



# **Uttagsnivån i förstagallring och dess inverkan på framtida tillväxt och avkastningspotential i talldominerade bestånd**

**- En jämförelse mellan beståndsgående- och stickvägsgående maskiner**

*Extraction level in first thinning and its impact on future growth and potential revenue in Scots pine dominated stands*

*- a comparison between stand-operated thinning and strip road-operated thinning machines*

**Liza Edlund**

**Arbetsrapport 4 2015  
Examensarbete 30hp A2E  
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:  
Kristina A. Ulvcróna**

---

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi  
S-901 83 UMEÅ  
[www.slu.se/sbt](http://www.slu.se/sbt)

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi



# Uttagsnivån i förstagallring och dess inverkan på framtida tillväxt och avkastningspotential i talldominerade bestånd

- En jämförelse mellan beståndsgående- och stickvägsgående maskiner

*Extraction level in first thinning and its impact on future growth and potential revenue in Scots pine dominated stands*

*- a comparison between stand-operated thinning and strip road-operated thinning machines*

Liza Edlund

**Nyckelord:** *Beståndsgående, framskrivningsmodell, gallringsskador, stickvägsareal, stickvägsgående*

Arbetsrapport 4 2015

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30 hp  
EX0772, A2E

Jägmästarprogrammet

Handledare: Kristina A. Ulvcrona, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Examinator: Urban Bergsten, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

---

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2015

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi



## **Förord**

Denna studie är ett examensarbete motsvarande 30 hp i huvudämnet skogshushållning utfört vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi (SBT) vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Inventeringar i fält för arbetet har genomförts under sommaren 2014 med efterföljande databearbetning under hösten och vintern 2014/2015.

Jag vill rikta mitt största tack till min handledare Kristina A. Ulvcrone på SLU. Tack för all hjälp och motivation och den entusiasm du visat under arbetets gång. Jag vill också tacka Johannes Nilsson och Fredrik Lundberg på Vimek AB, vilka initierat detta examensarbete och därmed gjort detta möjligt.

Ett stort tack till entreprenörerna Christer Wiströms på Wiströms gallringsuppdrag AB och Markus Persson på Stefan Persson & Co HB som varit tillmötesgående och tagit sig tid att ta fram lämpliga gallringsobjekt och visat mig bestånden i fält. Jag vill även rikta ett stort tack till Emil Fahlen på Holmen Skog som hjälpt mig ta fram lämpliga objekt för de stickvägsgående maskinerna.

Till sist vill jag även tacka Johanna Johansson som bidragit med såväl gott sällskap som inventeringshjälp vid fältarbetet som genomfördes under den varma sommaren 2014.

*Liza Edlund*

Umeå, februari 2015.

## Sammanfattning

Vid gallring kan två huvudmetoder urskiljas, nämligen gallring med stickvägsgående- eller med beståndsgående maskiner. Allt fler avverkningsmaskiner för småskaligt skogsbrukande har under den senaste tiden utvecklats, bland dessa utvecklare finns maskintillverkaren Vimek AB i Vindeln.

Syftet med denna studie var att kvantifiera skillnader i gallringsresultat i tio bestånd gallrade med beståndsgående maskin typ Vimek, ”*Vimekbestånd*”, och i tio bestånd gallrade med stickvägsgående konventionella maskiner, ”*Stormaskinbestånd*”. Jämförelsen avsåg gallringsuttag, stickvägsareal, skador på kvarvarande träd samt totalproduktion och avkastning under en omloppstid för tre olika gallringsregimer. Analysen grundades på en provyteinventering där 5 provytor med en radie av 8 m och en total area av 0,10053 ha inventerades per bestånd. Studien genomfördes kring Uppsala och Katrineholm under sommaren 2014.

”*Vimekbestånden*” hade i genomsnitt signifikant högre stamantal (ca 165 fler träd/ha), stamantal  $\geq 100$  mm i dbh (ca 140 fler träd/ha), grundyta (ca 5 m<sup>2</sup>/ha högre) och stamvolym (ca 54 m<sup>3</sup>sk/ha högre) samt lägre andel skadade träd (1,3 % jämfört med 3,7 %) efter gallring jämfört med ”*Stormaskinbestånden*”. Det var signifikant högre stamvolym (ingen signifikant skillnad beträffande stamantal och grundyta) i ”*Vimekbestånden*” än ”*Stormaskinbestånden*” även före gallring men den relativa skillnaden blev större efter gallringen (33 % jämfört med 41 %). Ingen signifikant skillnad mellan ”*Vimekbestånd*” och ”*Stormaskinbestånd*” uppvisades oavsett vilken variabel gallringsuttaget baserades på (grundyta, stamantal, volym) men det var tendens till högre uttag i ”*Stormaskinbestånden*”. Stickvägsarealen var signifikant lägre i ”*Vimekbestånden*” (17,9 %) jämfört med i ”*Stormaskinbestånden*” (23,0 %).

Den efterföljande framskrivningen av kvarvarande träds volymproduktion fram till en tänkt slutavverkning vid 65 års ålder visade på, för tre olika gallringsregimerna, högre avkastning (drygt 10 000 kr/ha skillnad i nuvärde) för ”*Vimekbestånden*” jämfört med ”*Stormaskinbestånden*”.

Slutsatserna som dras från denna studie är att resultatet rent kvalitetsmässigt efter en förstagallring med beståndsgående Vimekmaskiner ofta kan bli bättre jämfört med konventionella stickvägsgående maskiner. Dessutom skapar det högre stamantalet och den högre stamvolymen efter förstagallringen förutsättningar för ett högre nuvärde under en omloppstid i ett ”*Vimekbestånd*” jämfört med ett ”*Stormaskinbestånd*”.

*Nyckelord: Beståndsgående, framskrivningsmodell, gallringsskador, stickvägsareal, stickvägsgående*

## Summary

In thinning operations two different methods can be distinguished: the use of stand-operated thinning or strip road-operated thinning machines. Smaller stand-operated thinning machines are becoming more common in small-scale forestry; Vimek AB in Vindeln, Sweden is a company working with development of these machines.

The objective of this master thesis was to quantify differences in thinning results between ten stands thinned with stand-operated thinning machines of Vimek type, “*Vimek stands*”, and ten stands thinned with strip road-operated thinning machines, “*Conventional forest machine stands*”. The comparison was made concerning the thinning intensity, total share of strip roads, damages on remaining trees and ground as well as total production and land expectation values (LEV) during one rotation period based on three different thinning regimes. The thesis was based on a sample plot inventory where five sample plots with a radius of 8 m, and a total area of 0.10053 ha, was inventoried per stand. The study was conducted around Uppsala and Katrineholm in the summer of 2014.

The “*Vimek stands*” had significantly higher number of stems (about 165 more trees/ha), number of stems  $\geq 100$  mm in breast height over bark (about 145 more trees/ha), basal area (about 5 m<sup>2</sup>/ha higher), stem volume (about 54 m<sup>3</sup>sk/ha higher) and a lower proportion of damaged trees after thinning (1.3 % compared with 3.7 %) compared with the “*Conventional forest machine stands*”. There were significant higher stem volume (no significant difference between number of stems and basal area) in “*Vimek stands*” before thinning but the relative difference became larger after thinning (33 % compared to 41 %). No significant differences between the two treatments were shown regarding thinning intensity regardless what variable it was based on (basal area, number of stems, volume), but there were a trend towards higher thinning intensity in the “*Conventional forest machine stands*”. The total share of strip roads were significantly lower in “*Vimek stands*” (17.9 %) compared with the “*Conventional forest machine stands*” (23.0 %).

The subsequent projection of the remaining trees’ volume production until an imaginary harvesting at age 65 showed, for three different thinning regimes, a higher LEV (>10 000 SEK/ha in differences) for “*Vimek stands*” compared with “*Conventional forest machine stands*”.

The conclusion drawn from this study is that the results in terms of quality after a first thinning with stand-operated Vimek machines often are tend to be better compared to conventional strip road-operated machines. In addition, LEV could be higher in a “*Vimek stand*” compared to a “*Conventional forest machine stand*” trough the higher number of stems and stem volume after first thinning.

*Key words: Damages, projection model, share of strip roads, stand-operated thinning and strip road-operated thinning*

## Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	1
1.1	Effekter av gallring.....	1
1.2	Skador uppkomna i samband med gallring.....	2
1.3	Maskiner för gallring.....	3
2	Syfte.....	5
2.1	Hypotes.....	5
3	Metod och Material.....	6
3.1	Datainsamling.....	6
3.1.1	Objektsval.....	6
3.1.2	Parindelning av bestånd.....	7
3.1.3	Provyteutläggning och mätning av provträd, stickvägsareal samt skador.....	8
3.2	Beräkningar & statistiska analyser.....	11
3.3	Modellering av tillväxt och nuvärden.....	14
4	Resultat.....	16
4.1	Jämförelse mellan de två behandlingarna.....	16
4.2	Parvis jämförelse mellan behandlingarna.....	18
4.3	Markskador.....	22
4.4	Framskrivning av tillväxt och nuvärdesanalys.....	22
4.5	Hypotesprövning.....	23
5	Diskussion.....	25
5.1	Gallringsuttag.....	25
5.2	Stickvägsareal.....	26
5.3	Andel skadade träd.....	27
5.4	Markskador.....	27
5.5	Framskrivning av tillväxt och nuvärdesanalys.....	28
5.6	Metodval.....	28
5.7	Förslag till fortsatta studier.....	29
5.8	Slutsatser.....	29
	Referenser.....	31



# 1 Bakgrund

## 1.1 Effekter av gallring

Gallring är en skogsvårdsåtgärd som definieras som en beståndsvårdande utglesning där virke tas tillvara (Anon. 1994). Genom en gallring kan träd av god kvalitet och rätt trädslag gynnas, utifrån markägarens tänkta slutbestånd. Gallring är även ett verktyg i att skapa eller bevara en viss struktur eller miljö i ett bestånd. Med en gallring styrs produktionen över från en mängd träd till ett mindre antal stammar av god kvalitet. På detta sätt ökar chansen till framtida timmerträd och risken för självgallring kan undvikas (Zeide, 2001; Agestam, 2009).

Gagnvirke kallas det virke som uppnått en sådan grovlek att det kan säljas (Agestam 2009). En gallring innebär en ökning i gagnvirkesvolym medan totalproduktionen i slutbeståndet ofta minskar jämfört med ett ogallrat bestånd (Hasenauer m.fl., 1997; Zeide, 2001; Mäkinen & Isomäki, 2004a; Nilsson m.fl., 2010). Efter en gallring omfördelas de resurser som krävs för trädens tillväxt inom beståndet och medför vanligtvis ökad vitalitet och tillväxt hos de kvarvarande träden (Mäkinen & Isomäki 2004a). Exempelvis var volymtillväxten hos tall i gallrade bestånd 16 % högre jämfört med ogallrade bestånd i en studie genomförd i Norge (Gizachew & Brunner, 2011). Dock kan en enskild hård gallring eller upprepade hårda gallringar ge en signifikant lägre totalproduktion i tallbestånd jämfört med flera lättare gallringar. Tidpunkten för gallringen spelar också viss roll även om det är visat att tidpunkten för förstagallringen inte påverkar totalproduktionen för varken tall eller gran (Nilsson m.fl., 2010).

Efter en gallring kan en högre radiell tillväxttakt, ökning i medeldiametern, observeras i tallbestånd (Hynynen, 1995; Mäkinen & Isomäki, 2004a; Peltola m.fl., 2007). Enligt Nilsson m.fl. (2010) är brösthöjdsdiametern signifikant lägre i ogallrade bestånd jämfört med gallrade bestånd. Vilken medeldiameter träden uppvisar i ett gallrat bestånd beror på ett antal faktorer. Dels ökar diametertillväxten hos det enskilda trädet efter en gallring, dels ökar den aritmetiska medeldiametern i beståndet efter gallring då de klenaste träden tas ut (Nilsson m.fl., 2010).

Grundytetillväxten hos individuella träd ökar med ökat gallringsuttag. Den absoluta grundytetillväxten är högst i de högsta diameterklasserna, då de mindre träden inte kan reagera på den minskade konkurrensen efter gallring lika starkt som de större träden kan (Hynynen, 1995; Mäkinen & Isomäki, 2004b; Mehtätalo m.fl., 2014). Träd som påverkats av en stickväg ökade diametertillväxten med 11-15 % och grundytetillväxten med 13-17% jämfört med träd som antagits varit opåverkade av stickvägarna (Bucht, 1981). Även Eriksson m.fl. (1994) visar att de träd som påverkats av stickvägar haft en väsentligt högre grundyte- och volymtillväxt jämför med träd som inte påverkats av stickvägen i lika hög grad. Denna kanteffekt håller i sig ett antal år efter gallring, beroende på ståndortens bonitet, varvid effekten kulminerar (Bucht, 1981).

Stickvägsavståndet vid gallring bör teoretiskt sett inte vara längre än skördarkranens dubbla räckvidd för att möjliggöra att alla träd kan nås, detta förutsatt att inte slingerstråk mellan stickvägarna tillämpas (Agestam, 2009). En mellanstor skördare som används vid gallring med stickvägar har en räckvidd på omkring tio meter, vilket innebär att stickvägarna vanligtvis läggs med 20 meters intervall (Ovaskainen m.fl., 2006).

