtgående slutsatser.

Denna studie har konstaterat att möjligheten att sänka andelen skador i förstagallring är liten. Dels på grund av skördarförarnas möjlighet att se skadorna, dels den teoretiska potentialen är liten särskilt om stickvägsuttaget är stort. Den teoretiska möjligheten att sänka andelen skador blir genast större i andragallringen då stickvägarna redan är upptagna. Att undersöka möjligheten att sänka andelen skador i andragallring vore även det intressant.

Referenser

- Agestam, E. (2015). *Gallring*. Andra upplagan. Jönköping: Skogstyrelsen. (Skogsskötselserien)
- Agresti, A. & Coull, B.A. (1998). Approximate is better than “exact” for interval estimation of binomial proportions. *The American Statistician*, 52 (2), 119–126. <https://doi.org/10.1080/00031305.1998.10480550>
- Bergquist, J., Kahlén, C. & Karlsson, S. (2019). *Skogsbrukets kostnader för viltskador*. (Återrapporering till regeringen, 2019/16). Jönköping: Skogstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/publikationer/2019/rapport-2019-16-skogsbrukets-kostnader-for-viltskador.pdf>
- Bergqvist, G., Bergström, R. & Edenius, L. (2001). Patterns of Stem Damage by Moose (*Alces alces*) in Young *Pinus sylvestris* Stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16 (4), 363–370. <https://doi.org/10.1080/02827580119307>
- Biometria (2019). Kvalitetsbestämning av sågtimmer av tall och gran. <https://www.biometria.se/wp-content/uploads/2019/01/Kvalitetsbest%C3%A4mning-av-s%C3%A5gtimmer-av-tall-och-gran-2019-01-01.pdf>
- Boman, M., Mattsson, L., Ericsson, G. & Kriström, B. (2011). Moose hunting values in Sweden now and two decades ago: the Swedish hunters revisited. *Environmental and Resource Economics*, 50 (4), 515–530. <https://doi.org/10.1007/s10640-011-9480-z>
- Boman, M. & Mattsson, L. (2014). *Jakt och vilt - ett ökande värde i skogen*. (Future forest rapportserie, 2014:4). Umeå: Future forest.
- Brandel, G. (1990). *Volymfunktioner för enskilda träd: tall, gran och björk*. (Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, 26). Garpenberg: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Broman, E. & Truvé, J. (2015). *Relationen mellan älgtäthet och fårska skador på tall*. (Svensk naturförvaltning, 01 2015). Mölndal: Svensk Naturförvaltning.
- Brunberg, T. (1996). *Underlag för produktionsnorm för engeppsskördare i första gallring*. Uppsala: Skogforsk.
- Bäcke, J. (1998). *Gallringsundersökning 1997*. (Meddelande, 8–1998). Jönköping: Skogstyrelsen.
- Cernold, Å. (1981). *Utbytestabeller för rotstående skog*. 5. uppl. Falun: Centrala sågverksföreningen.
- Dahlen, A. (2014). *Tallens fortsatta tillväxt i älgbetade bestånd*. (Examensarbete / SLU, Skogsmästarprogrammet, 2014:19). Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-3771>
- Dahlin, A. (2008). *Produktivitet och kvalitet vid stickvägs- respektive beståndsgående förstagallring*. (Arbetsrapport / Sveriges lantbruksuniversitet, 216). Umeå: Institutionen för skoglig

