

Förstagallringsbestånd i Sverige som är lämpliga för användning av småskotare

*Sweden's first thinning forest that are favorable for small
forwarders*



Foto: Vimek AB

David Höglund & Albin Wärnelius



Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel <i>Department of Forest Ecology and Management</i>
Författare/Author	David Höglund & Albin Wärnelius
Titel, Sv	Förstagallringsbestånd i Sverige som är lämpliga för användning av småskotare
Titel, Eng	<i>Sweden's first thinning forest that are favorable for small forwarders.</i>
Nyckelord/ Keywords	Skotare, små skogsmaskiner, inventeringsdata, GYL, gallring <i>Forwarder, small forest machines, inventory data, GYL, thinning</i>
Handledare/Supervisor	Tomas Nordfjell, institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0911
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2019
Serie	Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

FÖRORD

Kandidatarbetet utfördes på intuitionen för skogens biomaterial och teknologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng på grundnivå och är en del av jägmästarprogrammet. Ett stort tack till Tomas Nordfjell handledare för arbetet. Ett tack riktas även till riksskogstaxeringen och Bertil Westerlund som tagit fram beståndsdata.

Albin Wärmelius och David Höglund 2/5 - 2019

SAMMANFATTNING

Att använda den mest lämpade skotaren på rätt typ av skogsmark bör vara något som eftersträvas i det svenska skogsbruket. Det för att på ett kostnadseffektivt sätt transportera ut virke ur skogen. Ett hållbart skogsbruk handlar mycket om att ta hänsyn till mark och miljö. Det gör valet av skotare extra viktigt. En viktig aspekt enligt skogsägare är att avverkningarna sker med hög kvalitet. Kvalitet är enligt skogsägarna att avverkningen genomförs skonsamt mot både mark och bestånd. Intresset för småskotare har ökat och skogsägare är beredda att betala mer för att få avverkningen genomförd med småskotare.

I studien undersöktes det vilka beståndsförutsättningar som är lämpliga för användningen av småskotare. Det undersöktes hur stor skogsmarksareal av denna typ det finns i Sverige. Detta genomfördes genom att applicera restriktioner på riksskogstaxeringens data på förstagallringsbestånd. Restriktionerna för förstagallringsbestånden togs fram genom efterforskning av tidigare studier. Det visade sig att det är lämpligt att använda en liten skotare i bestånd med ett skotningsavstånd under 100 meter, marklutning klass 1 – 2, ytstruktur klass 1 - 2, markfuktighet klass 4 – 5 och snödjup under 30 centimeter.

Resultatet från studien visar att ungefär 20 % av Sveriges förstagallringsskogar har förutsättningar som är lämpliga för användningen av småskotare. Småskotare har bäst förutsättningar i södra Sverige där högst andel förstagallringsskog med lämpliga förutsättningar finns. Andra aspekter i södra Sverige som talar för användningen av småskotare är det mindre snödjupet och de korta vintrarna.

Nyckelord: Skotare, små skogsmaskiner, inventeringsdata, GYL, gallring

SUMMARY

Using the most suitable forwarder on the right forestland is something that should always be pursued in the Swedish forestry. To be able to transport timber out of the forest as cost-efficient as possible. Sustainable forest silviculture is about taking into consideration of the land and environment. This makes the choice of forwarder extra important. An important aspect according to the forest owners is that the silviculture is done with high quality. Quality according to the forest owners is that silviculture is done in a gentle way to ensure damage is not done to the land or the remaining stock. Interest in small forwarders is something that has increased and forest owners are even willing to pay more to have the felling done with small forest forwarders.

In this study, it has been investigated which stands have the right conditions that are suitable for small forwarders. It has been investigated how much forest land of this type there is in Sweden. This was done by applying restrictions on the national forest taxation data on first thinning forests. The restrictions for the first thinning forest were made by researching previous studies. This was a transport distance of 100 meters, ground leach 1-2, ground surface structure 1 - 2, soil moisture class 4 – 5 and a snow depth under 30 centimetres.

The results of the study show that about 20% of Sweden's first thinning forests have conditions that are favourable for the use of small forwarders. Small forwarders have the best conditions in southern Sweden where the highest proportion of first thinning forest with favourable conditions exists. Other aspects that favours the use of small forwarders in southern Sweden is the less snow depth and the short winters.

Keywords: *Forwarder, small forest machines, inventory data, GYL, thinning*

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Inledning.....	7
1.1	Bakgrund.....	7
1.2	Tidigare studier	8
1.2.1	Skador.....	8
1.2.2	Skotningsavstånd	9
1.3	Syfte	9
1.4	Hypotes	10
2	Material och metod.....	11
2.1	Arbetet i Excel	11
2.2	Framtagning av kartmodeller.....	12
3	Resultat.....	13
4	Diskussion	18
4.1	Restriktioner.....	18
4.2	Metod	18
4.3	Resultat	18
4.4	Felkällor	19
4.5	Framtida studier	19
5	Slutsats	20
6	Referenser	21
	Bilaga 1. Total areal förstagallringsbestånd	24
	Bilaga 2. Reducerad areal förstagallringsbestånd.....	25
	Bilaga 3. Förväntat snödjup.....	26
	Bilaga 4. Areal dålig bärighet.....	27

INLEDNING

Bakgrund

Den årliga avverkningen i Sverige har stegvis ökat under hela 1900-talet (Riksskogstaxeringen, 2019). Enligt riksskogstaxeringens statistik för 2015 – 2017 uppgick den gallrade arealen till cirka 300 tusen hektar per år (skogsstyrelsen 2017). Avverkningen idag är helt mekaniserad med skotare och skördare som tidigare i historien utgjordes av transport med häst och manuellt arbete. Vid transporten med häst ligger virkets främre del på en kälke för att sedan dras ut ur skogen. Denna metod utvecklades sedan genom att det användes två kälkar som bar upp virket från marken och detta kom att kallas för skotning (Öhman 2013). Skotningen utvecklades och under 1960-talet kom maskiner att ta hästarnas roll i skogsbruket (Nilsson 2014).

Dagens skotare delas in i olika storleksklasser. Det finns flertalet indelningar och i denna rapport används en indelning baserad på skotarnas lastkapacitet (tabell 1). En ökad lastkapacitet på en skotare ökar dess effektivitet. Den större lastkapaciteten ökar även storleken på skotaren. Det för med sig en mängd konsekvenser som bland annat ökat marktryck, bredare stickvägar och dyrare skotare (Almkvist *et al.* 2012). Ett annat mått på skotarna som används idag är lastindex som beräknar skotarens lastkapacitet i förhållande till dess tjänstevikt (Öhman 2013). Ett vanligt lastindex för en medelstor skotare ligger på ungefär 0,69 – 0,86 (Grönqvist 2011). Malwas 560F skotare är en XS skotare som har en lastkapacitet på 5,5 ton och en tjänstevikt på 5,4 ton. Detta ger skotaren ett lastindex på 1,02 och innebär att skotaren kan lasta mer än sin egen vikt (Malwa 2019). På en skotare önskas ett så högt lastindex som möjligt. Fördelen med ett högt lastindex är att skotaren kan köra ut mycket virke med så liten markpåverkan som möjligt. Utvecklingstrenden för lastindex på stora- och medelstora skotare är sjunkande. Småskotare har dock visat motsatsen där utvecklingstrenden är stigande (Öhman 2013).