Stickvägsbredden varierar beroende på storleken på den maskin som används, då stickvägen måste vara tillräcklig bred för att både skördaren och skotaren ska kunna arbeta och ta sig fram längs den. Samtidigt som stickvägarna kan ge tillväxtnedsättningar, då marken kompakteras eller trädens rötter skadas, minskar även arealen där ett urval av träd kan göras vid gallringen (Agestam, 2009). Enligt Lageson (1997) är stickvägsbredden i snitt 4,3 m medan Fröding (1983) anger en stickvägsbredd mellan 4,8 och 5,0 meter vid användning av stickvägsgående maskiner.

Enligt Bucht (1981) blir stamantalet och stamvolymen per hektar efter gallring med stickvägsgående maskiner omkring 10 respektive 13 % lägre jämfört med gallring med beståndsgående maskiner. Bucht (1981) anger även att gallringsuttaget kan bli uppemot 18 % högre då stickvägar används, då det tvingande uttaget blir högre. Gallringsuttaget, baserat på grundytan är vanligtvis kring 20-40 % (Agestam, 2009).

Dahlin (2008) visade i sitt examensarbete på skillnader mellan stickvägsgående maskiner och beståndsgående maskiner i förstagallring. I studien var gallringsuttaget något lägre för stickvägsgående maskiner än för beståndsgående. Stickvägsarealen var däremot lägre och andelen skadade kvarvarande träd var högre för de beståndsgående maskinerna jämfört med stickvägsgående. Vissa rekommendationerna anger att stickvägsarealen inte bör överstiga 20 % (Bäcke, 1998).

## ***1.2 Skador uppkomna i samband med gallring***

Många skogsägare anser att det viktigaste då en gallring ska genomföras är att arbetet blir väl utfört. Rädslan att skada det kvarvarande beståndet vid en gallring kan avskräcka skogsägaren från att gallra (Sirén, 2001). Skador på de kvarvarande träden i ett gallrat bestånd ska enligt Skogsvårdslagens 11§ samt Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd 3:2 (Anon., 2014a) så långt det är möjligt undvikas. I det kvarvarande beståndet bör stammarna dessutom i huvudsak vara jämt fördelade över arealen.

En gallring medför en risk för såväl mekaniska skador på kvarvarande träd (Sirén, 2001; Agestam, 2009) som ökad risk för efterföljande snö- och vindskador (Persson, 1975; Valinger & Fridman, 2011; Wallentin & Nilsson, 2014). Skador på träd som uppkommit vid gallring kan delas in i olika klasser beroende på hur de uppkommit och dess utseende (Fröding, 1983). Var skadan är belägen är även det av betydelse. Skadan kan finnas på trädens rötter efter överfart med maskin eller på trädstammen efter såväl påfällning som påkörning. En stor del av skadorna (75-90 %) efter en gallring kunde enligt Fröding (1983) lokaliseras till rötterna och stammen

under 2 meters höjd. Såväl Sirén (2001) som Modig m.fl. (2012) anger att majoriteten av kontakter och skador på de kvarvarande träden uppkommer vid fällningsarbetet. I medeltal skadas totalt 3,4 % av träden vid gallring, av dessa skador var ungefär 9 av 10 stamskador (Sirén, 2001). Bäcke (1998) anger skadefrekvensen 3,4 % för stickvägsgående maskiner men endast 1,7 % för beståndsgående gallringsmaskiner. Frödring (1983) och Andersson (2011) menar att merparten av de träd som skadats vid en gallring fanns belägna längs med stickvägarna. Även Bobik (2008) drar slutsatsen att fler skadade träd kan hittas längs med stickvägarna än inne i beståndet. En majoritet av de skadade träden efter gallring funna av Bobik (2008) kunde återfinnas inom 5 meters avstånd från en stickväg. En förklaring till detta resultat kan ligga i att allt skotningsarbetet och kranarbetet sker längs stickvägen.

Tidpunkten för den första gallringen har stor inverkan på det ekonomiska utfallet för gallringen (Agestam, 2009). Även om en sen förstagallring kan innebära att träden har en större volym, vilket kan bidra till en bättre ekonomi i gallringen, ökar risken för stormskador (Persson, 1975). Främst är det nygallrade bestånd som löper störst risk. Den ökade känsligheten beror främst på ökad vindexponering. Risken avtar efter några år då träden stabiliserats. Anpassningen till de nya vindförhållandena sker i högre takt i yngre bestånd som har en högre tillväxtpotential jämfört med äldre bestånd, vilket innebär att tidigt gallrade bestånd löper betydligt lägre risk för vindskador jämfört med sent gallrade bestånd. I och med skapandet av stickvägar skapas kala ytor i beståndet vilket ökar risken för stormskador (Persson, 1975; Blomgren, 2006; Agestam, 2009). Med ett ökat stickvägsavstånd i gallring tenderar vindskadorna att minska (Blomgren, 2006). Samtidigt visar Blomgren (2006) att andelen vindskador inte påverkas nämnvärt av stickvägsbredden. Med en ökande grundyta tenderar vindskaderisken att minska.

### ***1.3 Maskiner för gallring***

Idag utförs nästan 100 % av avverkningarna i Sverige och Finland med Cut-To-Length system (CTL) där de avverkade stammarna tillreds till stockar i skogen innan de skotas ut till bilväg. Detta har länge varit det mest rationella sättet att hantera och transportera virket (Gellerstedt & Dahlin, 1999). Med den moderna CTL-metoden används två maskiner: en skördare och en skotare (Nurminen m.fl., 2006). Enligt Sirén & Aaltio (2003) utförs de flesta gallringarna i Finland med mellanstora skördare med en vikt på 13-15 ton samt skotare på 11-13 ton, vilket även motsvarar de maskiner som används i Sverige.

Inom skogsbruket varierar skogsmaskinernas storlek utifrån användningsområde. De maskiner som används i gallring är något mindre än de som används i slutavverkning (Åström, 2011). Vid gallring kan två huvudmetoder utskiljas som tidigare nämnts; gallring med stickvägsgående samt beståndsgående maskiner (Øyen, 1999; Dahlin, 2008).

Vid konventionell gallring då stickvägar tillämpas, används vanligtvis mellanstora maskiner som väger 11-15 ton med en bredd om cirka 3 meter (Sirén & Aaltio, 2003) som går längs upphuggna stickvägar. Detta medför att en stor del av de uttagna träden i gallringen blir ett tvingande uttag då de måste tas ut för att maskinen ska få plats i stickvägen (Agestam, 2009). Dessa mellanstora maskiner har vanligtvis en kran med tio meters räckvidd (Ovaskainen m.fl., 2006).

Fördelarna med beståndsgående skördare ansågs på 1990-talet vara störst i klena gallringar med en medelstam under 0,10 m<sup>3</sup> (Thelin, 1990). Vid dessa lägre medelstammar ansågs beståndsgående skördare vara ekonomiskt konkurrenskraftiga i jämförelse med stickvägsgående skördare. Maskinerna slingrar sig då fram mellan träden (Øyen, 1999) och utnyttjar naturliga luckor i beståndet. Då stamantalet efter gallring understiger 2000 stammar/ha är förutsättningarna för ett bra gallringsresultat minst lika bra med beståndsgående skördare som för stickvägsgående. Således kräver dessa mindre maskiner inte stickvägar i samma utsträckning som större maskiner gör och urvalet av träd som kan gallras ut blir därmed större (Dahlin, 2008).

Utveckling av kostnadseffektiva avverkningsmaskiner för småskaligt skogsbruk har dock skett på flera håll i sen tid. Detta har resulterat i lätta maskiner med relativt låga investeringskostnader (DeLasaux m.fl., 2010) med samma mekaniserade arbetssätt som konventionella större skogsmaskiner (Spinelli & Magagnotti, 2010). En maskintillverkare som tillverkar små beståndsgående maskiner är Vimek AB i Vindeln, Sverige. Vimek erbjuder en komplett gallringsgrupp i skördaren Vimek 404 och skotaren Vimek 610. Skördaren har en bredd på 1,80 m, en räckvidd på 4,6 m samt en vikt på 4,4 ton. Skotaren har en bredd på 1,97 m, en vikt på 4,7 ton och en lastkapacitet på 5 ton (Nilsson, 2014 pers.kom.).

Små beståndsgående gallringsskördare har en lägre driftskostnad per timme jämfört med mellanstora och stora skördare, vilket främst beror av den lägre investeringskostnaden (Thelin, 1990; Kärhä m.fl., 2004) men även den lägre bränsleförbrukningen (Nilsson, 2014 pers.kom.). För att kostnaden per avverkad m<sup>3</sup> ska vara konkurrenskraftig får dock produktiviteten inte vara alltför låg för den mindre beståndsgående skördaren jämfört med en mellanstor stickvägsgående skördare (Kärhä m.fl., 2004).

Eftersom modern teknik bör medföra högre prestanda även för mindre maskiner, samtidigt som litenheten fortsatt medför fördelar som skonsamhet och möjligheter till beståndsgående arbetssätt, har Vimek bedömt det som angeläget att kvantifiera gallringsresultaten för sina moderna beståndsgående maskiner jämfört med stora konventionella stickvägsgående maskiner.

## 2 Syfte

Syftet med examensarbetet var att kvantifiera skillnader i resultat i bestånd där gallring utförts med beståndsgående maskiner av Vimekmodell ("Vimekbestånd") jämfört med bestånd där stickvägsgående maskiner använts ("Stormaskinbestånd"). Arbetet fokuserades på jämförelser beträffande stickvägsareal, gallringsuttag (antal träd, grundyta, stamvolym), skador på kvarvarande träd och markskador orsakade av gallringsarbetet samt framtida tillväxt för kvarvarande träd vid olika gallringsregimer. Avkastningspotentialen jämfördes för de två maskinsystemen med utgångspunkt i resultat efter förstagallringen.

### 2.1 Hypotes

Följande hypoteser formulerades:

#### Hypotes 1

I de fall stickvägar används vid gallring minskar det selektiva urvalet av stammar jämfört om skördaren slingrar sig fram i beståndet. Därför bör det finnas ett högre stamantal kvar efter en gallring i ett "Vimekbestånd" jämfört med ett "Stormaskinbestånd".

#### Hypotes 2

Då beståndsgående gallring tillämpas undviks det tvingande uttaget i stickvägarna till viss del. Därför bör det vid en gallring i ett "Vimekbestånd" bli ett lägre gallringsuttag jämfört med gallring i ett "Stormaskinbestånd".

#### Hypotes 3

Då beståndsgående maskiner är mindre än stickvägsgående maskinerna bör andelen skadade träd vara lägre efter en gallring i ett "Vimekbestånd" jämfört med efter en gallring i ett "Stormaskinbestånd".

#### Hypotes 4

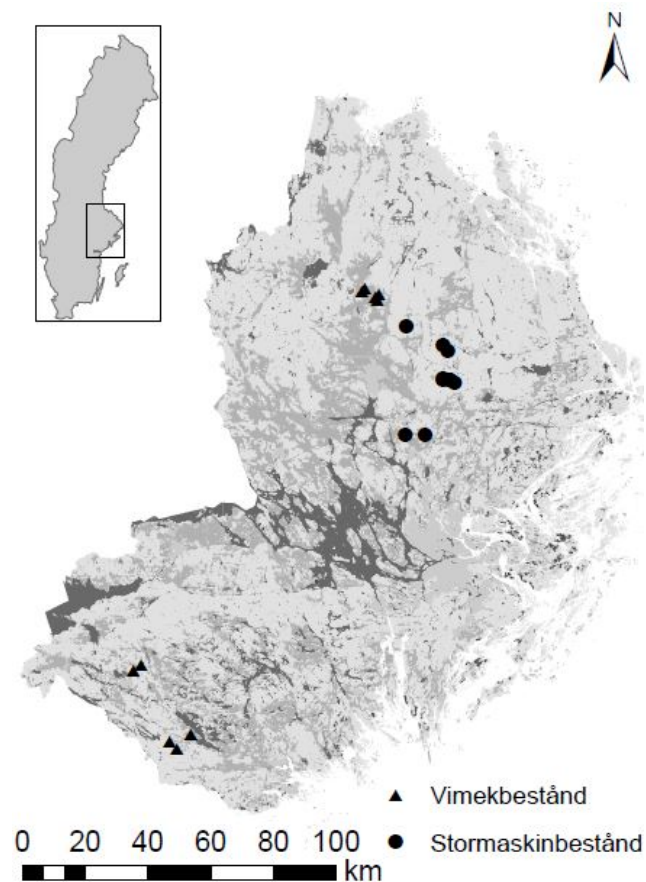
Då marktrycket från stickvägsgående maskinerna är högre jämfört med beståndsgående maskiner bör en högre andel markskador återfinnas i ett "Stormaskinbestånd" efter gallring jämfört med ett gallrat "Vimekbestånd".

### 3 Metod och Material

#### 3.1 Datainsamling

##### 3.1.1 Objektval

Val av inventeringsobjekt som gallrats med de beståndsgående maskinerna genomfördes i samarbete med två entreprenörer som använder sig av Vimeks gallringsmaskiner. Dessa entreprenörer rekommenderades av Vimek AB. Inventeringsobjekt som gallrats med mellanstora stickvägsgående maskiner valdes ut i samarbete med Holmen Skogs distrikt Uppland. För att en parvis jämförelse mellan de två behandlingarna skulle vara möjlig valdes inventeringsobjekt ut för att minimera den geografiska spridningen (Figur 1). Utifrån en kravspecifikation valde entreprenörerna och distriktet själva ut bestånd för den efterföljande datainsamlingen. Materialet som erhöles bestod av kartor som beskrev var bestånden fanns belägna samt traktdirektiv i de fall sådana fanns upprättade. Målsättningen var att samla in data från tio ”Vimekbestånd” och tio ”Stormaskinbestånd”, vilket skulle resultera i totalt 20 inventeringsbestånd med totalt 100 provtytor.



