



## Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 946-2017

# Hänsyn i gallring

Use of digital information to preserve  
older retention trees in thinning

Per Westerfelt, Gustav Friberg och Helena Gålnder



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 946-2017

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

## Titel:

Hänsynsstyrning i gallring.

Use of digital information to preserve older retention trees in thinning.

## Bildtext:

Skördare i arbete.

Övre vänstra hörnet:

Karta med trädhöjdsrastret.

Foto: Sven Tegelman, Skogforsk.

## Ämnesord:

Fjärranalys, hänsyn, gallring, planering.

Remote sensing, retention, thinning, planning.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

ISSN 1404-305X

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Per Westerfelt**, Disputerad ekolog. Forskare inom Skötsel- och Miljöprogrammet sedan 2015.



**Gustav Friberg**, jägmästare. Projektledare för STIG-projektet. Forskare inom Skötsel- och Miljöprogrammet sedan 2014.



**Helena Gålnander**, jägmästare. Projektledare. Forskare inom Skötselprogrammet sedan 2014.

## Abstract

More areas of application for existing digital information concerning Swedish forests would increase returns on investments in these cartographic data, and create incentives for updates and further development. In this study, we tested the use of digital information when planning retention measures.

Retention trees have been in focus in recent decades, and the forestry sector should ensure that this 'investment' in nature conservation should be retained over time. If retention is to be optimised and benefits for conservation maximised, it should be considered in all forestry measures to ensure that retention trees can be preserved throughout all subsequent stand phases. If a large proportion of retention trees left in a final felling are felled during subsequent thinnings, old trees will become even more uncommon in future forests in Sweden, which could have severe consequences for many threatened species.

The aim of this pilot study was to investigate whether the tree height grid could be used to identify earlier retention trees in first-thinning stands, as we assumed that older retention trees would be higher than new-generation trees. More specifically, we wanted to create half-automated remote sensing models in ArcMap to map older trees on sites that are 25–30 years of age and that are to undergo first thinning. We also wanted to compare if earlier retention areas (according to our models) were included in the field-planned retention areas ahead of the first thinning on the studied sites.

Results showed that the tree height grid has great potential for use in half-automated remote sensing models to identify higher trees on first felling sites. These should usually be older retention trees. The use of such remote sensing models when making instructions for forwarder drivers should increase the probability that a greater proportion of older retention trees survive several generations. This should result in more old trees in the Swedish production forest. Nearly half of the area assessed to be older trees had not been planned for retention ahead of thinning in our study areas. Future work should focus on obtaining a more validated and general picture of how many older trees from earlier retention are saved in subsequent thinning measures. Our assessment is that the remote sensing method used in this study could be of great help in this.



## Förord

Denna rapport sammanfattar ett projekt som genomförts under 2016 och finansierats via Skogforsk strategiska satsning på produktivitet och skonsamhet. Stort tack till Sveaskog som bidrog med kartmaterial gällande lämpliga trakter och tillhörande hänsynsplanering. Trädhöjdsrastret som användes som bas i fjärranalyserna tillhandahålls av Skogsstyrelsen och baseras på Lantmäteriets nationella laserscanning som startade 2009.

Täcksidan visar en skördare i ett gallringsbestånd samt en karta över en av studietrakterna med trädhöjdsrastret som bakgrund. Fotograf: Sven Tegelman

Uppsala 2017-08-23

Per Westerfelt, Gustav Friberg och Helena Gålnander.

# Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning.....	3
Bakgrund.....	4
Syfte .....	4
Material och metoder.....	5
Studietrakter.....	5
Fjärranalys – kartering av äldre träd.....	5
Matchning mellan planerad hänsyn och karterade äldre träd.....	6
Resultat.....	7
Fjärranalys – kartering av äldre träd.....	7
Matchning mellan planerad hänsyn och karterade äldre träd.....	9
Diskussion.....	10
Fjärranalys – kartering av äldre träd.....	10
Matchning mellan planerad hänsyn och karterade äldre träd.....	11
Slutsatser .....	12
Referenser .....	12
Bilaga 1 .....	13
1.1 Kartmaterial.....	13
1.2 Histogram .....	13
1.3 Fjärranalysmodeller .....	14
1.4 Hänsynsöverlappning.....	15
1.5 Punktmarkerad hänsyn .....	15

## Sammanfattning

Fler användningsområden av dagens befintliga digitala information är intressant för att öka nyttan av investeringar som gjorts i dessa kartmaterial och för att skapa incitament för uppdateringar och vidare utveckling. I denna studie testade vi användandet av digital information för hänsynsplanering.