Tabell 1 Förslag till nya definitioner av skotare baserat på skotares storleksklasser. Max lastkapacitet i ton (Nordfjell *et al.*, 2019)

Table 1. Suggested new definitions of forwarders based on forwarder size-classes. Maximum load capacity (tonnes) (Nordfjell *et al.*, 2019)

Micro	XXS	XS	Small	Medium	Large	XL	XXL
< 2	≥ 2 – < 5	≥ 5 – < 8	≥ 8 – < 11	≥ 11 – < 14	≥ 14 – < 17	≥ 17 – < 20	≥ 20

Övervägande andel av de markskador som sker i skogen orsakas av skotare under uttransport av virke (Nordfjell *et al.* 2018). Skotaren transporterar ut virket till närmaste bilväg. Vid uttransporten används en så kallad basväg som kommer att trafikeras många gånger. Basvägen riskerar att få svåra körskador om den har dålig bärighet. Vid dålig bärighet är det viktigt att skotningen planeras ordentligt och att den mest lämpade skotaren används (Karlström 2016). Bärighet är ett mått på hur bra marken klarar överfart av ett terrängfordon. Bärigheten beror på flera olika faktorer som bland annat jordart, fuktighet och armering (Skogforsk 1982). Ett mått på skogsmarkens bärighet är dess grundförhållande, vilket är en

indelning i fem klasser där 1 är mark med mycket god bärighet och 5 är mark med mycket dålig bärighet (Skogforsk 1982).

Rätt val av skotare innebär att välja den skotare som är mest lämpad för det bestånd som ska avverkas vare sig det gäller gallring eller slutavverkning. Ett val kan vara att välja en mindre maskin vars fördel är att den tenderar att göra mindre skada på mark och bestånd (Öberg *et al.* 2016). På känsliga marker kan markskador lätt uppstå vid arbete med tunga maskiner. Tunga maskiner är stora och behöver breda stickvägar. Det kommer i sin tur att påverka gallringsresultatet. I gallring är stickvägsbredden något som, av skogsägarna, önskas vara så smal som möjligt. Stickvägsbredden påverkar hur stor stickvägsarealen blir. Stickvägsarealen är något som skogsägarna önskar hålla så liten som möjligt eftersom det inte produceras något virke där. Av den anledningen bör stickvägsbredden tas i beaktning vid valet av skotare (Jägervall & Johansson 2018). Vid valet av skotare bör även beståndets marklutning och ytstruktur tas i beaktning. Ytstrukturen är en klassificering baserad på beståndets förekomst av sten, block och jordhögar (Skogforsk 1982). Om lutningen är för brant kan mindre skotare få problem med framkomligheten på grund av att de har en lägre drivkraft än större skotare. Småskotare har även en ökad risk att välta i sidlut jämfört med större skotare som har en bredare spårvidd. För grov ytstruktur kan även vara ett problem för småskotare. Småskotare har en lägre markfrigång än stora skotare som en följd av deras mindre hjul. Mindre hjul får även konsekvensen att skotaren får det svårare att undvika hinder. En lägre markfrigång och mindre hjul gör även att den mindre skotarens framkomlighet kan bli begränsad vid ett djupt snölager. Det som sker i snökörning är att drivmotståndet ökar samtidigt som markkontakten försvagas (Skogforsk 1993). Eftersom små skotare ofta har en markfrigång på endast 40 centimeter är konventionella skotare att föredra vid mycket snö.

Utöver de kvalitetsmässiga aspekterna används den skotastorlek som är mest kostnadseffektiv. Kostnadseffektiviteten räknas ut genom förhållandet mellan timkostnad och produktivitet. Enbart produktiviteten hos en skotare avgör alltså inte om skotarvalet är det bästa. I bestånd där medelstammen är låg får mindre skotare ofta en högre kostnadseffektivitet (Lundqvist *et al.* 2014). Bestånd med en låg medelstam kan ofta antas vara förstagallringsbestånd där småskotare är kostnadseffektiva. Förstagallringsbestånd är de bestånd som ska gallras för allra första gången.

Transportavstånd är en viktig faktor att studera när skotares lönsamhet ska fastställas. Småskotares konkurrenskraft mot stora skotare har dock visat sig bli sämre vid längre skotningsavstånd. Skotningsavståndet definieras som medelavståndet från avverkningen till bilväg. Detta kallas även för tilltransportavstånd (Håkansson 2000).

Tidigare studier

Skador

De flesta mekaniska skador som sker i en gallring orsakas av kranen eller aggregatet. Skadorna visar sig bli fler vid en ökad längd på kranen. Det kan antas bero på att kranen blir mer svårkontrollerad (Agestam 2015). En skada på trädet är en god inkörspport för svampangrepp. Svampangreppen kan bli förödande för trädets utveckling (Lindsköld 2016). Skadorna kan resultera i infektioner, kvalitet- och tillväxtnedsättningar eller insektsangrepp (Nordfjell *et al.* 2018). De mekaniska skadorna minskar med en ökad bredd på stickvägarna. Trots det är en ökad stickvägsbredd inte önskvärd eftersom stickvägsarealen i beståndet då blir hög (Agestam 2015).

Idag sker arbetet i skogen året om. Det resulterar i att skogsmaskiner ofta kör på otjälad mark, trots att tjälad mark är att föredra då risken för markskador är ytterst liten. Skador och kompaktering av marken sker främst från skotarens hjulspår (Magnusson 2015). Bestående markskador kan få katastrofala följder för trädens fortsatta tillväxt (Lindsköld 2016). En avgörande anledning till att skogsarbetet sker året runt är att skogsindustrierna behöver ett jämnt virkesflöde över året. Med tanke på den befarade klimatförändringen antas vintrarna bli allt mildare. På grund av mildare vintrar kan problemet med otjälad mark bli ännu större (Eriksson *et al.* 2016).