- resurshushållning och geomatik.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-8666>
- Glöde, D., Bergström, R. & Pettersson, F. (2004). *Intäktsförluster på grund av älgbetning av tall i Sverige*. (Arbetsrapport/skogforsk, 570). Uppsala: Skogforsk.
- Granberg, J. (2018). *Konsekvenser av viltskador för sågverk och skogsägare i Mellansverige – En fallstudie över de ekonomiska konsekvenser som uppstår av viltskador ur ett industriellt perspektiv*. Krylbo: AB Karl Hedin. <https://www.abkarlhedin.se/ravara/gallery/1522832172.5229.pdf> [2020-10-05]
- Hage, J. (1988). Beståndsvis uppskattning: kompendium i skogsuppskattning. Skinnskatteberg: Skogsmästarskolan.
- Holm, S. (2012). *Inventeringsteori*. Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.
- Holmen (u.å.) *Gallra*. <https://www.holmen.com/sv/skog/tjanster/flertjanster/gallra/> [2020-10-09]
- Jonsson, D. & Norell, L. (2007). *Ett stycke statistik*. 3. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Kalén, C. & Bergquist, J. (2004). Forage availability for moose of young silver birch and Scots pine. *Forest Ecology and Management*, 187 (2–3), 149–158. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00316-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00316-5)
- Kalén, C., Bergquist, J., Fihn, R. & Krekula, H. (2009). *Viltanpassad skogsskötsel - skogliga åtgärder för att minska skador*. (Meddelande, 2). Jönköping: Skogstyrelsen.
- Kempe, G. (2012). *Älgskadornas inverkan på volymproduktionen i landets skogar resultat baserade på Riksskogstaxeringens permanenta provytor*. (Arbetsrapport, 381). Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-735>
- Kvarnström, P. (2010). *Älgexplosionen på 70-och 80-talet, ett hot mot sågverken?* (Examensarbete / SLU, Skogsmästarprogrammet, 2010:7). Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet.
https://stud.epsilon.slu.se/1462/1/Kvarnstrom_P_100624.pdf
- Liziniewicz, M., Ekö, P.M. & Klang, F. (2016). Effects of five tree-selection strategies when thinning spruce (*Picea abies*) stands: a case study in a field trail in southern Sweden. *Scandinavian journal of forest research*, 31 (5), 495–506. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1130852>
- Matala, J., Kilpeläinen, H., Herajarvi, H., Wall, T. & Verkasalo, E. (2020). Sawlog quality and tree dimensions of Scots pine 34 years after artificial moose browsing damage. *Silva Fennica*, 54 (3), 10389. <https://doi.org/10.14214/sf.10389>
- Naturvårdsverket (2018). *Uppföljning av mål inom älgförvaltningen*. (Redovisning av regeringsuppdrag, NV-08872-17). Stockholm: Naturvårdsverket.
- Nilsson, U., Agestam, E., Ekö, P.-M., Elfving, B., Fahlvik, N., Johansson, U., Karlsson, K. & Lundmark, T. (2010). *Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden: effects of different thinning programmes on standlevel gross- and net stem volume production*. (Studia forestalia Suecica, 219). Umeå: Fakulteten för skogsvetenskap, SLU.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-2-409>
- Nordström, G. (2005). *Virkeskvalitet hos tall från förstagallringar en provsågning vid Holmsunds sågverk*. (Examensarbeten trä och fiber, 2005:3). Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-8416>

- Nylinder, M. (2000). Skador och fel på tall- och grantimmer. Uppsala: Institutionen för skogshushållning, Sveriges lantbruksuniv.
- Näslund, B.-Å. (1986). *Simulering av skador och avgång i ungskog och deras betydelse för beståndsutvecklingen = Simulation of damage and mortality in young stands and associated stand development effects.* (Rapporter / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel, 18). Umeå: Sveriges lantbruksuniv.
- Olsson, P. (1986). *Tillväxt- och kvalitetsnedsättning orsakad av skador i gallring.* Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Persson, T., Andersson, B. & Ericsson, T. (2010). Relationship between autumn cold hardiness and field performance in northern *Pinus sylvestris*. *Silva Fennica*, 44 (2), 255–266. <https://doi.org/10.14214/sf.152>
- Pettersson, F., Bergström, R., Jernelid, H., Lavsund, S. & Wilhelmsson, L. (2010). *Älgbetning och tallens volymproduktion: resultat från en 28-årig studie i Furudal = Long-term effects of moose browsing on Scots pine.* (Redogörelse från skogforsk, 2010:2). Uppsala: Skogforsk.
- Riksskogstaxeringen & Markinventeringen (2015). Fältinstruktion 2015. Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/rt/dokument/faltinst/ris_faltinstruktion_2015_hela.pdf [2020-09-20].
- Skogsdata (2020). *Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen.* Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
- Samuels, M.L., Witmer, J.A. & Schaffner, A.A. (2016). *Statistics for the life sciences.* 5th edition. Harlow: Pearson Education Limited.
- Sandgren, M. (1980). *Produktionsförluster och kvalitetsnedsättningar i en älgbetad tallkultur.* (Examensarbete i ämnet skogsskötsel, 1980:5). Umeå.
- SCA (u.å.). *Gallring ökar värdet på din skog.*
<https://www.sca.com/sv/skogsagare/skogliga-tjanster/gallra/> [2020-10-09]
- Shipley, L.A., Blomquist, S. & Danell, K. (1998). Diet choices made by free-ranging moose in northern Sweden in relation to plant distribution, chemistry, and morphology. *Canadian Journal of Zoology*, 76 (9), 1722–1733. <https://doi.org/10.1139/z98-110>
- Skogsstyrelsen (1985). *Gallringsmallar, Norra Sverige.* 11. uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Skogsstyrelsen (2020). *Resultat från Äbin och foderprognoser - område: hela landet. Skogsstyrelsen.* <https://skobi.skogsstyrelsen.se/AbinRapport/#/abin-rapport?landsdel=alla&lan=alla&afo=alla&delomrade=alla#sammanfattning-section> [2020-01-07]
- Sonesson, J. & Rosvall, O. (2011). *Lönsamma åtgärder för ökad tillväxt på Sveaskogs marker.* Uppsala: Skogforsk och Sveaskog.
- Sveaskog (u.å. a). *Gallring.* <https://www.sveaskog.se/skog-och-virke/skogsagare/vara-tjanster/gallring/> [2020-10-09]
- Sveaskog (u.å. b). *Om Sveaskog.* <https://www.sveaskog.se/om-sveaskog/> [2021-01-11]
- Svenska jägareförbundet (2020). *Viltdata-statistik.*
<https://rapport.viltdata.se/statistik/> [2021-01-06]
- Svenskt trä (2016). *Handelssortering av sågade trävaror i europa enligt SS-EN 1611-1.* Svenskt Trä. svensktra.se/siteassets/5-publikationer/pdfer/handelssortering_150.pdf [2020-11-02]
- Särndal, C.-E., Swensson, B. & Wretman, J.H. (2003). *Model assisted survey sampling.* New York: Springer. (Springer series in statistics)