Figur 1. Beståndens geografiska lägen och förhållanden till varandra för de båda behandlingarna.  
*Figure 1. The stands location and relationship to each other for the two different treatments.*

För att ett bestånd skulle vara aktuellt för datainsamling efterfrågades ett talldominerat bestånd (>70 % tall) med en medelstam före gallring som understeg 0,10 m<sup>3</sup>fub samt en storlek över två hektar. Gränsen för medelstammen på 0,10 m<sup>3</sup>fub valdes utifrån Bredbergs (1972) beskrivning av ett typbestånd vid förstagallring. Samtliga beskrivna bestånd understiger denna gräns.

Gallringarna av ”*Vimekbestånden*” utfördes av två olika entreprenörer. Båda entreprenörerna hade ca 5-10 års erfarenhet av gallring och arbetssättet med Vimeks gallringsmaskiner. De entreprenörer som hade gallrat ”*Stormaskinbestånd*” hade en ca 5-10 års erfarenhet av gallring för Holmen Skog. De gallringsinstruktioner som användes för ”*Stormaskinbestånden*” var därför enligt Holmen Skogs *Riktlinjer för Hållbart skogsbruk* (Normark, 2011).

### **3.1.2 Parindelning av bestånd**

Bestånd som hade gallrats med de två olika behandlingarna jämfördes parvis. Ett ”*Vimekbestånd*” parades ihop med ett liknande ”*Stormaskinbestånd*”, vilket resulterade i totalt tio par (Tabell 1). Samtliga inventerade bestånd var förstagallringar förutom de båda bestånden i par 4 vilka var andragallringar. Med liknande menas att bestånden haft liknande beståndsegenskaper, dominerande trädslag och medelstam. Bestånden parades efter inventering ihop efter dessa attribut för att inom paret efterlikna varandra så väl som möjligt. Skillnaderna mellan maskinsystemen i gallringsresultat jämfördes del parvis men även totalt för alla bestånd sammanslagna.

Tabell 1. Beståndsdata för alla beståndspar, samtliga värden anges efter gallring  
*Table 1. Stand data for each stand pair, all values are given after thinning*

Par	Bestånd	Ålder (år)	Övre höjd (m)	Ståndortsindex	Vegetationstyp
1	V1	35	15,8	T30	Blåbär
1	S1	35	14,5	T28	Blåbär
2	V2	30	18,9	T34	Blåbär/bredbladigt gräs
2	S2	30	14	T30	Blåbär
3	V3	35	15,9	T32	Blåbär/smalbladigt gräs
3	S3	35	13,9	T28	Blåbär
4	V4	60	24,8	T32	Blåbär
4	S4	45	19,3	T30	Blåbär
4	V4	60	24,8	T32	Blåbär
4	S4	45	19,3	T30	Blåbär
5	V5	35	18,8	T34	Blåbär
5	S5	40	17,9	T30	Blåbär
6	V6	35	15,5	T30	Blåbär
6	S6	30	13,6	T30	Lingon
7	V7	40	17,3	T30	Smalbladigt gräs
7	S7	40	18,3	T30	Smalbladigt gräs
8	V8	30	14,9	T32	Smalbladigt gräs
8	S8	30	15	T32	Bredbladigt gräs
9	V9	30	15,1	T32	Smalbladigt gräs
9	S9	30	14,1	T30	Bredbladigt gräs
10	V10	30	13,4	T30	Blåbär
10	S10	30	13,9	T30	Lingon

### 3.1.3 Provyteutläggning och mätning av provträd, stickvägsareal samt skador

Datansamlingen i fält genomfördes med hjälp av en provyteinventering. Provytorna hade en radie på 8 meter vilket motsvarade en area på 201 m<sup>2</sup> (0,02 ha). Fem provytor fördelades över arealen för att fånga upp eventuella variationer. Provytorna lades ut oberoende av stickvägarna i beståndet vilket innebar att delar av en stickväg kunde komma med inom provytan.

Inom varje provyta genomfördes mätningar av träd och stubbar. Ett träd eller en stubbe ansågs ligga inom provytan om centrum av trädet/stubben låg närmare än 8 meter från provytecentrum. Detta avstånd uppmättes med hjälp av Haglöfs<sup>®</sup> Vertex IV och transponder T3. Med denna utrustning utfördes även höjdmätning. Kvarvarande träd efter gallringen klavades i brösthöjd (1,3 m över mark) med dataklave (Haglöfs<sup>®</sup>) och koder för trädslag angavs enligt Karlsson (2003). Trädslag för stubbar bestämdes och samtliga stubbar korsklavades i stubbskåret, detta då

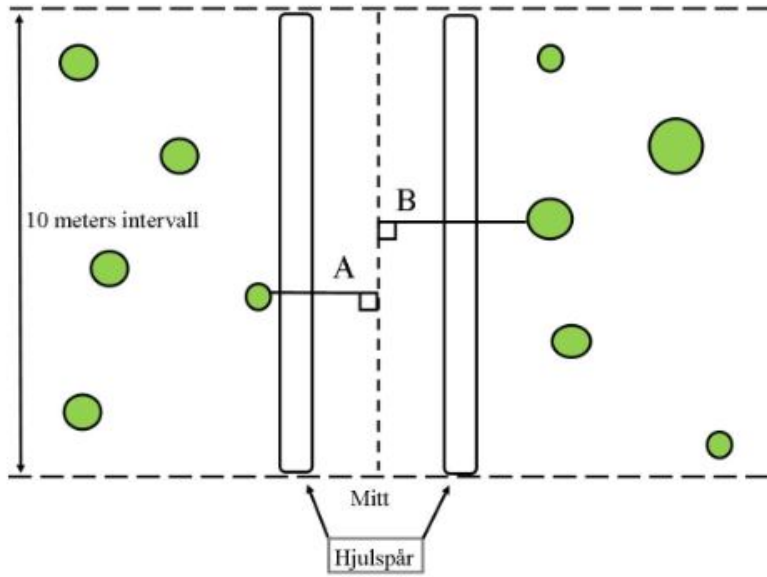


stubbarna ofta hade en oregelbunden diameter. Det första måttet klavades på den största diametern och det andra måttet klavades vinkelrätt mot det första, vilka avrundades till närmsta millimeter (Karlsson, 2003), således kunde stubbens medeldiameter erhållas. Även stubbens höjd mättes. Diameter i stubbhöjd klavades för fem stycken kvarvarande träd per provyta. Förhållandet mellan brösthöjds- och stubbhöjdsdiametern hos de kvarvarande träden utnyttjades senare vid beräkning av de utgallrade trädens brösthöjdsdiameter. Stubbdiametern hos de utgallrade träden inom ett visst bestånd multiplicerades då med medelvärdet av kvoterna mellan brösthöjds- och stubbhöjdsdiametern hos de kvarvarande träden (Fröding, 1992) för respektive provyta. Med ledning av dessa uppgifter kunde ett gallringsuttag räknas fram som de uttagna trädens grundyta i brösthöjd dividerat med den totala grundytan i brösthöjd före gallring.

För att kunna beskriva beståndet valdes de två träd med störst brösthöjdsdiameter (dbh) inom varje provyta ut som övre höjds-träd (ÖH träd). För dessa träd klavades brösthöjdsdiametern, trädhöjden mättes och trädslag noterades. Med trädhöjd avsågs det lodräta avståndet från mark till trädkronans översta del, denna angavs i decimeter (Karlsson, 2003). Inom provytan bestämdes åldern på minst ett träd med hjälp av tillväxtborr. Med ledning av dessa uppgifter kunde en bonitet för varje bestånd tas fram. Boniteten erhöles genom Hägglund & Lundmarks metodik (1987).

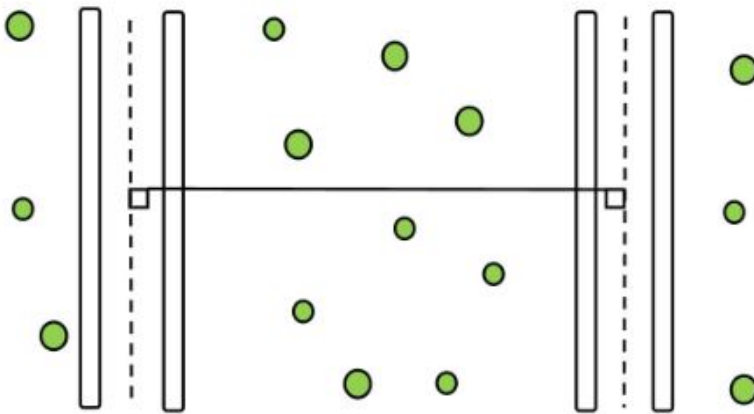
Inom varje bestånd valdes provträd ut, för vilka brösthöjdsdiametern samt trädhöjden uppmättes. Mätningarna genomfördes på ett representativ urval av träd i de diameterklasser om en centimeter för de trädslag som fanns representerade. Detta innebar mätningar av 15 tallar, 10 granar samt 10 björkar vid förekomst av samtliga trädslag. Trädhöjder för resterande träd inom provytorna skattades utifrån Näslunds (1936) höjdkurvor vilka konstruerades och anpassades till varje bestånd baserat på de uppmätta värdena från provträden. Med ledning av de skattade höjderna beräknades volymer för enskilda träd enligt Brandels (1990) mindre volymfunktion på bark för träd med brösthöjdsdiameter  $\geq 45$  mm. För träd med brösthöjdsdiameter  $< 45$  mm nyttjades volymfunktioner på bark, södra Sverige, för mindre träd enligt Andersson (1954).

Mätning av stickvägsbredd genomfördes på den stickväg som fanns närmast cirkelprovytan. Inom en tiometerssträcka längs med stickvägen mättes det vinkelräta avståndet från centrum av stickvägen till det närmaste hindret (träd, sten eller annat) ut från stickvägen. Detta upprepades därefter på motsatt sida stickvägen. Dessa två uppmätta sträckor adderades sedan vilket resulterade i stickvägsbredden vilken angavs i decimeter (Figur 2). Denna metod liknades vid *Skogsarbetens metod*, framtagen av Jan Sondell (Diggle & Knutell, 1979; Bucht, 1981), men även den metod som beskrevs av Björheden & Fröding (1986). Körskador efter maskiner i marken, noterades även vid förekomst längst denna sträcka. Spårlängden vid körskada noterades i meter, detta avstånd kunde således maximalt uppgå till 10 meter.



Figur 2. Schematisk skiss över stickvägsbredden. Sträcka A + B summeras till stickvägsbredden.  
 Figure 2. Schematic outline of the strip road width. Distance A + B adds up to the strip road width.

Med stickvägsavstånd avsågs avståndet mellan två stickvägar i en utförd gallring (Fröding, 1992). Stickvägsavståndet uppmättes genom att vinkelrätt gå in i beståndet från en stickväg till en annan (Figur 3). Detta avstånd angavs i decimeter.



Figur 3. Schematisk skiss över stickvägsavstånd.  
 Figure 3. Schematic outline of the strip road distance.

För insamling av träddata på cirkelprovytorna användes Haglöf<sup>®</sup> dataklave. Ett separat protokoll fördes över varje provyta där stickvägsbredd och stickvägsavstånd noterades. Även antal stubbar, dess höjd och diameter samt antalet skadade träd och skadetyper noterades på separat protokoll.

Ett träd registrerades som skadat så snart veden var blottlagd till en yta av 15 cm<sup>2</sup> (Carne & Nordberg, 1987) (Figur 4), vilket bedömdes okulärt. Träd registrerades även som skadade vid abiotiska skador som inträffat efter gallringstillfället så som stam- och toppbrott samt vindfällda, liggande träd. Skador registrerades med skadekoder enligt Karlsson (2003).



Figur 4. Exempel på stamskada/skavskada. Foto: Liza Edlund.  
*Figure 4. Example of stem/chafing damage. Photo: Liza Edlund.*

### **3.2 Beräkningar & statistiska analyser**

Provytedata från respektive bestånd omvandlades till hektarnivå och därefter genomfördes slutliga medelvärdes- och frekvensberäkningar, såsom stamantal ha<sup>-1</sup>, medeldiameter, grundyta ha<sup>-1</sup>, skattning av medelhöjd, stamvolym ha<sup>-1</sup>, gallringuttag i procent samt stamantal ha<sup>-1</sup> före och efter gallring. Gallringsuttaget beräknades som kvoten mellan de utgallrade trädens grundyta i brösthöjd, uttagna stamantalet eller uttagna volymen och motsvarande värde före gallring, denna angavs i procent (Anon., 1994). Sammanställning av inventeringsdata och beräkningar genomfördes i Excel 2007 (Microsoft, 2007) samt Minitab 16 (Minitab 16 Statistical Software, 2010).

För volymsberäkningar av tall, gran och björk med brösthöjdsdiameter  $\geq 45$  mm nyttjades Brandel's (1990) mindre volymfunktion på bark: funktionsgrupp 100, funktionsnummer 01, södra Sverige, enligt ekvation (01).

$$(01) \quad V = 10^a \cdot D^b \cdot (D + 20,0)^c \cdot H^d \cdot (H - 1,3)^e$$

Där  $V$  var volymen i  $m^3$ ,  $D$  var brösthöjdsdiameter i meter på bark och  $H$  var höjden i meter.  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  och  $e$  var funktionens koefficienter vilka varierar med trädslag (Tabell 2).