Tunga maskiner kan ge avtryck på marken som tränger ner i jorden vilket resulterar i svåra körskador. Körskadornas omfattning ökar även med antalet överfarter. Antalet överfarter kan bli många vid stickvägsgående avverkningar (Nilsson 2017). I en studie jämfördes spårdjupet efter en liten skotare och en stor skotare. Studien genomfördes på en åkermark med organogen jord. Studien visade att den lilla skotaren lämnade betydligt yligare spår efter sig jämfört med den stora skotaren. Trots att det råder andra markförhållanden på skogsmark kan det ses som en prediktion på spårbildningen mellan stora och små maskiner på känslig mark (Björheden *et al.* 2018). Minskat marktryck genom låg egenvikt och stor bäryta hos skotare är något som eftersträvas på mjuka marker (Skogforsk 1993). På marker med dålig bärighet (markfuktighet klass 4 och 5) löper stora maskiner en stor risk att köra fast. Småskotare har en konkurrensfördel på grund av deras mindre marktryck. De löper på det viset inte lika stor risk att köra fast eller orsaka svåra markskador på marker med dålig bärighet. På dessa marker är många skogsägare överens om att småmaskiner orsakar mindre skada i bestånden än normalstora maskiner (Jägervall & Johansson 2018). Minimalt med skador är resultatet från arbete med rätt lämpad maskin på rätt mark (Ekblom 2016).

Skotningsavstånd

Vid ett skotningsavstånd på 100 meter i gallring visade det sig att kostnaden för småskotare var större än för konventionella skotare. Kostnaden visade sedan en stigande trend med ett ökat transportavstånd (Gustavsson 2017). Liknande resultat togs fram vid en jämförande studie mellan en Malwa-skotare (klass XS) och en Ponsse-skotare (klass M). Den normalstora skotaren från Ponsse hade en signifikant högre produktivitet än den lilla skotaren vid ett terrängtransportavstånd på 200 meter. En ökad produktivitet resulterar i att skotningen blir billigare per kubikmeter (Björheden *et al.* 2018). Ytterligare studier har visat samma sak, att småskotare inte blir lönsamma på långa skotningsavstånd (Gustavsson 2017).

Syfte

Syftet med denna rapport är att kartlägga hur stor del av Sveriges förstagallringsskogar som har de förutsättningar som passar användningen av småskotare. För att uppnå detta syfte ska följande frågor besvaras:

- Hur många hektar förstagallringsskog finns det i Sverige?
- Hur stor areal finns det som är lämplig för användningen av småskotare?
- Vilka egenskaper har de bestånden som lämpar sig för användningen av småskotare?
- Vart i Sverige finns dessa bestånd?

Storlekar på skotare som studerades i undersökningen var skotare med en lastkapacitet mindre än 8 ton. Vilket motsvarar som tyngst XS (tabell 1)

Hypotes

Innan studien genomfördes var hypotesen att 15 % av förstagallringsskogarna har egenskaper som är lämpliga för användningen av småskotare. Högst andel av denna typ av mark kan antas finnas i södra Sverige. Antagandet bygger på att vägnätet är mer utbrett i södra Sverige. Snödjupet kan antas vara ett större problem för småskotare i norra Sverige eftersom vintrarna är betydligt längre där än i jämförelse med södra Sverige.

MATERIAL OCH METOD

Det beståndsdata som har använts i studien är riksskogstaxeringens inventeringsdata. Denna data är baserad på cirka 5 100 stycken provytor i Sverige på enbart förstagallringsbestånd. Det inventeringsdata som använts i studien uppmättes under en femårsperiod (2013 - 2017). Från dessa provytor fanns inmätta beståndsegenskaper som bland annat vägvstånd, lutning, markfuktighet, areal och ytstruktur. I studien används även data från SMHI för att kunna beräkna förväntat snödjup per månad och landsdel (Snö | SMHI).

Småskotares förutsättningar har efterforskats och sammanställts från tidigare studier inom ämnet, vilket tas upp i rapportens bakgrund. Dessa studier har lagt grunden för de framtagna restriktioner som användes i arbetet. Beståndsegenskaper som punktas upp nedan var de restriktioner som användes i de olika dataseten.

Dataset 1

- Skotningsavstånd under 100 meter.
- Markfuktighet klass 1 – 3.
- Ytstruktur klass 1 och 2.
- Lutning klass 1 och 2, det motsvarar en lutning på 0 – 20 % (Skogforsk 1982).

Dataset 2

- Markfuktighet klass 4 och 5.

Övrigt

- Snödjup, där antalet månader över 30 centimeter summerades.

Arbetet i Excel

Arbetet började med att en Excelfil med inventeringsdata av förstagallringsskogar inhämtades från riksskogstaxeringen. Den data som var relevant för studien plockades ur den inhämtade filen och adderades till en ny flik i Excel. Relevant data för studien var skotningsavstånd, markfuktighet, ytstruktur, marklutning, areal, län, vägvstånd och volym. Även ytstruktur adderades till datasetet, med hjälp av funktionen Vlookup i efterhand.

Datasetet av intresse är sammanställt och nästa steg var att ta ut lämpliga data för studien. Den totala arealen sammanställdes och volymen kunde tas ut. Sammanställningen sorterades sedan länsvis med pivottabeller. Detta genomfördes för att se hur fördelningen såg ut över landet generellt innan restriktionerna lades till. Datat illustrerades sedan i rapporten med hjälp av tabeller och diagram.

Dataset 1

En filtrering genomfördes med restriktionerna markfuktighet klass 1 - 3, skotningsavstånd under 100 meter, ytstruktur klass 1 - 2 och lutning klass 1 – 2. Areal och volym summerades och sammanställdes med pivottabeller både läns- och landsdelsvis (Götaland, Svealand, Norrland).

Dataset 2

Data på områden med dålig bärighet (markfuktighet klass 4 och 5) sorterades ut och sammanställdes. Detta för att kunna illustrera en karta över hur fördelningen av bestånd med dålig bärighet (klass 4 och 5) ser ut över Sverige.

Övrigt

Den data som inhämtades från SMHI sammanställdes och de månaderna med ett snötäcke över 30 centimeter summerades ihop för att sedan illustreras på en karta. Summeringen skedde per landsdel (norra Norrland, södra Norrland, Svealand och Götaland). Denna karta ger en bild över vart i Sverige och i hur många månader snötäcket begränsar småskotares lämplighet.