- Wallgren, M. (2016). *Sverige har världens tätaste älgstam*.
[https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2016/varldens-tataste-
algstam/](https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2016/varldens-tataste-algstam/) [2021-01-11]
- Wallgren, M., Bergquist, J., Bergstrom, R. & Eriksson, S. (2014). Effects of timing, duration, and intensity of simulated browsing on Scots pine growth and stem quality. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29 (8), 734–746. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.960896>
- Örlander, G. & Frisk, J. (2020). *Viltbetesskador I Sverige-Konsekvenser för virkesproduktion, ekonomi och klimat*. Södra.

Ej publicerat material

- Forsberg, M. (2020). *Instruktion för gallring*. Sveaskog [Internt material].
- Riksskogstaxeringen (2020a). *Ej publicerade data*. Umeå: SLU, Inst f. skoglig resurshushållning. <http://www.slu.se/riksskogstaxeringen>

Programvara

- ESRI (2019). *Arcmap* (10,8) [Programvara].
<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/> [2021-02-08]
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA <http://www.rstudio.com/>.
- Skogforsk (2017). *Virkesvärde* (V.3.1.2.1) [Programvara].

Bilaga 1

Tabell 9. Andel skadad volym före gallring (FG) och efter gallring (EG) inklusive relativt medelfel. Markerade med fet och kursiv text är de fall där det värdet för EG är minst 20 % lägre än värdet för FG.

		Bestånd									
		1		2		3		4		5	
		Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)	Värde	RSE (%)
Andel skadad volym (%)	FG	16,4	<i>16</i>	41,3	<i>13</i>	68,0	<i>6</i>	40,1	<i>18</i>	47,9	<i>7</i>
	EG	13,7	<i>29</i>	41,4	<i>9</i>	67,2	<i>7</i>	39,6	<i>23</i>	45,9	<i>9</i>
Andel älgskadad volym (%)	FG	13,4	<i>22</i>	32,6	<i>14</i>	59,8	<i>8</i>	31,9	<i>23</i>	45,1	<i>7</i>
	EG	12,1	<i>29</i>	35,7	<i>11</i>	55,4	<i>9</i>	30,4	<i>29</i>	45,9	<i>9</i>
Andel volym med sprötkvistar (%)	FG	7,8	<i>30</i>	29,1	<i>13</i>	54,1	<i>8</i>	29,7	<i>23</i>	40,3	<i>8</i>
	EG	8,3	<i>40</i>	32,3	<i>10</i>	52,4	<i>9</i>	29,6	<i>28</i>	40,6	<i>12</i>
Andel volym med tvärkrökar (%)	FG	3,3	<i>86</i>	1,4	<i>40</i>	0,9	<i>56</i>	0,0	-	1,1	<i>67</i>
	EG	2,3	<i>94</i>	1,2	<i>62</i>	0,7	<i>104</i>	0,0	-	0,0	-
Andel volym med dubbeltoppar (%)	FG	2,1	<i>67</i>	0,3	<i>96</i>	2,5	<i>101</i>	0,4	<i>94</i>	1,3	<i>63</i>
	EG	1,1	<i>98</i>	0,5	<i>95</i>	0,0	-	0,6	<i>91</i>	2,1	<i>60</i>
Andel volym med barkskador (%)	FG	0,2	<i>101</i>	1,7	<i>53</i>	2,4	<i>44</i>	1,8	<i>47</i>	2,4	<i>63</i>
	EG	0,3	<i>103</i>	1,7	<i>65</i>	2,5	<i>38</i>	0,2	<i>100</i>	3,2	<i>80</i>
Andel volym med allvarliga skador (%)	FG	5,4	<i>52</i>	1,7	<i>43</i>	3,4	<i>74</i>	0,4	<i>94</i>	2,4	<i>56</i>
	EG	3,5	<i>65</i>	1,7	<i>63,8</i>	0,7	<i>103,9</i>	0,6	<i>91</i>	2,1	<i>62</i>