Tabell 2. Koefficienter för Brandels (1990) mindre volymfunktion för tall, gran och björk, enligt funktionsgrupp 100, funktion nummer 01, Södra Sverige

*Table 2. Coefficients for Brandel's (1990) smaller volume function for pine, spruce and birch according to functional group 100, function number 01, Southern Sweden*

Funktion	Trädslag	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$
Brandel	Tall	-1,38903	1,84493	0,06563	2,02122	-1,01095
	Gran	-1,02039	2,00128	-0,47473	2,87138	-1,61803
	Björk	-0,89359	2,27954	-1,18672	7,07362	-5,45175

För träd med brösthöjdsdiameter < 45 mm nyttjades Anderssons (1954) volymfunktioner på bark för mindre träd, Södra Sverige, enligt funktion (02):

$$(02) \quad V = A + B \times d^2 + C \times d^2 h + D \times dh^2$$

Där  $V$  var stamvolym i  $dm^3$ ,  $d$  var brösthöjdsdiameter i centimeter och  $h$  var trädhöjd i meter.  $A$ ,  $B$ ,  $C$  och  $D$  var funktionens koefficienter och varierar mellan trädslag (Tabell 3)

Tabell 3. Koefficienter för Anderssons (1954) volymfunktion på bark för mindre träd för tall, gran och björk, Södra Sverige

*Table 3. Coefficients for Andersson's (1954) volume function for pine, spruce and birch, Southern Sweden*

Funktion	Trädslag	$A$	$B$	$C$	$D$
Andersson	Tall	0,22	0,1066	0,02085	0,008427
	Gran	0,22	0,1086	0,01712	0,008905
	Björk	0,11	0,1302	0,01063	0,007981

För skattning av trädhöjd i bestånden användes Näslund's (1936) funktioner, enligt funktion (03).

$$(03) \quad H - 1.3 = \frac{x^k}{(a + bx)^k}$$

Där  $H$  var trädhöjden i meter och  $x$  var diametern i brösthöjd för provytans alla stammar i centimeter. Konstant  $k$  erhöill värdet 2 för tall (Näslund, 1936) och björk (Fries, 1964) samt 3 för gran (Pettersson 1955). Variablerna  $a$  och  $b$  skattades genom linjär regression med diameter ( $d$ ) som förklarande variabel enligt funktion (04).

$$(04) \quad Z = a + b * d$$

Variabeln  $Z$  erhöjls för tall och björk genom funktion (05) och för gran genom funktion (06) med ledning av diameter samt höjder från provträd från respektive bestånd.

$$(05) \quad Z = \frac{d}{\sqrt{h-1,3}}$$

$$(06) \quad Z = \frac{d}{3\sqrt{h-1,3}}$$

Där  $d$  var brösthöjdsdiametern i centimeter och  $h$  var trädets höjd över marken i meter.

För volymberäkning av klibbal användes Erikssons (1973) volymfunktion enligt funktion (07).

$$(07) \quad V = 0,1926 d^2 + 0,01631 d^2 h + 0,003755 d h^2 - 0,02756 d h + 0,000499 d^2 h^2$$

Där  $d$  var brösthöjdsdiametern i meter och  $h$  var trädets höjd över marken i meter.

För volymberäkning av ek användes Hagberg & Matérn (1975) volymfunktion enligt funktion (08).

$$(08) \quad V = 003522 d^2 h + 008772 d h - 004905 d^2$$

Där  $d$  var brösthöjdsdiametern i centimeter och  $h$  var trädets höjd över marken i meter. Då trädhöjden understeg tio meter adderas en korrektionsterm till volymen enligt funktion (09).

$$(09) \quad \left(1 - \frac{h}{10}\right)^2 (0,01682 d^2 h + 0,01108 d h - 0,02167 d h^2 + 0,04905 d^2)$$

För sälj och rönn användes volymfunktioner för ek enligt Karlsson m.fl. (2012).

Då inte tillräckligt många träd per trädslag fanns eller helt saknads för mätning av provträd inom beståndet och således inte höjdkoefficienter för samtliga trädslag fanns att tillgå vid skattning av höjd för stående träd men även utgallrade träd inom beståndet, användes koefficienter från bestånd S5. För skattning av höjd för klibbal, ek, rönn och sälj användes höjdfunktion och koefficienter för björk från bestånd S5. För skadeandel beräknades andelen skadade träd av totalt antal träd inom provytan.

Statistisk signifikans av skillnaderna mellan ”Vimekbestånd” och ”Stormaskinbestånd” analyserades med hjälp av ett F-test för att fastslå huruvida variansen för stickproven kunde antas lika eller inte, följt av ett tvåsidigt t-test för samtliga variabler som studerades. Signifikansnivån sattes vid 5 % ( $p = 0,05$ ).

### 3.3 Modellering av tillväxt och nuvärden

Vid modellering inom skogsbruket baseras modellerna på det faktum att skog växer och att den vid vissa tidpunkter kan avverkas. Avverkning kan göras i olika former, fram för allt gallring och slutavverkning, vilka resulterar i en viss kvantitet virke. Av detta virke erhålls ett visst utbyte i form av timmer och massaved. Värdet av timmermängden och massavedsmängden kan därefter bestämmas utifrån prislistor vilka beror på träslag, dimension och kvalitet (Anon., 1988).

En modell med möjlighet att skriva fram bestånden tidsmässigt skapades. Modellen utgick från typbeståndets utseende (medelvärde från alla bestånd inom respektive behandling) efter den första gallringen för de båda behandlingarna. Därefter gjordes framskrivning till 65 års ålder vilket var den lägsta slutavverkningsålder enligt Skogsvårdslagen (Skogsstyreslen, 2014b) i södra Sverige för tall på bonitet T24. Modellen byggdes upp av ett antal funktioner som tillsammans simulerade beståndets utveckling. De variabler som krävdes var ålder (här 35 år), stamantal efter förstagallring, medeldiameter i brösthöjd, medelhöjd samt gallringsuttag vid förstagallringen. Dessutom angavs vilken ränta som modellen önskades räkna med (här 2 %). Modellen förutsatte att den första gallringen genomfördes året innan inventeringstillfället. Genom de initiala uppgifterna om diameter och höjd kunde en volym för varje enskilt träd beräknas med Brandels (1990) mindre volymfunktion för enskilda träd, i detta fall tall i södra Sverige. Då stamantalet i beståndet var känt från inventeringstillfället kunde en volym/ha i beståndet härledas. Modellen antog att beståndet bestod av endast tall för att underlätta modelleringen.

Med dessa uppgifter till grund ”växte” beståndet för varje år med hjälp av Jonssons (1962) diametertillväxtfunktion för tall, funktionsalternativ I samt höjdtillväxtfunktion, funktionsalternativ II exkl. genomsnittlig årlig diametertillväxt ( $P_d$ ). Funktionerna kunde skrivas på följande allmänna form (Ekvation 10).

$$(10) \quad y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

För beräkning av höjdtillväxten nyttjades Jonssons (1962) höjdtillväxtfunktion för tall, funktionsalternativ II exkl.  $P_d$ , vilken möjliggjorde en beräkning av den sannolika höjdtillväxten med stöd av ett antal faktorer (Ekvation 11).

$$(11) \quad y = -60,468 + 0,780 \times \frac{1000}{t} + 0,649 \times (1000P_s + 40) + 0,228 \times \frac{2000d}{h^2} + 0,280 \times \frac{200h_{3\sigma}}{h\sqrt{10G}} + 0,027 \times gr\% - 0,003 \times löv\% + 0,181 \times \frac{100h}{h_{3\sigma}} + 0,530 \times \frac{4}{h} T_a \times L_{veg} + I$$

Där  $t$  var totalåldern i år,  $P_s$  var igångsättningsvariabel,  $h$  var höjd vid periodens början i decimeter,  $h_{3\sigma}$  var övre höjd vid periodens början i decimeter,  $G$  var cirkelytans grundyta vid

periodens början under bark i m<sup>2</sup>/ha, *gr%* var granens del av grundytan på provytan i procent, *löv%* var lövets del av grundytan på cirkelytan i procent, *T<sub>a</sub>* var provytans temperaturanomali och där *L<sub>veg</sub>* var provytans antal dygn med normal medeltemperatur ≥ + 6°C sam *I* som var provytans skogstypsindex.

För beräkning av diametertillväxten nyttjades Jonssons (1962) diametertillväxtfunktion för tall, funktionsalternativ I (Ekvation 12)

$$(12) \quad y = 18,810 + 0,341 \times \frac{1\,000}{t_{1,3}} + 0,978 \times \frac{2\,000}{d} - 0,531 \times \frac{2\,000\,h}{d^2} + 0,147 \times \frac{100\,h}{h_{3\sigma}} + 0,057 \times \frac{h_{3\sigma}}{\sqrt{G}} + 0,014 \times gr\% + 0,038 \times löv\%$$

Där *t<sub>1,3</sub>* var antalet årsringar i brösthöjd, *d* var diameter i brösthöjd under bark, *h* var höjd vid periodens början i decimeter, *h<sub>3σ</sub>* var övre höjd vid periodens början i decimeter, *G* var cirkelytans grundyta vid periodens början under bark i m<sup>2</sup>/ha, *gr%* var granens del av grundytan på provytan i procent samt *löv%* var lövets del av grundytan på cirkelytan i procent.

Då en åtgärd genomfördes tillkom en drivningskostnad. Denna varierade beroende på om en gallring eller slutavverkning genomförts samt på beståndets medeldiameter.

Drivningskostnaderna som användes i modellen var i enlighet med *Skogsbrukets kostnader 2013* (Anon., 2013) för mellersta Sverige. I denna modell antogs ett skotningsavstånd på 200 meter.

Då en åtgärd utfördes föll en viss volym ut. I modellen antogs en toppdiameter för massaved på 5 cm och för timmer 15 cm. Virkespriserna som användes i modellen var enligt Skogsstatistisk årsbok 2014 (Anon., 2014b). Efter diskontering kunde ett nuvärde således erhållas.

Modellen visade beståndets volymutveckling samt nuvärde utifrån stamantal efter förstagallring. Olika gallringsregimer användes (Tabell 4), vilka utformades med stöd i gallringsmallar (Anon., 1984), för att kunna påvisa betydelsen av en andra gallring för slutbeståndet. Vid modelleringen användes Excel 2007 (Microsoft, 2007).

Tabell 4. Gallringsregimer som användes vid framskrivning av bestånden

*Table 4. Different thinning regimes used for projection of the stands*

Benämning	Innebörd
Alternativ 1	Inga fler gallringar, därefter slutavverkning 65 års ålder.
Alternativ 2	Andragallring vid 40 år med 25 % gallringsuttag, därefter slutavverkning vid 65 års ålder.
Alternativ 3	Andragallring vid 45 år med 40 % gallringsuttag, därefter slutavverkning vid 65 års ålder.

## 4 Resultat

### 4.1 Jämförelse mellan de två behandlingarna

Den skattade aritmetiska medeldiametern för samtliga ”Vimekbestånd” före gallring uppgick till 15,0 cm och för ”Stormaskinbestånden” 14,8 cm. Den skattade aritmetiska medeldiametern före gallring skiljde sig inte signifikant mellan ”Vimekbestånd” och ”Stormaskinbestånd” ( $p = 0,918$ ). Den aritmetiska medeldiametern för samtliga ”Vimekbestånd” uppgick efter gallring till 16,3 cm och för samtliga ”Stormaskinbestånd” till 15,9 cm. Medeldiametern i bestånden efter gallring skiljde sig inte heller signifikant mellan ”Vimekbestånd” och ”Stormaskinbestånd” ( $p = 0,789$ ) (Tabell 5).

Tabell 5. Medelvärden för variabler för de båda behandlingarna, före och efter gallring. I de fall en signifikant skillnad uppvisades mellan behandlingarna visas detta med en asterisk (\*)

Table 5. Mean values for variables for the both treatments, before and after thinning. Significant differences between the two treatments are indicated with an asterisk (\*)

Variabel		"Vimekbestånd"	"Stormaskinbestånd"
Medeldiameter (cm)	Före	15	14,8
	Efter	16,3	15,9
Stamantal totalt (st/ha)	Före	1806	1613
	Efter	1155*	990*
Stamantal $\geq 100$ mm i dbh (st/ha)	Före	1629	1499
	Efter	1051*	905*
Grundyta ( $m^2/ha$ )	Före	34,4	29,5
	Efter	25,7*	20,6*
Volym ( $m^3sk/ha$ )	Före	268,9*	201,6*
	Efter	201,0*	142,8*
Gallringsuttag (%)	Grundyta	25,2	29,5
	Stamantal	35,4	37,5
	Volym	24,6	28,7
Andel skadade träd (%)		1,3*	3,7*



Stamantalet före gallring för samtliga ”Vimekbestånd” uppgick i medeltal till 1 806 stammar/ha, motsvarande siffra för ”Stormaskinbestånd” var 1 613 stammar/ha. Ingen signifikant skillnad i stamantal/ha kunde därmed urskiljas mellan ”Vimekbestånden” och ”Stormaskinbestånden” ( $p = 0,161$ ) före gallring (Tabell 5). Dock kunde en signifikant skillnad i stamantal/ha efter gallring urskiljas, där ”Vimekbestånden” visade signifikant högre stamantal/ha ( $p = 0,044$ ). Medeltalet för stamantalet efter gallring för samtliga ”Vimekbestånd” uppgick till 1 155 stammar/ha och för samtliga ”Stormaskinbestånd” till 990 stammar/ha.