Framtagning av kartmodeller

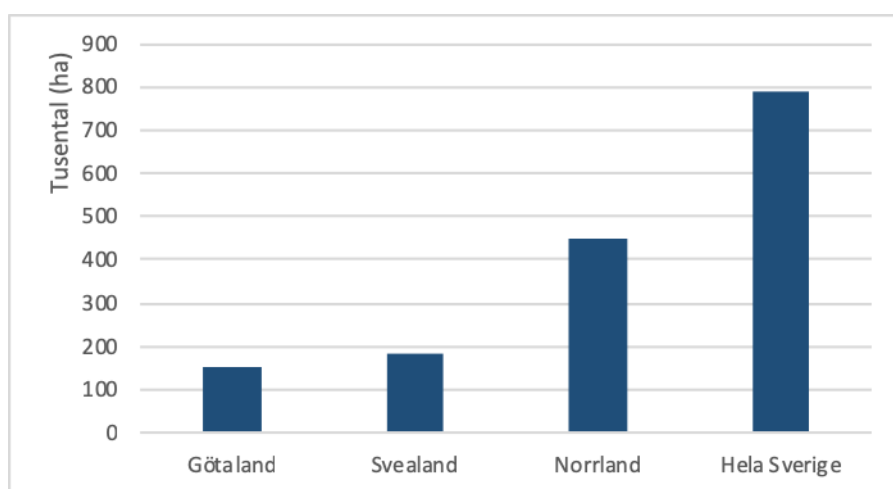
Kartorna har illustrerats med en färgskala som representerar de olika värdena länen/landsdelarna har. Två av kartorna som togs fram är baserade på en skala grundad på antalet hektar med förstagallringsskog och andelen förstagallringsskog som är lämplig för användningen av småskotare.

En karta för dålig bärighet har sammanställts där det redovisades hur många procent av förstagallringsskogarna det var dålig bärighet på. Det sammanställdes länsvis.

Det togs även fram en karta för att visuellt illustrera avgränsningarna och urvalet som gjorts i studien efter länens snödjup. Detta sammanställdes med en färgskala från 0 – 5 månader med ett snödjup över 30 centimeter.

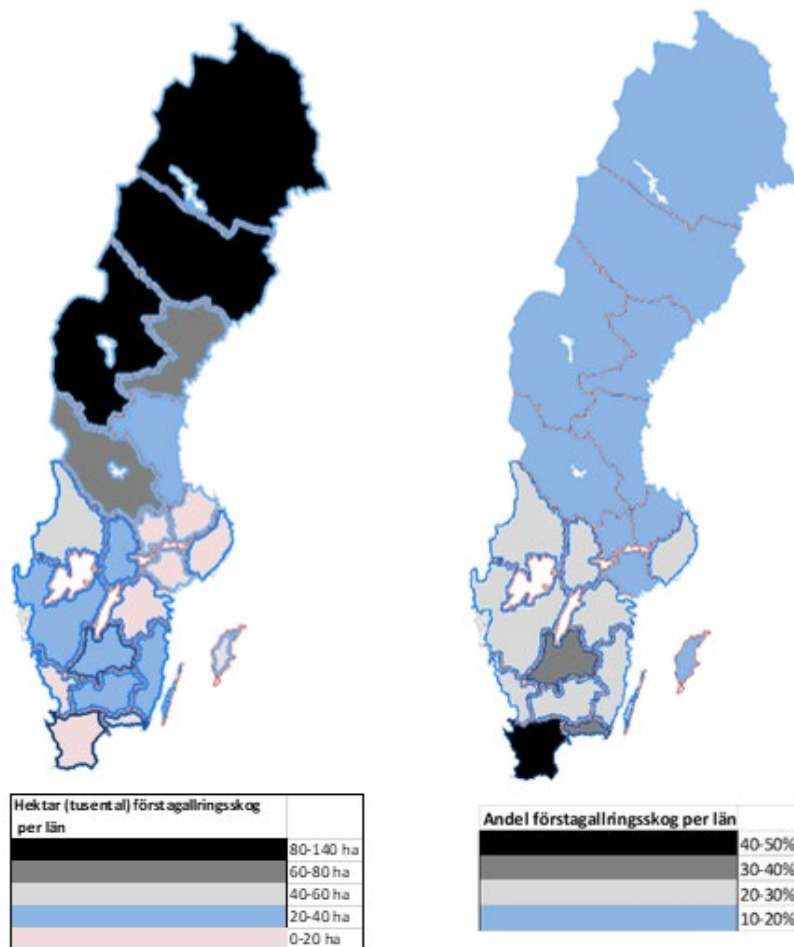
RESULTAT

Den totala arealen förstagallringsskog i Sverige uppgick till cirka 4,5 miljoner hektar (bilaga 1). Studiens resultat visade att 19 % av dessa skogar lämpar sig för användningen av småskotare (figur 6). Arealen som lämpar sig för arbete med småskotare var drygt 860 tusen hektar. Arealen var fördelad ungefär lika i Götaland och Svealand med en majoritet i Norrland (Figur 1). Den procentuella andelen förstagallringskog per län som lämpar sig för användningen av småskotare är störst i södra Sverige (figur 2).



Figur 1 Areal (ha) av förstagallringsbestånd med de angivna restriktionerna på ytstruktur (klass 1-2), märklutning (klass 1-2), skotningsavstånd (under 100 meter) och markfuktighet (klass 1-3).

Figure 1 Area (ha) of first thinning stands with the restrictions on ground surface structure (class 1-2), ground declivity (class 1-2), transport distance (under 100 meters) and soil moisture (class 1-3).



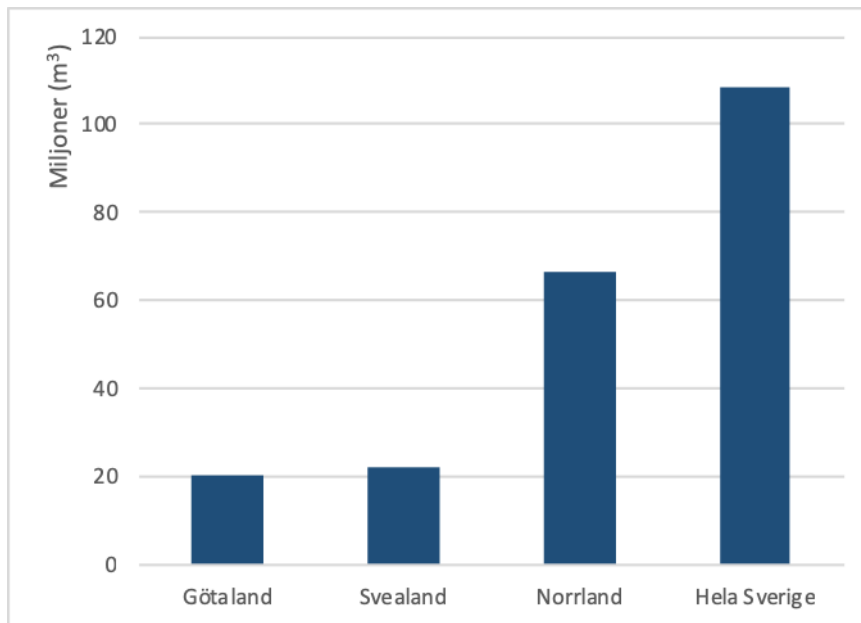
Figur 2 Vänster: Areal (ha) förstagallringsskog per län som lämpar sig för användningen av småskotare. Med restriktionerna ytstruktur (klass 1-2), marklutning (1-2), skotningsavstånd (under 100 meter) och markfuktighet (klass 1-3)

Höger: Andel (%) av förstagallringsskogens areal per län som lämpar sig för användningen av småskotare med restriktionerna ytstruktur (klass 1-2), marklutning (1-2), skotningsavstånd (under 100 meter) och markfuktighet (klass 1-3).