Det har lagts ner mycket resurser på generell hänsyn de senaste decennierna och skogsbruket bör se till att denna ”investering” i naturvården håller över tid. För att hänsynen ska optimeras och göra störst naturvårdsnytta bör den beaktas i alla skogliga åtgärder så den kan finnas kvar genom beståndets alla faser. Om en stor andel av hänsynsträden som lämnats vid slutavverkning avverkas under gallringar kommer gamla träd bli ännu ovanligare i framtida svenska skogar, vilket kan slå hårt mot många hotade arter.

Syftet med denna pilotstudie var att undersöka möjligheten att använda trädhöjdsrastret för att identifiera den tidigare lämnade hänsynen i förstagallringsbestånd, då vi antog att de äldre hänsynsträden var högre än den nya generationen träd. Mer specifikt ville vi skapa halvautomatiserade fjärranalysmodeller i ArcMap för att kartera äldre träd på trakter som är 25–30 år och står inför en förstagallring. Vi ville också jämföra den tidigare lämnade hänsynen (enligt våra modeller) och den fältplanerade hänsynen inför förstagallringen i de studerade trakterna för att se hur stor yta som sammanföll.

Denna pilotstudie visade att trädhöjdrastret har stor potential att användas i halvautomatiserade fjärranalysmodeller för att hitta utstickande högre träd i förstagallringstrakter, vilket oftast bör vara äldre träd från tidigare hänsyn. Användandet av sådana fjärranalysmodeller bör öka sannolikheten att en högre andel av de äldre hänsynsträden överlever flera omloppstider, vilket leder till en rikligare förekomst av gamla träd i den svenska produktionsskogen. Nästan hälften av den yta som bedömdes bestå av äldre träd hade inga planerade hänsynsåtgärder inför gallringen i våra studietrakter. Det bör göras en större ansats för att få en mer validerad och generell bild av hur många äldre träd från tidigare hänsyn som sparas vid gallringsåtgärder. Vi bedömer att fjärranalysmetodiken i denna studie kan vara till stor hjälp för detta ändamål.

## Bakgrund

Digitalisering av geografisk information i skogsbruket har de senaste åren ökat i omfattning. Skattningar från laserskanning ger information om virkesvolym och markens bärighet och lutning i skogliga bestånd, vilket har gjort svenskt skogsbruk mer effektivt och skonsamt (Friberg, 2016). Fler användningsområden av denna digitala information är intressant för att öka nyttan av investeringar som gjorts i dessa kartmaterial och för att skapa incitament för uppdateringar och vidare utveckling. I denna studie testar vi användandet av digital information för hänsynsplanering.

Det har lagts ner mycket resurser på generell hänsyn de senaste decennierna och skogsbruket bör se till att denna investering i naturvården håller över tid. För att hänsynen ska optimeras och göra störst naturvårdsnytta bör den beaktas i alla skogliga åtgärder så den kan finnas kvar genom beståndets alla faser. Detta kan vara problematiskt då den tidigare hänsynen inte är karterad. Om en stor andel av hänsynsträden som lämnats vid slutavverkning avverkas under gallringar kommer gamla träd bli ännu ovanligare i framtida svenska skogar. Gamla träd, både som levande och döda, är livsnödvändiga för många hotade arter (Lindenmayer, 2012). De utgör boplatser för fåglar samt levnadssubstrat för insekter, lavar och mossor som kräver speciella egenskaper hos ved och bark som endast förekommer hos gamla träd (Berg, 1994; Ehnström, 2002; Poulsen, 2002).

Dagens moderna skogsmaskiner kan koordinatmärka lämnad hänsyn, men då man började avverka med generell hänsyn på 1990-talet, karterades inte den lämnade hänsynen digitalt. Det innebär att det finns en informationslucka angående den tidigare lämnade hänsynen i dessa bestånd tills den är koordinatmärkt och klassad under nutida och framtida skogsvårdsåtgärder.

Om skogliga planerare får enkla fjärranalysverktyg att kartera de äldre träden från tidigare lämnad hänsyn med, så kan risken för avverkning i hänsynsytor minskas. Detta bör i slutändan skapa ett rikligare nätverk av riktigt gamla träd i den svenska skogen, vilket är ett av målen med generell hänsyn. Vi vill i denna studie testa möjligheterna att skapa ett fjärranalysverktyg som hittar äldre träd i förstagallringsbestånd.