Då stamantalet beräknades för träd  $\geq 100$  mm i dbh i bestånden uppgick detta till 1 629 st/ha för ”Vimekbestånden” före gallring, motsvarande siffra för ”Stormaskinbestånden” var 1 499 st/ha. Ingen signifikant skillnad i stamantal före gallring kunde därmed urskiljas ( $p = 0,251$ ). Efter gallring uppgick stamantalet för träd  $\geq 100$  mm i dbh till 1 051 st/ha för ”Vimekbestånden” och 905 st/ha för ”Stormaskinbestånden”. ”Vimekbestånden” höll ett signifikant högre stamantal efter gallring än ”Stormaskinbestånden” ( $p = 0,018$ ).

Före gallring uppgick grundytan i medeltal för samtliga ”Vimekbestånd” till  $34,4 \text{ m}^2$  och för samtliga ”Stormaskinbestånden” till  $29,5 \text{ m}^2$ . Ingen signifikant skillnad kunde urskiljas gällande grundytan före gallring mellan de två behandlingarna ( $p = 0,062$ ) (Tabell 5). Efter gallring uppmättes grundytan i medeltal för samtliga ”Vimekbestånd” till  $25,7 \text{ m}^2$  och för samtliga ”Stormaskinbestånd” till  $20,6 \text{ m}^2$ . Efter gallring höll ”Vimekbestånden” en signifikant högre grundyta än ”Stormaskinbestånden” ( $p = 0,027$ ). Grundytan före gallring var  $16,7 \%$  högre i ”Vimekbestånden” än i ”Stormaskinbestånden”, motsvarande siffra var  $24,8 \%$  efter gallring.

Före gallring uppgick volymen/ha i medeltal för samtliga ”Vimekbestånd” till  $268,9 \text{ m}^3\text{sk/ha}$  och för samtliga ”Stormaskinbestånden” till  $201,6 \text{ m}^3\text{sk/ha}$ . ”Vimekbestånden” uppvisade en signifikant högre volym/ha före gallring jämfört med ”Stormaskinbestånden” ( $p = 0,038$ ) (Tabell 5). Då det kommer till volym per hektar efter gallring uppvisade ”Vimekbestånden” fortfarande en signifikant högre volym per hektar ( $201,0 \text{ m}^3\text{sk/ha}$ ) ( $p = 0,041$ ) efter gallring jämfört med ”Stormaskinbestånden” ( $142,8 \text{ m}^3\text{sk/ha}$ ) (Tabell 5). Före gallring höll ”Vimekbestånden”  $33 \%$  mer volym än ”Stormaskinbestånden”, motsvarande siffra efter gallring uppgick till  $40 \%$ .

Ingen signifikant skillnad vad det gäller gallringsuttag baserade på grundyta ( $p = 0,12$ ), stamantal ( $p = 0,48$ ) eller stamvolym ( $p = 0,129$ ) kunde urskiljas mellan ”Vimekbestånd” och ”Stormaskinbestånd”. Oavsett vilken variabel gallringsuttaget baserades på var dock värdet för ”Stormaskinbestånden” något högre än det för ”Vimekbestånden”.

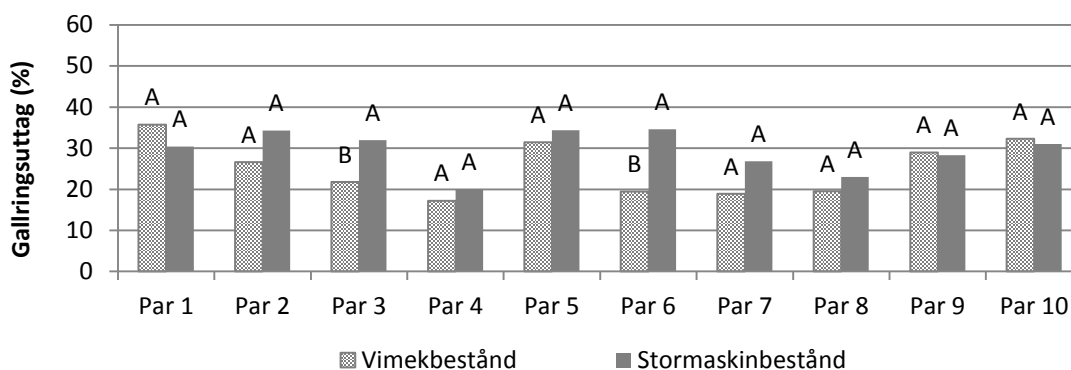
Generellt var låg andel av kvarvarande träd skadade, men skadeandelen i ”Stormaskinbestånden” var signifikant högre jämfört med ”Vimekbestånden” ( $P = 0,004$ ) (Tabell 5). Medeltalet för skadeandelen för samtliga ”Vimekbestånd” var  $1,3 \%$  och för samtliga ”Stormaskinbestånd” var skadeandelen  $3,7 \%$ . För att fastställa skadeandelen räknades skador som uppkommit vid själva

gallringsarbetet in men även efterföljande abiotiska skador som orsakats av vind eller snö efter gallringen fram till inventeringstillfället räknades in.

Ingen signifikant skillnad kunde uttydas mellan ”Vimekbestånden” och ”Stormaskinbestånden” vad det gäller stubbarnas höjd ( $p = 0,201$ ). Stubbhöjden för samtliga ”Vimekbestånden” var i medeltal 9,6 cm, medan den för samtliga ”Stormaskinbestånden” var 11,3 cm (Tabell 5).

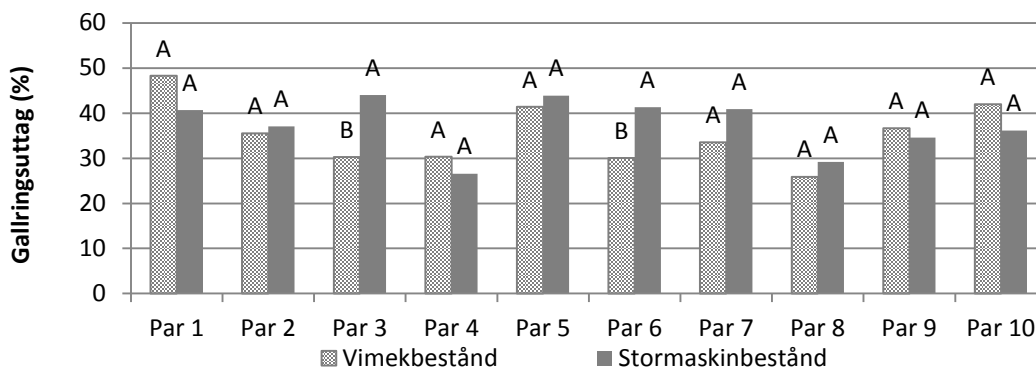
#### 4.2 Parvis jämförelse mellan behandlingarna

Många av de variabler som redovisades i stycket ovan kan även jämföras inom respektive par. Då gallringsuttaget baserat på grundyta, stamantal och volym jämfördes uppvisade endast två par signifikanta skillnader (par 3 samt par 6) mellan ”Vimekbeståndet” och ”Stormaskinbeståndet” (Figur 5, 6 och 7), i samtliga fallen var det ”Stormaskinbeståndet” som hade ett högre gallringsuttag än ”Vimekbeståndet”.



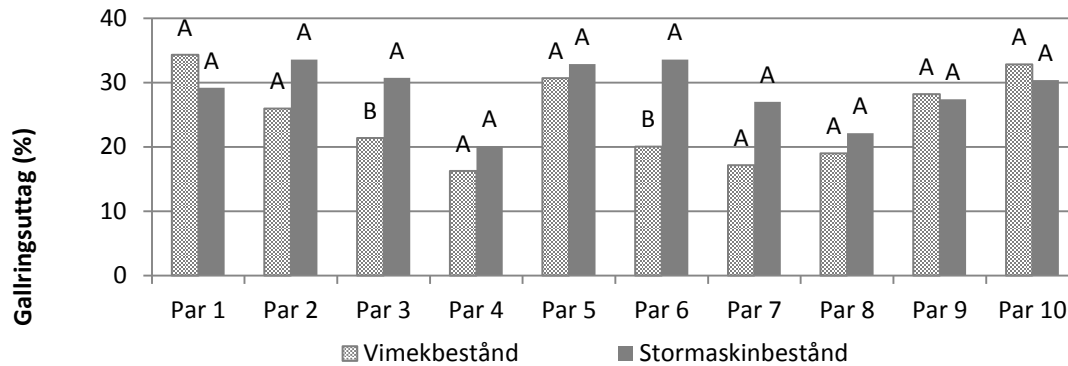
Figur 5. Gallringsuttag (baserat på grundyta) inom varje par. Olika bokstäver inom paret indikerar signifikant skillnad mellan behandlingarna ( $p < 0,05$ ).

Figure 5. Thinning grad (percentage of basal area removed) within each pair. Different letters within each pair indicates significant difference between treatments ( $p < 0.05$ ).



Figur 6. Gallringsuttag (baserat på stamantal) inom varje par. Olika bokstäver inom paret indikerar signifikant skillnad mellan behandlingarna ( $p < 0,05$ ).

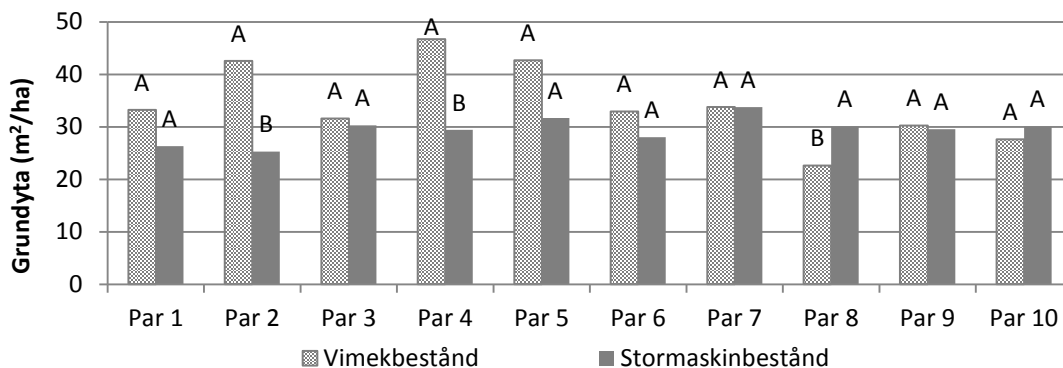
Figure 6. Thinning grad (percentage of basal area removed) within each pair. Different letters within each pair indicates significant difference between treatments ( $p < 0.05$ ).



Figur 7. Gallringsuttag (baserat på volym) inom varje par. Olika bokstäver inom paret indikerar signifikant skillnad mellan behandlingarna ( $p < 0,05$ ).

Figure 7. Thinning grad (percentage of basal area removed) within each pair. Different letters within each pair indicates significant difference between treatments ( $p < 0.05$ ).

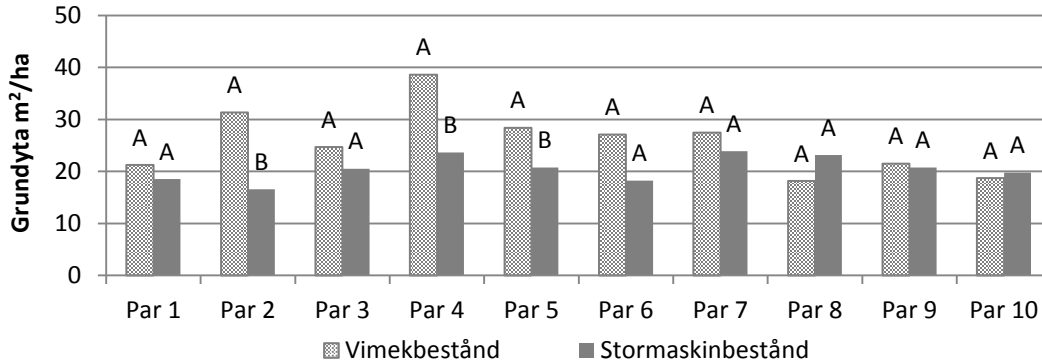
Vid en parvis jämförelse av grundytorna före gallring uppvisade tre av paren signifikanta skillnader (par 2, 4 och 8) mellan ”Vimekbeståndet” och ”Stormaskinbeståndet” (Figur 8). Endast inom ett av paren höll ”Stormaskinbeståndet” en signifikant högre grundyta jämfört med ”Vimekbeståndet”.



Figur 8. Grundytan före gallring för samtliga par. Olika bokstäver inom paret indikerar signifikant skillnad mellan behandlingarna ( $p < 0,05$ ).

Figure 8. Basal area prior thinning for all pairs. Different letters within each pair indicates significant difference between treatments ( $p < 0.05$ ).

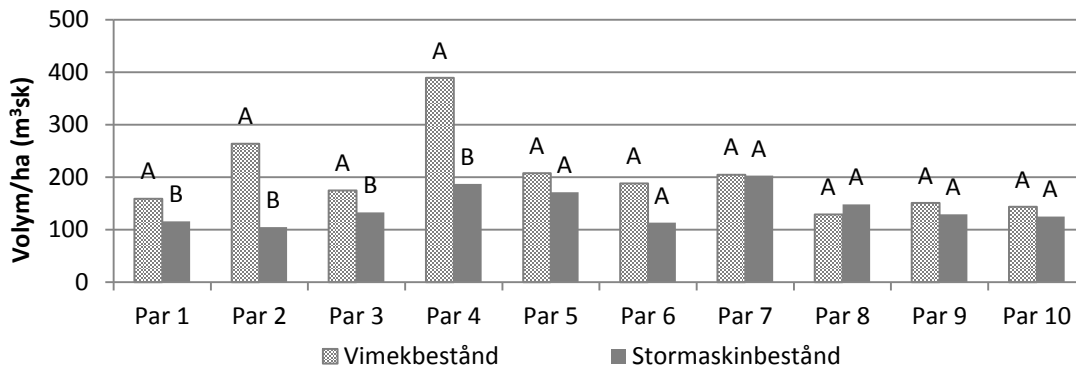
Vid en parvis jämförelse av grundytorna efter gallring visade endast tre par signifikanta skillnader (par 2, 4 och 5) mellan ”Vimekbeståndet” och ”Stormaskinbeståndet” (Figur 9).