Figure 2 Left: The area (ha) of first thinning forest for each county that are suitable for the use of small forwarders with the restrictions on ground surface structure (class 1-2), ground declivity (class 1-2), transport distance (under 100 meters) and soil moisture (class 1-3).

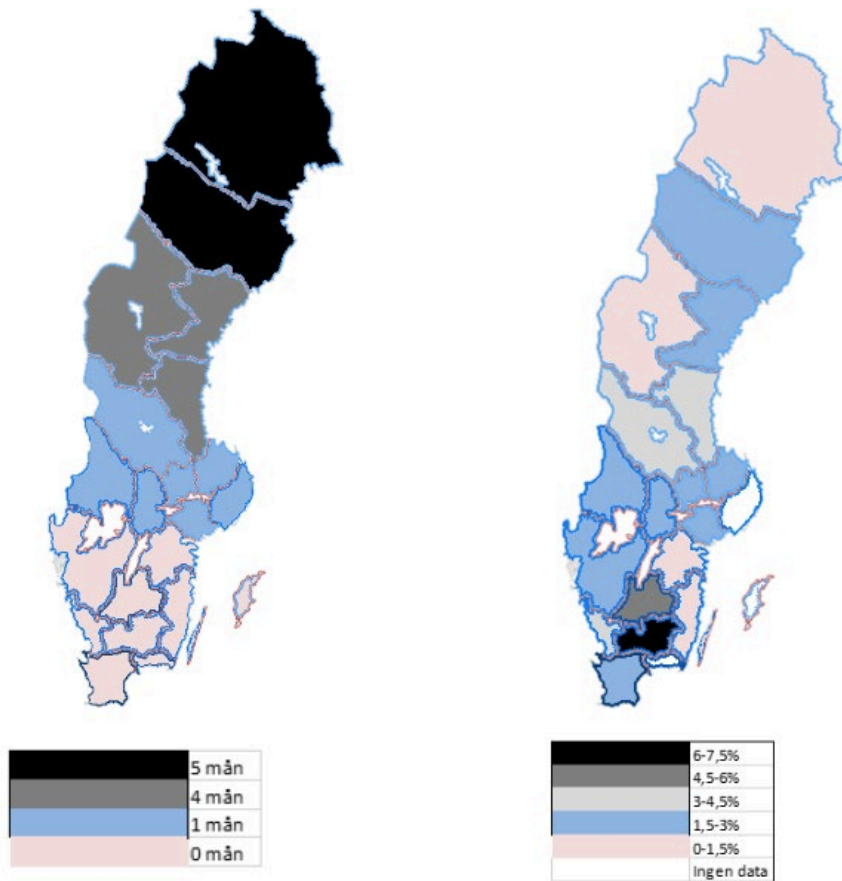
Right: The proportions of first thinning stands for each county that are suitable for the use of small forwarders with the restrictions on ground surface structure (class 1-2), ground declivity (class 1-2), transport distance (under 100 meters) and soil moisture (class 1-3).

I Sverige finns det knappt 630 miljoner kubikmeter förstagallringsskog (Bilaga 1). Övervägande andel av volymen förstagallringsskog som lämpar sig för småskotare hittas i Norrland där det står knappt 70 miljoner kubikmeter, vilket motsvarar cirka 11 % av den totala volymen i Sveriges förstagallringsskogar. Götaland och Svealand har cirka 3 % vardera, det motsvarar ungefär 20 miljoner kubikmeter för respektive landsdel. Totalt handlar det om cirka 110 miljoner kubikmeter som lämpar sig för småskotare (Figur 3) (uträkning bilaga 2).



Figur 3 Volym (m³) av förstagallringsskog som lämpar sig för användningen av småskotare med de angivna restriktionerna på ytstruktur (klass 1-2), marklutning (klass 1-2), skotningsavstånd (under 100 meter) och markfuktighet (klass 1-3)
Figure 3 The volume (m³) of first thinning forest that are suitable for the use of small forwarders with the restrictions on ground surface structure (class 1-2), ground declivity (class 1-2), transport distance (under 100 meters) and soil moisture (class 1-3).

Norra och södra Norrland har ett långvarigt snötäcke över 30 centimeter på fem respektive fyra månader. Södra Sverige har inte samma långvariga snötäcke som skulle påverka skotarna nämnvärt (bilaga 3). Andelen dålig bärighet av alla förstagallringsbestånd i Sverige har redovisats länsvis i studien. De länen med högst andel förstagallringar med dålig bärighet (klass 4 och 5) var Jönköpings- och Kronobergs län (Figur 4).

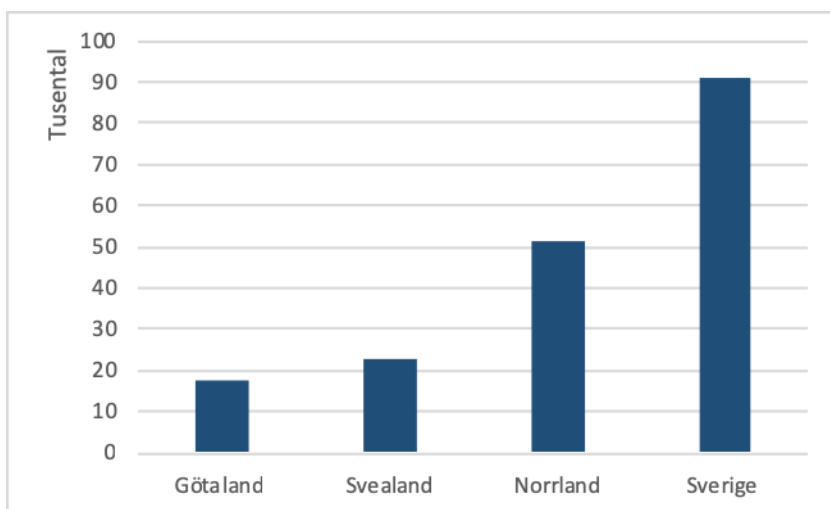


Figur 4 Vänster: Antalet månader med ett snötäcke över 30 centimeter.
 Höger: Andelen (%) förstagallringsskog per län med dålig bärighet (markfuktighet klass 4 och 5) av den totala arealen förstagallringsskog utan några restriktioner på bestånd.

Figure 4 Left: Number of months in each county with a snowcover over 30 centimeters.