## Syfte

Syftet med denna pilotstudie var att undersöka möjligheten att använda trädhöjdsrastret för att identifiera den tidigare lämnade hänsynen i förstagallringsbestånd, då vi antog att de äldre hänsynsträden var högre än den nya generationen träd. Mer specifikt ville vi skapa halvautomatiserade fjärranalysmodeller i ArcMap för att kartera äldre träd på trakter som är 25–30 år och står inför en förstagallring. Vi ville också jämföra den tidigare lämnade hänsynen (enligt våra modeller) och den fältplanerade hänsynen inför förstagallringen i de studerade trakterna för att se hur stor yta som sammanföll.



# Material och metoder

## STUDIETRAKTER

De 19 förstagallringstrakterna som användes i GIS-analyserna låg i Östergötland och norra Småland på Sveaskogs innehav (Figur 1). Beståndsåldern varierade mellan 25 och 31 år. Varje trakt var planerad i fält inför gallringen av Sveaskogs planerare utifrån deras planeringsinstruktion med hänsynsytor markerade i traktdirektiven.



Figur 1. Förstagallringstrakterna som ingick i GIS-analyserna låg i Östergötland och norra Småland inom den markerade rektangeln.

## FJÄRRANALYS – KARTERING AV ÄLDRE TRÄD

För att kartera träd och trädgrupper som bedömdes vara äldre träd från tidigare lämnad hänsyn användes modeller i ArcMap 10.3.1. Det nationella trädhöjdsrastret användes som indata till modellerna tillsammans med traktgränserna. Trädhöjdsrastret återger trädens höjd i decimeter och baseras på den nationella laserskanningen gjord av Lantmäteriet (Lantmäteriet, 2017). Trakterna i denna studie laserskannades under 2010 och 2011. Traktgränserna erhöles av Sveaskog och representerades som polygoner (shape-filer) i ArcMap. En detaljerad beskrivning av vilka kartmaterial som användes ges i (Bilaga 1 – Kartmaterial).

Trädpixlar högre än gallringsbeståndet extraherades och antogs vara äldre träd från tidigare lämnad hänsyn. Höjdgränsen för äldre träd identifierades separat för varje bestånd och matades in manuellt i modellen. Som beslutsstöd för att identifiera höjdgränsen för de äldre träden användes ett histogram över höjdpixlarna för varje bestånd (mer detaljerad beskrivning hur histogrammen skapades ges i Bilaga 1 – Histogram). Pixlar som avvek markant från gallringsbeståndets höjd extraherades. De extraherade pixlarna aggregerades sedan till ytor genom att pixlar belägna inom sex meter från varandra antogs tillhöra en gemensam yta. Den skapade ytan var sedan tvungen att vara minst 14 m<sup>2</sup> för att beaktas, vilket innebar att polygoner som bildats av tre eller färre intilliggande pixlar exkluderas. De ytor som uppfyllde kriteriet antogs vara äldre träd från tidigare lämnad hänsyn. En detaljerad beskrivning av modellerna ges i Bilaga 1, Fjärranalysmodeller.

## **MATCHNING MELLAN PLANERAD HÄNSYN OCH KARTERADE ÄLDRE TRÄD**

För att undersöka hur många av de karterade äldre träden som var planerad hänsyn inför gallringen gjordes en jämförelse av den geografiska överlappningen med den i fält planerade hänsynen. Jämförelsen gjordes i ArcMap och indata var två kartlager; 1) vår modellerade yta som bedömdes vara äldre träd 2) Sveaskogs planerade hänsyn inför förstagallringen. En detaljerad beskrivning av hur överlappningen identifierades ges i Bilaga 1 – Hänsynöverlappning. Karteringen av Sveaskogs hänsyn var baserad på nyligen gjorda fältinventeringar av skogliga planerare. Träd och trädgrupper som planerats som hänsyn inför förstagallringen representerades som punkter eller polygoner i ArcMap. Punkterna och polygonerna var indelade i olika hänsynskategorier som beskrev dess natur- eller kulturvärde. Eftersom syftet i denna studie var att hitta äldre träd exkluderades hänsynskategorier som inte var trädbärande (Tabell 1). För att inte riskera att exkludera fel hänsynskategorier gjordes en granskning av vilka kategorier som var trädbärande.

Hänsynskategorier som förekom på våra studietrakter men som exkluderades p.g.a. att deras hänsynsvärde inte primärt var kopplat till äldre träd:

- Myrfläck.
- Hällmark.\*
- Husgrund.
- Odlingsröse.
- Kolbotten.