Figur 9. Grundytan efter gallring för samtliga par. Olika bokstäver inom paret indikerar signifikant skillnad mellan behandlingarna ( $p < 0,05$ ).

Figure 9. Basal area after thinning for all pairs. Different letters within each pair indicates significant difference between treatments ( $p < 0.05$ ).

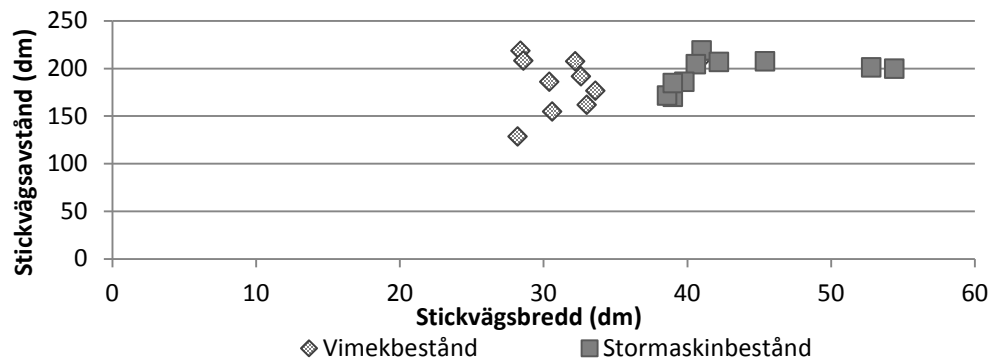
Vid en parvis jämförelse av volymen/ha efter gallring uppvisade fyra par signifikanta skillnader (par 1, 2, 4 och 4), där ”Vimekbeståndet” inom paret höll en signifikant högre volym/ha jämfört med ”Stormaskinbeståndet” i samtliga fall (Figur 10).



Figur 10. Volym efter gallring för samtliga par. Olika bokstäver inom paret indikerar signifikant skillnad mellan behandlingarna ( $p < 0,05$ ).

Figure 10. Volume per hectare after thinning for each pair. Different letters within each pair indicates significant difference between treatments ( $p < 0.05$ ).

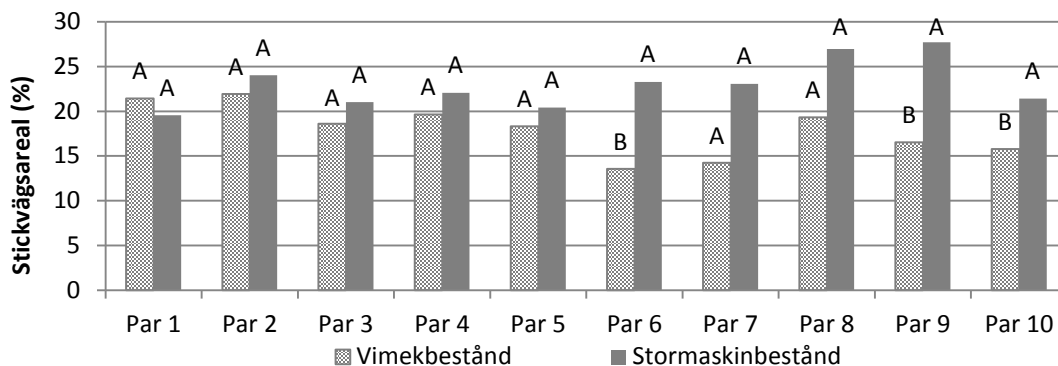
Stickvägsbredden i ”Vimekbestånden” uppgick till 3,2 m och var signifikant smalare än stickvägsbredden i ”Stormaskinbestånden” ( $p = 0,000$ ) som uppgick till 4,3 m, vilket kan härledas till maskintypernas olika storlekar. Några signifikanta skillnader i stickvägsavstånd mellan ”Vimekbestånden” och ”Stormaskinbestånden” kunde däremot inte urskiljas ( $p = 0,324$ ), där ”Vimekbestånden” hade ett stickvägsavstånd på 18,4 m jämfört med ”Stormaskinbestånden” som hade ett stickvägsavstånd på 19,5 m (Figur 11). Sammanvägt mynnade dessa ut i en stickvägsareal. Stickvägsarealen var signifikant lägre i ”Vimekbestånden” (17,9 %) jämfört med i ”Stormaskinbestånden” (23,0 %) ( $p = 0,001$ ).



Figur 11. Stickvägsbredden och stickvägsavståndets förhållande till varandra för de båda olika behandlingarna.

Figure 11. The ratio between the width of the strip road and the distance between the strip roads for the two different treatments.

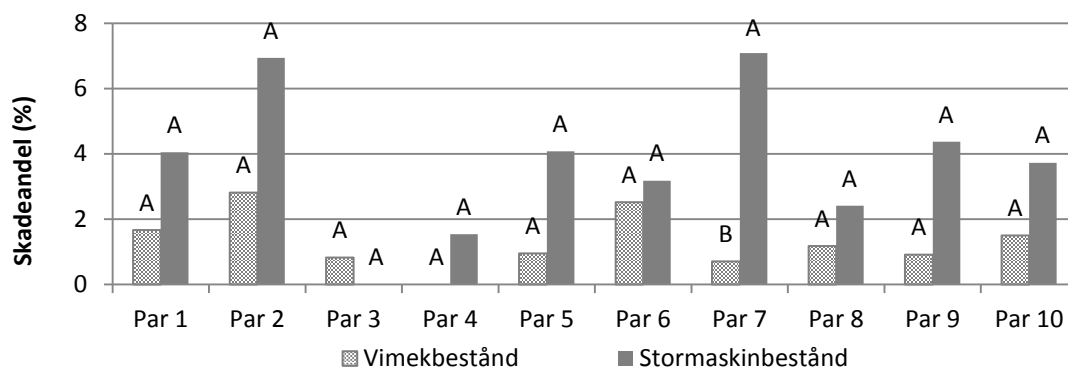
Vid en parvis jämförelse uppvisade tre av de tio paren signifikanta skillnader (par 6, 9 och 10) vad det gäller stickvägsareal. I dessa par hade ”Vimekbeståndet” en signifikant lägre stickvägsareal jämfört med ”Stormaskinbeståndet” (Figur 12).



Figur 12. Stickvägsarealen inom varje par. Olika bokstäver inom paret indikerar signifikant skillnad mellan behandlingarna ( $p < 0,05$ ).

Figure 12. Share of strip roads in relation to the total area within each pair. Different letters within each pair indicates significant difference between treatments ( $p < 0.05$ ).

Vid en parvis jämförelse uppvisade endast ett par signifikanta skillnader vad det gäller skadeandel där ”Vimekbeståndet” hade en signifikant lägre skadeandel än ”Stormaskinbeståndet” (Figur 13).



Figur 13. Skadeandelen inom varje par. Olika bokstäver inom paret indikerar signifikant skillnad mellan behandlingarna ( $p < 0,05$ ).

Figure 13. Share of damages within each pair. Different letters within each pair indicates significant difference between treatments ( $p < 0.05$ ).

Totalt registrerades 19 skadade träd inom samtliga ”Vimekbestånd” och 37 skadade träd inom samtliga ”Stormaskinbestånd” (Tabell 6). Majoriteten av skadorna uppkom vid fällningsarbetet och de kvarvarande träden hade således blivit påfällda då intilliggande träd gallrades ut. Medeldiametern för samtliga skadade träd skiljde sig inte nämnvärt mellan behandlingarna (14,7 cm resp. 14,4 cm) (Tabell 6).

Tabell 6. Antalet registrerade skador uppdelat på kategorier för de två behandlingarna, inom parentes medeldiameter i centimeter

Table 6. Number of registered damages for the two treatments divided by categories, in parentheses mean diameter in centimeters

	Påfälld	Stamskada/ Skavskada	Toppbrott	Stambrott	Snöböjd	Liggande	Summa
"Vimekbestånd"	10 (16,1)	4 (15,7)	0 (0)	2 (15,4)	2 (6,3)	1 (13,2)	19 (14,7)
"Stormaskinbestånd"	25 (14,7)	10 (14,3)	1 (13,5)	1 (8,0)	0 (0)	0 (0)	37 (14,4)

### 4.3 Markskador

Markskador efter gallringsmaskinerna observerades endast på en provyta inom ett ”Stormaskinbestånd”, dvs. det var hög bärighet inom samtliga bestånd och inga tydliga skillnader mellan maskinsystemen beträffande påverkan på marken.

### 4.4 Framskrivning av tillväxt och nuvärdesanalys

Framskrivningen utgick från typbeståndet för varje behandling. Utifrån de på förhand valda gallringsregimerna skrevs bestånden fram.

Då bestånden skrevs fram enligt alternativ 1 genomfördes ingen andra gallring, utan bestånden stod orörda efter förstagallringen fram till dess att slutavverkning genomfördes (Tabell 7). Volym/ha vid slutavverkningstillfället skiljde sig stort mellan ”Vimekbestånd” (431,9 m<sup>3</sup>sk) och ”Stormaskinbestånd” (335,7 m<sup>3</sup>sk). Då bestånden skrevs fram enligt alternativ 2 gallrades bestånden ganska omgående en andra gång efter förstagallringen medan gallringen gjordes något lättare. Skillnaderna i volym/ha mellan behandlingarna är något mindre vid denna gallringsregim (Tabell 7) jämfört med föregående alternativ. Då bestånden skrevs fram enligt alternativ 3 väntade man med den andra gallringen ytterligare några år jämfört med alternativ 2, men gallringen genomfördes desto hårdare vid den andra gallringen. Skillnaderna i volym/ha vid slutavverkningstillfället mellan de båda behandlingarna var minst i detta alternativ (Tabell 7).

Tabell 7. Resultat från framskrivningen alternativ 1 för de två behandlingarna

Table 7. Results from the projection of Alternative 1 for the two different treatments

Behandling	Benämning	Volym vid slutavverkning (m <sup>3</sup> sk)	Kostnad för drivning under omloppstid	Intäkter under omloppstid	Netto	Nuvärde under omloppstid
”Vimekbestånd”	Alternativ 1	431,9	63 398,3	163 303,6	99 905,3	55 827,7
”Stormaskinbestånd”	Alternativ 1	335,7	50 863,1	128 514,0	77 651,0	43 567,0
Differens		96,2	12 535,2	34 789,6	22 254,3	12 260,7
”Vimekbestånd”	Alternativ 2	332,9	59 964,1	143 997,4	84 033,3	49 258,0
”Stormaskinbestånd”	Alternativ 2	259	47 976,6	113 153,9	65 177,3	38 291,2
Differens		73,9	11 987,5	30 843,5	18 856,0	10 966,8
”Vimekbestånd”	Alternativ 3	270,1	61 114,2	138 065,5	76 952,3	46 728,6
”Stormaskinbestånd”	Alternativ 3	210,2	48 743,5	108 299,5	59 552,9	36 235,5
Differens		59,9	12 370,7	29 767,0	17 396,4	10 493,1

Nuvärdet för ”Vimekbeståndet” var 28 % högre än det för ”Stormaskinbeståndet” vid Alternativ 1 (Tabell 8). För Alternativ 2 och Alternativ 3 var denna skillnad mellan ”Vimekbeståndet” och ”Stormaskinbeståndet” 29 %.

#### 4.5 Hypotesprövning

Utifrån det redovisade resultatet kunde två av de uppsatta hypoteserna bekräftas (Tabell 8). En tredje hypotes kunde förkastas och kring den sista hypotesen kunde ingen slutsats dras. Framskrivningsmodellen visade ett högre nuvärde i ”Vimekbestånd” jämfört med ”Stormaskinbestånd” oberoende av vilken gallringsregim (Alternativ 1, 2 eller 3) som användes. Denna differens var störst då ingen andragallring genomfördes (Alternativ 1), men var nästan lika stor i de fall en andragallring tillämpades (Alternativ 2 & 3).

Tabell 8. Sammanfattning av hypoteser och dess utfall

*Table 8. Summary of hypotheses and their outcome*

	Hypotesformulering	Resultat
Hypotes 1	Det finns ett högre stamantal i " <i>Vimekbestånd</i> " jämför med " <i>Stormaskinbestånd</i> " efter gallring.	Bekräftar hypotesen.
Hypotes 2	Det görs ett lägre gallringsuttag i " <i>Vimekbestånd</i> " än i " <i>Stormaskinbestånd</i> ".	Förkastar hypotesen.
Hypotes 3	Skadeandelen i det kvarvarande beståndet är signifikant lägre i " <i>Vimekbestånd</i> " än i " <i>Stormaskinbestånd</i> " efter gallring.	Bekräftar hypotesen.
Hypotes 4	Det finns en högre andel markskador efter gallring i " <i>Stormaskinbestånd</i> " än i " <i>Vimekbestånd</i> ".	Ingen slutsats kan dras.