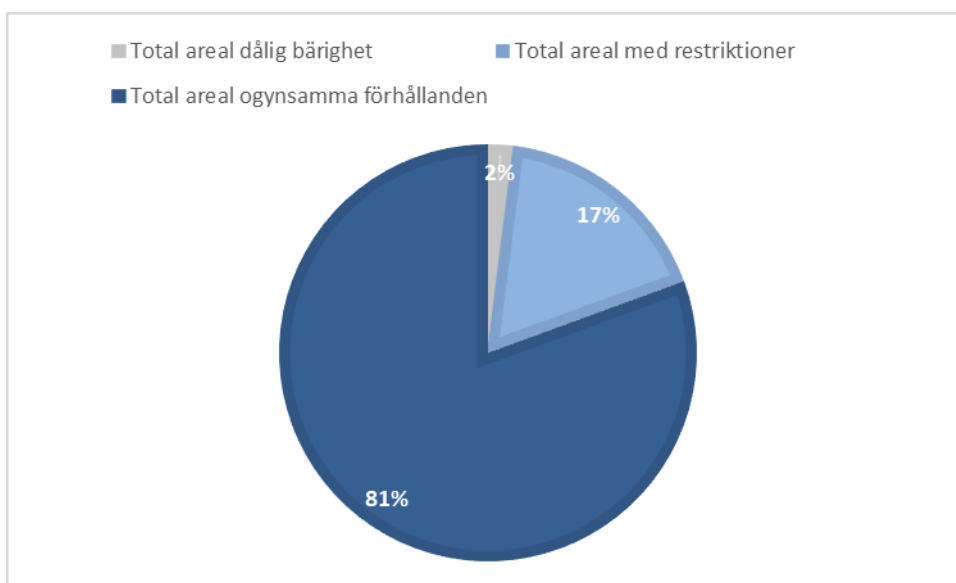
Right: Proportions of first thinning forests with real soft soils (soil moisture class 4 and 5) of the total areal of first thinning without any restrictions.

Totalt i Sverige uppgick arealen förstagallringsskog med dålig bärighet till cirka 90 tusen hektar. Det motsvarar cirka 2 % av totalen. Cirka 50 tusen hektar i Norrland respektive 40 tusen hektar för både Svealand och Götaland (figur 5) (uträkning bilaga 4).



Figur 5 Total förstagallringsareal (ha) med dålig bärighet (markfuktighet klass 4 och 5) utan studiens restriktioner på beståndsegenskaper.

Figure 5 Total area of first thinnings (ha) with real soft soils (soil moisture class 4 and 5) without restrictions on stand characteristics.



Figur 6 Arealfördelning (ha) för de olika beståndsegenskaperna. Total areal dålig bärighet (markfuktighet klass 4 och 5) oberoende från övriga restriktioner. Total areal med restriktioner: ytstruktur (klass 1-2), marklutning (klass 1-2), skotningsavstånd under 100 meter och markfuktighet (klass 1-3). Total areal ogynnsamma förhållanden visar hur stor andel av förstagallringsskogarna som inte är lämpliga för småskotare.

Figure 6 The area distribution (ha) for the different stand characteristics. The total area with real soft soils (soil moisture class 4 and 5) Independent on the restrictions. The total areal with restrictions: ground surface structure (class 1-2), ground declivity (class 1-2), transport distance (under 100 meters) and soil moisture (class 1-3). The total area unfavorable conditions show how much first thinning forest that are not suitable for small forwarders.

DISKUSSION

Restriktioner

De satta restriktionerna grundades på tidigare studieresultat och teknisk data från maskintillverkande företag inom området små skogsmaskiner (Malwa 2019). Småskotare kan även användas i senare gallringar men de är effektivast och har störst konkurrensfördel i förstagallringsskogar. Stora skogsmaskiner får en dyr kostnad per kubikmeter i klen skog (Grönesjö 2016).

Metod

Det data som användes var lättarbetat då det inhämtades i ett Excelformat som var enkelt att sortera i. Dock upptäcktes under arbetes gång att ytstrukturdata saknades. Saknaden av data gjorde att Excelarbetet tog längre tid. Ytstrukturdata behövdes därför matchas med övriga data eftersom den inte fanns inmätt på alla provytor. Det var endast på de fasta provytorna fanns det data om ytstruktur. Riksskogstaxeringen har slutat att samla in data om ytstruktur därför fanns det bara data på en del av provytorna.

Resultat

Resultaten är baserade på restriktionerna vilket är antaganden som gjorts från tidigare studier och litteratur. Därför kan resultatet endast ses som en prediktion på vilka marker småskotare skulle kunna vara lämpliga på, där av kan inga ekonomiska slutsatser dras. Resultatet från denna studie skulle dock kunna användas som grund när den ekonomiska aspekten ska studeras. Studien ger en god hänvisning till vilka områden som är lämpliga att studera närmare.

Vid en snabb uträkning visade det sig att om det maximala skotningsavståndet ökas från 100 till 150 meter så ökar arealen med uppemot 50 %. Detta bidrar till att skotningsavståndet är strakt påverkande på studiens resultat. Vid användning av resultatet från denna studie ska hänsyn till det tas i beaktning. Det kan möjligtvis vara ett smartare val att använda resultatet för att se ett övergripande mönster om vart arealerna finns snarare än exakt hur stor arealen är.

Restriktionen gällande markfuktighet gäller egentligen endast när marken inte är frusen. När marken är frusen kan man även använda en stor maskin där det är dålig bärighet. Detta förhållande gäller under en stor del av året framförallt i norra Sverige. Användningen av småskotare i södra Sverige kan då ses mer intressant då förhållandena med frusen mark är betydligt mer begränsad i tiden. Resultatet visar även att andelen lämpliga bestånd för småskotare är högre i södra Sverige än i norra. Snödjupet är även en aspekt som förespråkar användandet i södra Sverige vilket kan utläsas av resultatet.

Felkällor

Ytstrukturen kunde endast användas på de fasta provytorna. Eftersom data för de resterande provytorna har slutat att samlats in. Avsaknaden av ytstrukturdata kan leda till att denna restriktion blir något överskattad. Troligtvis leder inte detta till något större fel i studien men dock är det en viss osäkerhet över hur många ytor som egentligen har "godkänts" i studien som borde ha sorterats bort på grund av en för grov ytstruktur. På de bestånd där ytstrukturdata finns är det cirka 77 % som har en ytstruktur av klass 1 eller 2. Om fördelningen ser likadan ut på de bestånd som det inte finns någon ytstrukturdata på så är det cirka 23 % av de bestånden som kan ha blivit felaktigt godkända. Dock kan provytorna underkänts på någon annan restriktion vilket gör att felet borde vara mindre än 23 %.