Sveaskogs punktmarkerade detaljhänsyn inför gallringen omfattade en yta vars storlek var angiven i traktdirektivet och varierade mellan 25–999 m<sup>2</sup>. För att avgöra om den punktmarkerade hänsynen överlappade en yta som våra modeller markerat som äldre träd så ritades denna yta ut med storleken enligt traktdirektivet, med antagandet att ytan var cirkelformad. En detaljerad beskrivning av hur denna yta skapades ges i Bilaga 1 – punktmarkerad hänsyn.

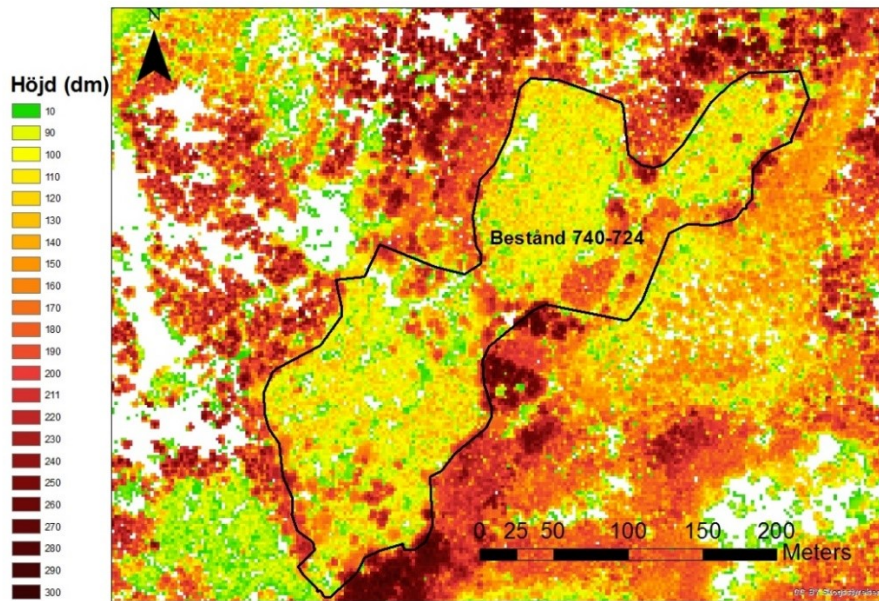
---

\* Trädbärande hällmark var kategoriserad som Hällmarksskog.