## 5 Diskussion

Denna studie ämnade jämföra gallringsresultat efter beståndsgående kontra stickvägsgående gallringsmaskiner med en efterföljande framskrivning av beståndet med gallringsresultaten som utgångspunkt. Skillnaderna mellan dessa två metoder är intressanta i valet av maskiner inför en gallring, kanske framför allt för privata skogsägare. Detta då privata markägare oftast värderar resultatet och kvaliteten på en utförd gallring högt (Sirén, 2001), kanske högre än vad skogsbolag gör då de i större utsträckning möjligen ser till kostnaderna för utfört arbete, då de innehar stora arealer skog (Dahlin, 2008).

Resultaten från denna studie visar att en förstagallring som genomförs med Vimeks gallringsgrupp uppvisar ett signifikant högre totalt stamantal likväl som då stamantalet baserat på stammar med en dbh  $\geq 100$  mm efter gallringen jämfört med då konventionella gallringsmaskiner använts. Även skillnader i såväl grundyta som skadeandel har visats, där skadeandelen på kvarvarande träd är signifikant lägre i ett bestånd som gallrats med beståndsgående maskiner jämfört med ett bestånd som gallrats med stickvägsgående maskiner. Inga signifikanta skillnader uppvisades gällande gallringsuttag mellan de två behandlingarna även om tendensen var något högre uttag i ”Stormaskinbestånden”..

### 5.1 Gallringsuttag

I denna studie var det totala stamantalet före gallring 12,0 % högre (dock ej signifikant) i ”Vimekbestånd” än i ”Stormaskinsbestånd”. Stamantalet för träd  $\geq 100$  mm i dbh var 8,7 % högre, men inte signifikant, i ”Vimekbestånd” än i ”Stormaskinsbestånd” före gallring.

Medeltalet för stamantalet efter gallring för samtliga ”Vimekbestånden” uppgick till 1155 stammar/ha och för ”Stormaskinbestånd” till 990 stammar/ha (Tabell 5). Ett signifikant högre antal stammar uppvisades således i ”Vimekbestånden” jämfört i ”Stormaskinbestånden”, vilket innebär att hypotesen (Hypotes 1) kan bekräftas. Även då stamantalet med en dbh  $\geq 100$  mm jämfördes mellan behandlingarna, hade ”Vimekbestånden” signifikant högre stamantal än ”Stormaskinbestånden”.

Bucht (1981) har tidigare gjort ett antagande att stamantalet skiljer med 10 % mellan bestånd gallrade med stickvägsgående och beståndsgående maskiner, vilket är i enlighet med resultaten i denna studie. Detta trots att den studie som Bucht (1981) genomförde avsåg dåtidens teknik vilket inte är jämförbart med den teknik som använts i dagens skogsbruk och således inte heller i denna studie varken för stickvägsgående maskiner eller beståndsgående maskiner. I denna studie var det totala stamantalet 16,7 % högre i ”Vimekbestånd” än i ”Stormaskinsbestånd” efter gallring. Stamantalet för stamantalet  $\geq 100$  mm i dbh var 16,1 % högre i ”Vimekbestånd” än i ”Stormaskinsbestånd” efter gallring.

Då det kommer till gallringsuttag baserat på grundytan visar resultat från denna studie att ingen signifikant skillnad finns mellan ”*Vimekbestånd*” (25,2 %) och ”*Stormaskinbestånd*” (29,5 %) (Tabell 5). Inte heller någon signifikant skillnad kunde uppvisas mellan ”*Vimekbestånd*” och ”*Stormaskinbestånd*” då gallringsuttaget baserat på stamantal respektive volym jämfördes (35,4 % jämfört med 37,5 % respektive 24,6 % jämfört med 28,7 %). Detta innebär således att hypotesen (Hypotes 2) kan förkastas även om tendensen var att uttaget var något lägre i ”*Vimekbestånden*”. Skillnaden mellan resultaten för gallringsuttaget baserat på grundytan är 17,1% vilket således är i närheten av den skillnad i gallringsuttag som Bucht (1981) resultat visade mellan beståndsgående maskiner och stickvägsgående maskiner, vilket var ett 18 % högre uttag för de stickvägsgående maskinerna än beståndsgående maskiner. Dahlins (2008) resultat visar i motsats till resultat från denna studie att gallring med beståndsgående maskiner har ett högre gallringsuttag är stickvägsgående maskiner.

I ”*Vimekbestånden*” avverkades i genomsnitt 651 stycken träd vid förstagallringen, motsvarande siffra för ”*Stormaskinbestånden*” var 623 stycken. Därmed fanns det ingen skillnad i antalet träd som tagits ut i gallringen, men då detta ställs i relation till antalet träd som fanns i bestånden innan gallring blir tendensen att gallringsuttaget var lägre i ”*Vimekbestånden*” än i ”*Stormaskinbestånden*”. Detta beror på att ”*Vimekbestånden*” tenderade att ha ett högre antal stammar före gallring även om skillnaden inte var signifikant.

## **5.2 Stickvägsareal**

I denna studie var stickvägsbredden i medeltal 3,2 m för ”*Vimekbestånden*” och 4,3 m för ”*Stormaskinbestånden*”. Denna skillnad i stickvägsbredd kan härledas till de maskinerna som använts för de olika behandlingarna och dess maskinbredder. Då det har genomförts få liknande studier med en så liten beståndsgående maskin, är resultaten för ”*Vimekbestånden*” svåra att sätta i relation till andra resultat. Däremot kan resultat från ”*Stormaskinbestånden*” i denna studie jämföras med andra studier. Stickvägsbredden för ”*Stormaskinbestånden*” överensstämmer med de resultat Lageson (1997) lade fram som visade en stickvägsbredd på 4,3 m. Tidigare studier som Fröding (1983) genomfört visade stickvägsbredder mellan 4,8 m och 5,0 m, vilket är avsevärt bredare än de stickvägsbredder som uppvisats i denna studie.

Stickvägsavstånden i denna studie skiljer sig inte så mycket åt mellan ”*Vimekbestånd*” och ”*Stormaskinbestånd*” (18,4 m respektive 19,5 m) trots att olika gallringmetoder tillämpas. Detta sammantaget med stickvägsbredderna för de olika behandlingarna innebär att stickvägsarealen blev signifikant lägre i ”*Vimekbestånden*” jämfört med ”*Stormaskinbestånden*” (17,9 % respektive 23,0 %). Dahlin (2008) visar i sin studie där gallring med stickvägsgående och beståndsgående maskin jämförts att stickvägsavståndet ökar från 12,8 m med stickvägsgående till 22,2 m stickvägsavstånd då beståndsgående maskin med ett stråk använts. I samma studie uppgick stickvägsarealen till 22,2 % vid beståndsgående gallring och till 28,3 % i gallringar med stickvägar (Dahlin, 2008), vilket kan jämföras med ”*Vimekbestånden*” i denna studie som

uppvisade stickvägsareal på 18,3 % och ”Stormaskinbestånd” 22,8 %. Båda dessa resultat ligger kring den rekommenderade nivån för stickvägsarealen, vilken inte bör överstiga 20 % (Bäcke, 1998).

### **5.3 Andel skadade träd**

Det verkar ofta bli en förbättring i gallringskvaliteten om man ser till skadeandelen då beståndsgående maskiner (1,6 %) i ”Vimekbestånd” används jämfört med då stickvägsgående maskiner används (3,6 %) i ”Stormaskinbestånd” (Tabell 5). Dessa resultat var signifikant skilda från varandra, vilket innebär att hypotesen (Hypotes 3) kan bekräftas. Detta kan jämföras med resultat från studie som Sirén (2001) lade fram, där skadeandelen uppgick till 3,4 % efter gallring, men där endast stickvägsgående maskiner användes. Siréns (2001) resultat är därmed jämförbara med den skadeandel som uppmätts i ”Stormaskinbestånden” i denna studie. En sammanställning som Skogsstyrelsen genomfört av svenska gallringar visar att skadefrekvensen var 1,7 % för beståndsgående maskiner och 3,4 % för stickvägsgående maskiner (Bäcke, 1998), vilket är resultat som överensstämmer bra med de resultat som denna studie visat. Dahlin (2008) visar däremot att skadeandelen för beståndsgående maskiner som använde ett stråk mellan stickvägarna var 7,6 % jämfört med 6,3 % för stickvägsgående maskiner. Dessa resultat är inte jämförbara med resultaten i denna studie. Detta kan dels bero på att det i Dahlins (2008) studie använde sig de beståndsgående maskiner av stickvägar med mellanliggande slingerstråk, vilket inte är samma arbetsätt som de beståndsgående maskinerna som gallrat ”Vimekbestånd” i denna studie använt sig av.

I denna studie noterades inte avståndet mellan ett skadat träd och stickvägen, varvid ingen slutsats kan dras huruvida skadorna främst uppkommit längs med stickvägarna eller inte, vilket Andersson (2011) och Fröding (1983) menar.

De flesta skador som registrerades hade uppkommit vid gallringsarbetet. Endast ett fåtal skador hade abiotiska orsaker såsom vind och snö. 6 av 20 skador bland ”Vimekbestånden” kunde härledas till abiotiska skador och 2 av 37 skador för ”Stormaskinbestånden” (Tabell 7). Denna skillnad kan ha flera orsaker, bland annat att bestånden ligger olika utsatta för väder och vind. Ingen signifikant skillnad fanns i diameter mellan ”Vimekbestånd” och ”Stormaskinbestånd” vilket därmed inte helt kan förklara skillnaden i de abiotiska skador som registrerats, tvärtom har ”Vimekbestånden” en något grövre medeldiameter än ”Stormaskinbestånden”, om än marginellt.

### **5.4 Markskador**

Utifrån resultatet i denna studie krävs ytterligare studier för att fastställa huruvida maskiner av mindre storlek skonar marken bättre än konventionella maskinsystem med avseende på körskador/markskador, detta givet förutsättningarna under denna studie. Således kan hypotesen (Hypotes 4) varken bekräftas eller förkastas.

En tänkbar anledning till att endast en markskada observerades under detta arbete kan vara att detta arbete fokuserade på gallringar på tallmarker. Då tall främst växer på fasta torrare marker blir inte bärighetsproblematiken lika uppenbar som om gallringar hade genomförts på fuktigare marker.

### ***5.5 Framskrivning av tillväxt och nuvärdesanalys***

Framskrivningen av typbestånden för de båda behandlingarna fram till lägsta slutavverkningsålder visade ett högre netto i ”*Vimekbeståndet*” jämfört med ”*Stormaskinbeståndet*” för samtliga tre alternativa gallringsregimer som användes. Detta beror främst på att ”*Vimekbeståndet*” höll ett högre antal stammar och högre stamvolym efter den första gallringen än ”*Stormaskinbeståndet*” gjorde, däremot hade båda behandlingarna liknande medeldiameter. Modellen använder sig av genomsnittliga kostnader för avverkning och skotning beräknad under år 2013 (Anon., 2013).

### ***5.6 Metodval***

I studien har bestånd inventerats som redan innan studien gallrats. Således är bestånden både inom behandlingarna och inom paren inte identiskt lika med varandra. Från de bestånd som erhöles gjordes en parning för att minimera olikheterna mellan bestånden på bästa sätt. Idealplanet hade istället varit att avdela ett homogent bestånd där de båda behandlingarna hade genomförts under lika yttre förhållanden på var sin halva av beståndet och därefter upprepat detta på ett antal bestånd. Då hade resultaten i jämförelse mellan varandra blivit betydligt mer rättvisande. Men under de förutsättningar som givits under denna studie har arbetssättet att jämföra liknande bestånd inom ett par ändå kunnat ge en rättvis jämförelse.

I dataklaven som användes vid datainsamlingen fanns inte ett specifikt program anpassat för gallringsuppföljning. Detta medförde att diametrar för stubbar inte lagrades i dataklavens minne utan noterades för hand på separata protokoll. Detta medför att mindre fel kan ha smugit sig in då data noterats i fält eller digitaliserats. Däremot har inga stansningsfel upptäckts och samtliga siffror är rimliga, men naturligtvis kvarstår risken att fel förekommer.

Då detta arbete har fokus på gallringar i tallbestånd har framskrivningsmodellen utformats för att endast räkna med bestånd som är renodlade tallbestånd. Då det i många fall kan förekomma ett visst gran- och lövinslag i tallbestånd bör modellen utvidgas för att även kunna beräkna beståndets utveckling med dessa trädslag. Framskrivningsmodellen innefattar inga höjd- eller diameterfunktioner som beror på beståndets bonitet. Detta medför att de resultat modellen visar är genomsnittsvärden och därmed kommer verkliga variabler att kunna variera beroende på hur svag eller god boniteten är. Hynynen (1995), Mäkinen & Isomäki (2004a) och Peltola m.fl. (2007) har visat att diametertillväxten efter en gallring ökar. I framskrivningsmodellen som skapats under detta arbete har inte detta antagande tillämpats, således påverkas inte

diametertillväxten i modellen av gallring. Om detta antagande däremot hade integrerats i modellen hade det inneburit att diametertillväxten ökat ett antal år efter varje utförd gallring. Andra variabler som modellen inte heller tar hänsyn till är självgallring inom beståndet. Priser för drivning i framskrivningsmodellen är medelvärden från 2013 och är därmed inte specificerade för de olika maskintyperna. Vimekmaskinerna bör för den utförda förstagallringen ha haft en lägre produktivitet än de konventionella gallringsmaskinerna vilket bör ha gjort dem något dyrare per uttagen m<sup>3</sup>sk, men detta bör vägas upp av den lägre bränsleförbrukningen. Det är troligt att andragallringar och senare gallringar utförs med stormaskinsystem konsekvent, varvid skillnaderna i drivningskostnaderna under en omloppstid främst bör skilja för förstagallringen mellan de två behandlingarna. Därmed visar resultatet från framskrivningen främst beståndens potentiella utveckling och nuvärden utifrån antalet kvarvarande träd och träddimensioner efter förstagallringen.