Data som togs fram via SMHI's väderkartor var normalvärden för Sverige och kan tänkas vara bristfällig i kvalitet för denna studie eftersom den inte var skogligt anpassad. Det beror på att väderstationerna är belägna på öppen mark (SMHI). Öppen mark har inte samma väderförhållanden som skogsmark. Data från dessa väderstationer fungerar trots det som en god prediktion på hur snödjupet brukar vara. I normalfallet så är det mindre med snö i skog än på öppen mark. Snön ligger oftast kvar i skogen längre på våren på grund av att det är kallare i skogen.

Framtida studier

I framtida studier skulle det vara intressant att studera den ekonomiska aspekten. Detta arbete skulle i det fallet vara ett bra kompletterande arbete som visar vart arealerna och volymerna förstagallringsskog finns. Resultatet från studien kan vara en bra grund till ett fortsatt mer ingående arbete av den ekonomiska lönsamheten för småskotare. I framtida arbeten vore det även intressant att räkna på hela maskinsystem. Då skulle en jämförelse kunna göras på småskotare tillsammans med både stora och små skördare och hela maskinsystemets lönsamhet. Det skulle även vara intressant att studera på hela den globala marknaden och inte bara begränsa sig till Sverige.

Utöver tidsstudier för hela maskinsystem kan det genomföras återkopplingar till både entreprenörer och skogsägare. En bra bild skulle då kunna ges både på hur skogsarbetet gått rent ekonomiskt respektive hur det upplevts från skogsägare och entreprenörer.

SLUTSATS

Studiens resultat visar att det i Sverige finns ungefär 4,5 miljoner hektar förstagallringsskog och av denna areal har ungefär en femtedel, 860 tusen hektar, förhållanden som är lämpliga för användningen av småskotare. Förhållanden som framförallt är lämpliga för användningen av småskotare är bestånd med en hög markfuktighet och som har ett kort skotningsavstånd. Största arealerna av dessa bestånd finns i norra Sverige där det utgjorde mer än vad som fanns i både Svealand och Götaland tillsammans. Studeras arealerna per län finns största andelen förstagallringsskog med de förhållanden som lämpar sig för användningen av småskotare i södra Sverige.

REFERENSER

Agestam, E. (2015). *Gallring*. Skogsstyrelsen. Skogsskötselserien nr 7. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/mer-om-skog/skogsskotselserien/gallring/> [2019-03-11].

Almkvist, A., Löwhagen, M. & Wannerberg, K. (2012). *Analys av marks bärighet*. Kungliga tekniska högskolan. Industriell teknik och management/Maskinkonstruktion (Examensarbete 2012: 19).

Berg, S. (1982). *Terräng-Typshema för skogsarbete*. uppl.1. Gävle Offset 2006. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/1995/terrangtypschema/> [2019-11-16].

Björheden, R., Gustavsson, H., Henriksen, F., Lundström, H. & Olsson, A. (2018). *Utvärdering av maskinsystemet MALWA för tidig gallring*. Skogforsk. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/82a4696935a34522a13fad49f42bad42/arbetsrapport-972-2018.pdf> [2019-02-25].

Eklblom, U.-C. (2016). *Skotningsarbete i gallring med avseende på körning i arbetet*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel, kandidatarbete 2016:27.

Eriksson, H., Bergqvist, J., Hazell, P., Isacson, G., Lomander, A. & Black-Samuelsson, S. (2016). *Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbruket*. Skogsstyrelsen, Rapport 2:2016. Tillgänglig: https://shopcdn.textalk.se/shop/9098/art63/48637063-1d24e7-klimatet_webb_ny.pdf [2019-03-11].

Grönesjö, R. (2016). *Viktiga faktorer för skogsägare vid gallring*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogshushållning/Skogsmästarprogrammet (examensarbete 2016: 28).

Grönqvist, D. (2011). *Konceptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner*. Kungliga tekniska högskolan. Industriell teknik och management Maskinkonstruktion (examensarbete 2011:34)

Gustavsson, H. (2017). *Tidsstudie och kvalitetsuppföljning vid jämförelse av små och konventionella skördare och skotare i förstagallring*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi/jägmästarprogrammet (examensarbete 5: 2017).

Håkansson, M. (2000) *Skogencyklopedin*. Stockholm: Sveriges skogsvårdsförb.

Jägervall, F. & Johansson, B. (2018). *Efterfrågan av små skogsmaskiner vid gallring i södra Sverige*. Linnéuniversitet. Skog och träteknik (examensarbete 2018-05-12).

Karlström, M. (2016). *Skonsam drivning*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogshushållning/skogsmästarprogrammet (Examensarbete 2016: 22).

Lindsköld, G. (2016). *Drivningsskadornas uppkomst i gallringsskogar*. Yrkehögskolan Novia. Utbildningsprogrammet för skogsbruk (examensarbete 2016-04-08).

Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G. & Fries, C. (2014). *Slutavverkning*. Skogsstyrelsen. Skogsskötselserien nr 20. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-20-slutavverkning.pdf> [2019-03-11].

Malwa (2019). *Våra skogsmaskiner*. <https://www.malwa.se/skotare-skordare> [2019-07-07].

Magnusson, T. (2015). *Mark och vatten*. Skogsstyrelsen. Skogsskötselserien nr 13. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-13-skogsbruk-mark-och--vatten.pdf> [2019-03-11].

Nilsson, B. (2014). Att skörda en skog. *Västerbotten*, vol. 14 (1), ss.5.

Nilsson, S. (2017). *Tillämpning av spårlos drivning vid drivningsplanering på Holmen Skog*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi/Jägmästarprogrammet (Examensarbete 2: 2017).

Nordansjö, I. (1993). *Terrängmaskinen del 1*. uppl. 4. Falköping Gummesson tryckeri.

Nordfjell, T., Borz, S., Krajnc, N. & Toivonen, R. (2018). *Sustainable mobilisation of forest biomass*. Agriculture and innovation. Harvesting and transportation technologies. Tillgänglig: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agrieip/files/fg20_mp5_harvesting_tech_2018_en_0.pdf [2019-03-11].

Nordfjell, T., Öhman, E., Lindroos, O. & Ager, B. (2019) The technical development of forwarders in Sweden between 1962 and 2012 and of sales between 1975 and 2017, *International Journal of Forest Engineering*, 30:1, 1-13, DOI:10.1080/14942119.2019.1591074.

Skogsstyrelsen (2017). *Bruttoavverkning*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/bruttoavverkning/?fbclid=IwAR3RU0zfbtXvXV8NV3BQnImxRJ6s0Nhq12Be33DIGzcuSjBhUfL54EkRYU> [2019-10-10].

SMHI *Snö* | *SMHI*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/sno> [2019-10-08].

SMHI (2019) *Snödjupskartor*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/sno> [2019-04-03].

Riksskogstaxeringen | statistikdatabasen. Tillgänglig: [http://skogsstatistik.slu.se/pxweb/sv/OvrStat/OvrStat_Avverkning/AVV_årlig_avverkning_1andsdelar_tab.px/table/tableViewLayout2/?rxid=0f8538ad-99d3-4953-852f-73fa4af36949&fbclid=IwAR03r3kxIdYJOk5p5je4Cpkybp7PTbVldFHDqBtv7p9iHpTpCfOKhryKfIU](http://skogsstatistik.slu.se/pxweb/sv/OvrStat/OvrStat_Avverkning/AVV_%C3%A5rlig_avverkning_1andsdelar_tab.px/table/tableViewLayout2/?rxid=0f8538ad-99d3-4953-852f-73fa4af36949&fbclid=IwAR03r3kxIdYJOk5p5je4Cpkybp7PTbVldFHDqBtv7p9iHpTpCfOKhryKfIU) [2019-10-29].

Riksskogstaxeringen (2018). *Skogsdata 2018 Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning.

Öberg, D., Lindeberg, J. & Lindeberg, J. (2016). *En jämförande studie mellan stickvägsgående och beståndsgående skördare och skotare*. Linnéuniversitet. Skog och träteknik (examensarbete 2016-05-16).

Öhman, E (2013) *Hjulskotarens tekniska utveckling*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning/Jägmästarprogrammet (examensarbete 395: 2013).

BILAGA 1. TOTAL AREAL

FÖRSTAGALLRINGSBESTÅND

Sammanställda data från Riksskogstaxeringen över förstagallringsskogar per län och landsdel i Sverige. Datat som använts i studien har Riksskogstaxeringen klassat till huggningsklass C1.

Definitionen för C är yngre skog som har en ålder lägre än lägsta slutavverkningsålder. Där hälften av de härskande och medhärskande träden är mindre än 10 cm i brösthöjddiameter (riksskogstaxeringen, 2018).

	Areal (ha)	MedelVolym/ha (ha)	TotalVolym (m3)
Götaland			
Blek	17408	151	2622224
Gotl	18816	88	1663946
Hall	25391	164	4169008
Jkpg	85042	142	12074969
Kalm	79561	138	10966109
Kron	82826	130	10753271
Skåne	34890	144	5024901
V Götaland	167165	152	25467039
Östg	65588	139	9090335
Summa	576689	139	79959056
Svealand			
Dalarna	358664	114	40839812
Sthm	42279	151	6382228
Södm	30261	135	4100042
Upps	70617	145	10231558
Vrml	239413	142	33876991
Vstm	52075	145	7576157
Öreb	105681	142	14960623
Summa	898990	122	109423779
Norrland			
Jmtl	551127	115	63422987
Nbtn	1120496	83	92538735
Vbtn	732604	100	73289022
Vnrl	398251	143	56806942
Gävl	255428	133	34077056
Summa	3057906	143	438624346

	Areal (ha)	MedelVolym/ha (ha)	TotalVolym (m3)
Götaland			
Blek	5910,613087	128,4008992	758928,0354
Gotl	2642,552357	68,39730124	180743,4496
Hall	5483,30296	129,1509441	708173,7544
Jkpg	27182,65047	136,3374485	3706013,209
Kalm	21747,32745	147,5523152	3208868,515
Kron	23911,15241	138,1468202	3303249,672
Skåne	14323,4955	141,1117865	2021214,038
V Götaland	37228,33431	152,4195367	5674325,468
Östg	16937,04987	121,7297783	2061743,326
Summa	155366,4784	129,2496478	20081062,61
Svealand			
Dalarna	67036,22422	114,1817217	7654311,501
Sthm	9360,428707	143,820756	1346223,933
Södm	5673,485876	123,0887744	698342,4228
Upps	13609,46851	151,0076569	2055133,951
Vrml	48738,04385	130,6593094	6368079,15
Vstm	10332,34848	146,1958696	1510546,67
Öreb	30012,3475	153,7577335	4614630,529
Summa	184762,3471	120,3389777	22234111,97
Norrland			
Jmtl	97908,9991	119,3137026	11681885,2
Nbtn	138869,0955	86,98627242	12079704,97
Vbtn	103468,6815	110,4485168	11427962,41
Vnrl	69687,02752	145,9736371	10172468,87
Gävl	39139,01443	127,5394624	4991768,859
Summa	449072,8181	147,5653978	66267609,06

BILAGA 2.

REDUCERAD

AREAL

FÖRSTAGALL

RINGSBESTÅ

ND

Summerade data från Riksskogstaxeringen över förstagallringsskogar per län och landsdel i Sverige med studiens restriktioner. Avstånd till bilväg (fågelvägen) maximalt 100 meter, marklutning maximalt 20 %, ytstruktur klass 1 och 2 och markfuktighet klass 1 - 3.

	Götaland	Svealand	Södra Norrland	Norra Norrland
månad				
jan	0	0	1	1
feb	0	1	1	1
mars	0	0	1	1
april	0	0	0	1
maj	0	0	0	0
okt	0	0	0	0
nov	0	0	0	0
dec	0	0	1	1
summa	0	1	4	5

BILAGA 3. FÖRVÄNTAT SNÖDJUP

Summering av antalet månader med ett snödjup över 30 centimeter. Indelad i Götaland, Svealand, södra och norra Norrland.

	Areal dålig bärighet (ha)	Areal utan restriktioner (ha)	Dålig bärighet (%)
Götaland			
Hall	855,8	25391,39763	3,4%
Jkpg	4801,8	85042,10558	5,6%
Kalm	625,9	79561,14707	0,8%
Kron	5536,3	82826,32815	6,7%
Skåne	640,4	34890,16025	1,8%
V Götaland	4168,5	167164,8597	2,5%
Östg	626,2	65588,37477	1,0%
Summa	17255,0	540464,3731	3,2%
Svealand			
Dalarna	11518,3	358663,5215	3,2%
Södm	625,8	30260,92535	2,1%
Upps	1373,3	70616,64226	1,9%
Vrml	5610,8	239413,2645	2,3%
Vstm	1241,4	52074,89664	2,4%
Öreb	2129,1	105681,4572	2,0%
Summa	22498,6	856710,7075	2,6%
Norrland			
Gävl	8070,0	255427,7804	3,2%
Jmtl	7997,4	551126,7222	1,5%
Nbtn	12995,7	1120496,43	1,2%
Vbtn	14541,6	732603,8502	2,0%
Vnrl	7410,7	398251,333	1,9%
Summa	51015,4	3057906,115	1,7%

BIL
AG
A 4.
ARE

AL DÅLIGBÄRIGHET

Summerade data från Riksskogstaxeringen över förstagallringsskogar per län och landsdel i Sverige med dålig bärighet. Andelen dålig bärighet (markfuktighet klass 4 - 5) har räknats ut genom att dividera antalet hektar med dålig bärighet med totala arealen förstagallringsskog.