### ***5.7 Förslag till fortsatta studier***

För att fastställa hur maskinsystemen och gallringsresultatet påverkas av markbärigheten bör vidare studier genomföras föreslagsvis med fokus på mindre bäriga marker där graninslaget är högre. Även ytterligare liknande studier likt denna bör genomföras men då är det önskvärt att bestånd som ska gallras på förhand kan väljas ut, exempelvis i samarbete med något av de markägande skogsbolagen. I samband med en sådan studie skulle även maskinspecifika kostnader för drivning vara intressanta att jämföra såväl under enstaka behandling som under en hel omloppstid.

### ***5.8 Slutsatser***

- Beståndsgående maskiner av Vimektyp kan ge ett signifikant högre stamantal (här 1 155 jämfört med 990) per hektar efter gallring än vad konventionella större gallringsmaskiner gör. Ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna uppvisades i denna studie gällande gallringsuttag (baserat på grundyta, stamantal, volym) (25,2 %, 35,4 % och 24,6 %) jämfört med konventionella större gallringsmaskiner (29,5 %, 37,5 % och 28,7 %) men tendensen var ett större uttag för större maskiner.
- Andelen skadade kvarvarande träd var i studien signifikant lägre då beståndsgående Vimekmaskiner används (1,3 %) vid gallring jämfört med då konventionella gallringmaskiner används (3,7 %).
- Stickvägsarealen var signifikant lägre i ”Vimekbestånden” (17,9 %) jämfört med i ”Stormaskinbestånden” (23,0 %), dvs. större maskiner kräver mer plats och ett större tvingande uttag.
- Under de förhållanden som givits under denna studie kunde inga slutsatser dras kring huruvida markskador uppkommer i större utsträckning efter gallring med konventionella maskiner jämfört med beståndsgående maskiner eller inte.

- Framskrivningen av bestånden visade ett högre netto för ”*Vimekbestånd*” jämfört med ”*Stormaskinbestånd*” med ca 10 000 kr i nuvärde oavsett gallringsregim som använts. Detta kan främst kopplas till skillnader mellan bestånden i antal träd kvar efter gallringen och till skillnader i stamvolym/dimension för kvarvarande träd.

## Referenser

- Agestam, E., (2009). *Skogsskötselserien - Gallring*. Tillgänglig [Online]: <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/07-Gallring.pdf> [2014-05-06]. 83 s.
- Andersson, A.-S., (2011). *Stamskador i gallringsbestånd*, Skinnskatteberg: SLU. 39 s.
- Andersson, S.-O., (1954). Funktioner och tabeller för kubering av småträd. Stockholm: *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut*, 44 (12). 29 s.
- Anon., (1984). *Gallringsmallar Södra Sverige* [tall, gran], Jönköping: Skogsstyrelsen. 35 s.
- Anon., (1988). *Beståndsmetoden för skogsvärdering*, Jönköping: Lantbruksstyr.: Gävle: Lantmäteriet. Rapport 1988:1, 2:a upplagan. 89 s.
- Anon., (1994). *Skogsordlista; Forestry vocabulary: sv-en-de-fi..* 3:e omarbetad och utökad utgåva red. Danderyd: Sveriges skogsvårdsförbund. 144 s.
- Anon., (2013). *Skogsbrukets kostnader 2013*, Gävle: Lantmäteriet: Division fastighetsbildning. Rapport 2013:4. 55 s.
- Anon., (2014a). *Skogsvårdslagen: handbok*. Ny, uppdaterad uppl. red. Jönköping: Skogsstyrelsen. 95 s.
- Anon., (2014b). *Skogsstatistisk årsbok 2014*, Jönköping: Skogsstyrelsen. 370 s.
- Björheden, R. & Fröding, A., (1986). *Ny rutin för praktisk gallringsuppföljning*, Garpenberg: SLU: Institutionen för skogsteknik. 13 s.
- Blomgren, S., (2006). *Stormskador i stickväggsgallrade bestånd i sydvästra Sverige*, Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. 28 s.
- Bobik, M., (2008). *Damages to residual stand in commercial thinnings*, Alnarp: SLU: Southern Swedish Forest Research Centre. 30 s.
- Brandel, G., (1990). *Volymfunktioner för enskilda träd - tall, gran och björk.*, Garpenberg: SLU: Institutionen för skogsproduktion. 183 s.
- Bredberg, C.-J., (1972). *Typbestånd i förstagallring*, Stockholm: Skogshögskolan: Institutionen för skogsteknik. 42 s.
- Bucht, S., (1981). *Effekten av några olika gallringsmönster på beståndsutvecklingen i tallskog*, Umeå: SLU: Institutionen för skogsskötsel. 276 s.

- Bäcke, J., (1998). *Gallringsundersökning 1997*, Jönköping: Skogsstyrelsen: Meddelande 8 - 1998. 26 s.
- Carne , U. & Nordberg, M., (1987). *Uppföljning av gallring*, Spånga: Forskningsstift. Skogsarbeten. 20 s.
- Dahlin, A., (2008). *Produktivitet och kvalitet vid stickvägs- respektive beståndsgående förstagallring*, Umeå: SLU: Institutionen för skoglig resurshushållning. 38 s.
- DeLasaux, M. J., Hartsough, B. R., Spinelli, . R. & Magagnotti, N., (2009). Small Parcel Fuel Reduction with a Low-Investment, High-Mobility Operation. *Western Journal of Applied Forestry*, 24(4), s. 205-213(9).
- Diggle, P. J. & Knutell, H., (1979). "*Kniggle*" - en ny metod för skattning av stickvägsbredd, Garpenberg: SLU: Institutionen för skogsteknik. 79 s.
- Eriksson, H., (1973). *Volymfunktioner för stående träd av ask, asp, klibbal och contorta-tall*, Stockholm: Skogshögskolan: Institutionen för skogsproduktion. 26 s.
- Eriksson, H., Johansson, U. & Karlsson, K., (1994). *Effekter av stickvägsbredd och gallringsform på beståndsutvecklingen i ett försök i granskog*, Garpenberg: SLU: Institutionen för skogsproduktion. 23 s.
- Fries, J., (1964). Vårbjörkens produktion i Svealand och södra Norrland. *Studia Forestalia Suecica*, Volym 14, s. 303.
- Fröding, A., (1983). *Skador och stickvägar vid delmekaniserad gallring*, Garpenberg: SLU: Institutionen för skogsteknik. 34 s.
- Fröding, A., (1992). *Gallringsskador: en studie av 403 bestånd i Sverige 1988*, Garpenberg: SLU: Institution för skogsteknik. 84 s.
- Gellerstedt, S. & Dahlin, B., (1999). Cut-To-Length: The Next Decade. *Journal of Forest Engineering*, 10(2), s. 17-24. DOI: 10.1080/08435243.1999.10702731
- Gizachew, B. & Brunner, A., (2011). Density–growth relationships in thinned and unthinned Norway spruce and Scots pine stands in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, Volym 26, s. 543-554. DOI: 10.1080/02827581.2011.611477
- Hagberg, E. & Matérn, B., (1975). *Tabeller för kubering av ek och bok*, Stockholm: Skogshögskolan: Institutionen för skoglig matematisk statistik. 118 s.
- Hasenauer, H., Burkhart, H. E. & Amateis, R. L., (1997). Basal area development in thinned and unthinned loblolly pine plantations. *Canadian Journal of Forest Research*, Issue 27, s. 265-271. DOI: 10.1139/x96-163



- Hynynen, J., (1995). Predicting the Growth Response to Thinning for Scots Pine Stands Using Individual-Tree Growth Models. *Silva Fennica*, 29(3), s. 225-246. DOI: 10.14214/sf.a9210
- Hägglund, B. & Lundmark, J.-E., (1987). *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. D. 2, Diagram och tabeller*. 3 red. Jönköping: Skogsstyrelsen. 70 s.
- Jonsson, B., (1962). Om barrblandskogens volymproduktion: tallens och granens höjd- och diametertillväxt i orörda bestånd med olika grad av trädslagsblandning i Norrland, Kopparbergs och Värmlands län, Stockholm: *Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut*, (50)8. 143 s.
- Karlsson, K., (2003). *Fältarbetsinstruktion för skogsfakultetens beståndsbehandlingsförsök*, Uppsala: SLU: Enheten för skoglig fältforskning. 88 s.
- Karlsson, K., Mossberg, M. & Ulvcrona, T., (2012). *Fältdatasystem för skoglig fältförsök*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet: Enheten för skoglig fältforskning. 29 s.
- Kärhä, K., Rönkkö, E. & Gumse, S.-I., 2004. Productivity and Cutting Costs of Thinning Harvesters. *International Journal of Forest Engineering*, 15(2), s. 43-56. DOI: 10.1080/14942119.2004.10702496
- Lageson, H., (1997). Effects of Thinning Type on the Harvester Productivity and on the Residual Stand. *Journal of Forest Engineering*, 8(2), s. 7-14. DOI: 10.1080/08435243.1997.10702699
- Mehtätalo, L. Peltola, H. Kilpeläinen, A. & Ikonen, V-P., (2014). The Response of Basal Area Growth of Scots Pine to Thinning: A Longitudinal Analysis of Tree-Specific Series Using a Nonlinear Mixed-Effects Model. *Forest Science*, 60(4), s. 636-644. DOI: 10.5849/forsci.13-059
- Microsoft, (2007). Microsoft Excel [Computer software]. Redmond, Washington: Microsoft.
- Minitab 16 Statistical Software, (2010). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com).
- Modig, E., Magnusson, B., Valinger, E. & Lundqvist, J. C. & L., (2012). Damage to Residual Stand Caused by Mechanized Selection Harvest in Uneven-Aged *Picea abies* Dominated Stands. *Silva Fennica*, 46(2), s. 267-273. DOI: 10.14214/sf.442
- Mäkinen, H. & Isomäki, A., (2004a). Thinning intensity and growth of Scots one stands in Finland. *Forest Ecology and Management*, Volym 201, s. 311-325. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.07.016
- Mäkinen, H. & Isomäki, A., (2004b). Thinning intensity and long-term changes in increment and stem form of Scots pine trees. *Forest Ecology and Management*, Volym 203, s. 21-34. doi:10.1016/j.foreco.2004.07.028

- Nilsson, U. Elfving, B. Fahlvik, N. Johanson, U. Karlsson, K. Lundmark & T. Wallentin, C., (2010). Thinning of Scots pine and Norway spruce monocultures in Sweden. *Studia forestalia Suecica* (0039-3150), s. 1-46.
- Nilsson, J. (2014) Konstruktion/Produktansvarig, Vimek AB, Vindeln. Personlig kommunikation (2014-04-03).
- Normark, E., (2011). *Holmen Skog - Riktlinjer för uthålligt skogsbruk*, Örnsköldsvik: Holmen Skog. 113 s.
- Nurminen, T., Korpunen, H. & Uusitalo, J., (2006). Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System. *Silva Fennica*, 40(2), s. 335-363. DOI: 10.14214/sf.346
- Näslund, M., (1936). *Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Primärbearbetning*, Häfte 29, Nr 1: Meddelande från Statens Skogsforskningsanstalt. 249 s.
- Ovaskainen, H., Uusitalo, J. & Sassi, T., (2006). Effect of Edge Trees on Harvester Positioning in Thinning. *Forest Science*, 52(6), s. 659-669.
- Peltola, H. Kilpeläinen, A. Sauvala, K. Räisänen, T. & Ikonen V-P., (2007). Effects of Early Thinning Regime and Tree Status on the Radial Growth and Wood Density of Scots Pine. *Silva Fennica*, 41(3), s. 489-505. DOI: 10.14214/sf.285
- Persson, P., (1975). *Stormskador på skog - Uppkomstbetingelser och inverkan av skogliga åtgärder*. 36 red. Stockholm: Skogshögskolan, Institutionen för Skogsproduktion. 294 s.
- Pettersson, H., (1955). *Barrskogens volymproduktion*, Stockholm: Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut, Band 45:1.
- Sirén, M., (2001). Tree Damage in Single-Grip Harvester Thinning Operations. *Journal of Forest Engineering*, 12(1), s. 29-38. DOI:10.1080/08435243.2001.10702760
- Sirén, M. & Aaltio, H., (2003). Productivity and Costs of Thinning Harvesters and Harvester-Forwarders. *International Journal of Forest Engineering*, 14(1), s. 39-48. DOI: 10.1080/14942119.2003.10702468
- Spinelli, R. & Magagnotti, N., (2010). Performance and cost of a new mini-forwarder for use in thinning operations. *Journal of Forest Research*, 15(6), s. 358-364. DOI: 10.1007/s10310-010-0193-x
- Thelin, A., (1990). *Beståndsgående gallringsskördare - alternativ och komplement i gallring*, Kista: Forskningsstiftelsen skogsarbeten, Redogörelse Nr 1. 4 s.

Valinger, E. & Fridman, J., (2011). Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, Issue 262, s. 398-403. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.04.004

Wallentin, C. & Nilsson, U., (2014). Storm and snow damage in a Norway spruce thinning experiment in southern Sweden. *Forestry*, 87, s. 229-238. DOI: 10.1093/forestry/cpt046

Zeide, B., (2001). Thinning and growth: a full turnaround. *Journal of Forestry*, 99(1), s. 20-25.

Åström, H., (2011). *Förbättring av arbetsförhållande i skördare*, Stockholm: KTH: Examensarbete. 126 s.

Øyen, O., (1999). *Thinning in Scandinavia*. Augusta, Maine, University of Maine. s. 81- 85.