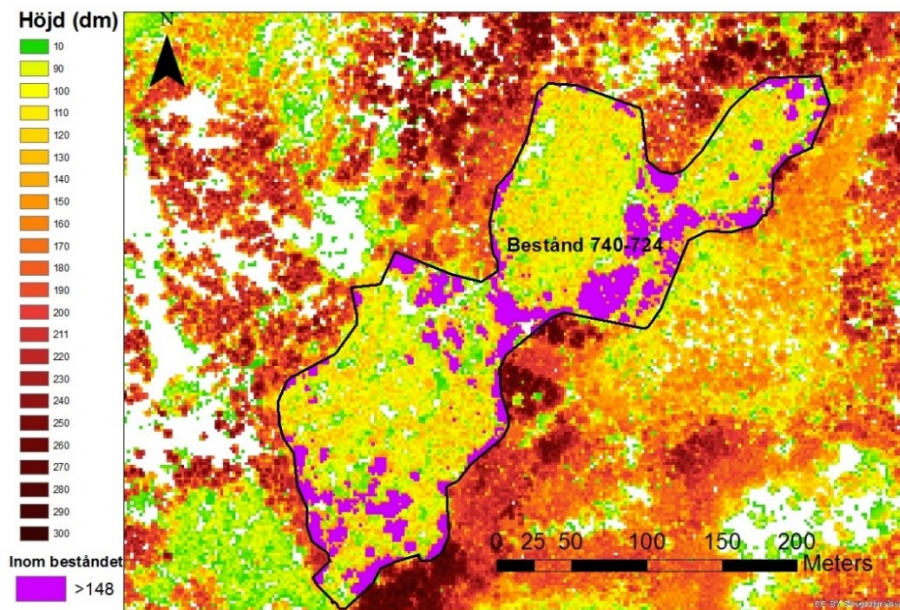
# Resultat

## FJÄRRANALYS – KARTERING AV ÄLDRE TRÄD

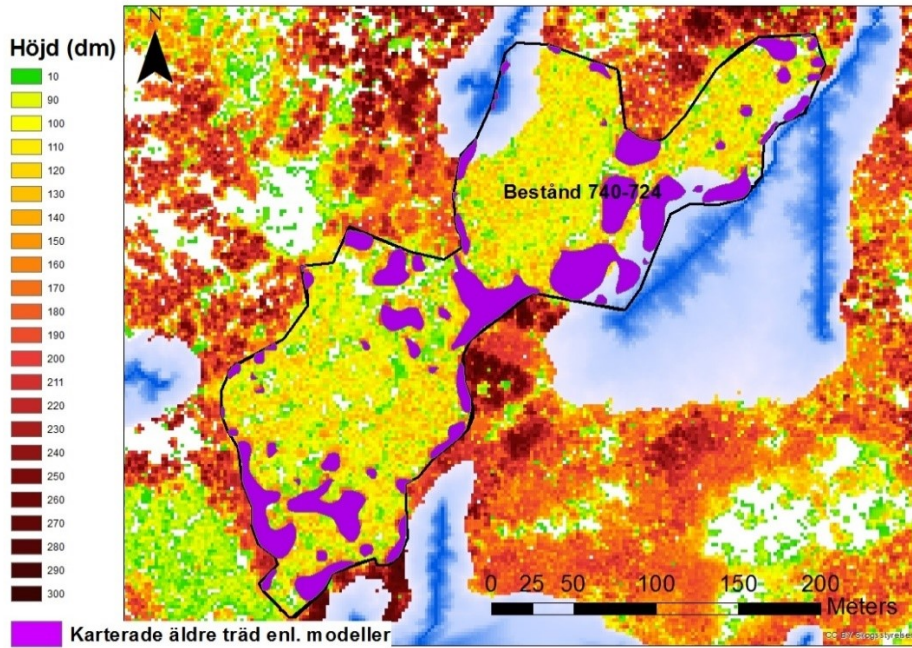
Framtagandet av ett kartexempel visualiseras i Figur 2–4 då pixlarna som bedömdes vara äldre träd från tidigare lämnad hänsyn extraherades och gjordes om till polygoner enligt modellerna. Figur 5 visar histogrammet över höjd-pixlarna i beståndet som visas i Figur 2–4. Histogrammen fungerade som beslutstöd för vilket höjdvärde som skulle extraheras för varje enskilt bestånd.



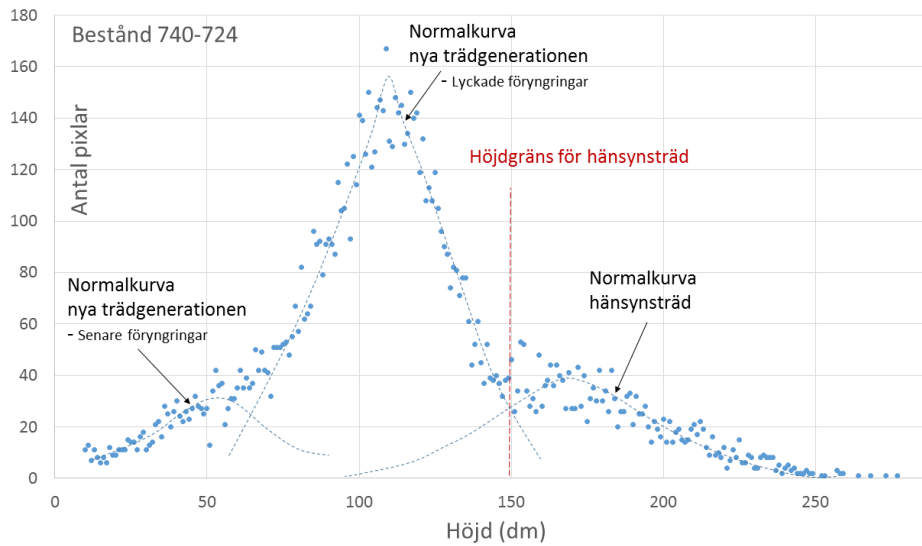
Figur 2.  
En av de 19 studerade trakterna med trädhöjdsrastret som bakgrund. Observera att legenden som visar höjden är förenklad för att rymmas på bilden, det egentliga pixelvärdet är på decimeternivå.



Figur 3.  
Alla pixlar inom beståndet som bedömdes vara gamla hänsynsträd (höjd >148 decimeter) har extraherats (enligt Modell 1) och markerats lila. (se Figur 5 för hur bedömningen verifierades)



Figur 4.  
 Pixelklustrena som bedömdes vara äldre träd har omvandlats till polygoner och aggregerats (enligt Modell 2). Observera att enskilda pixlar har exkluderats. Även markfuktighetskartan är inkluderad, vilket kan ge en ledtråd till var gamla träd finns då blöta partier ofta lämnas vid avverkning.

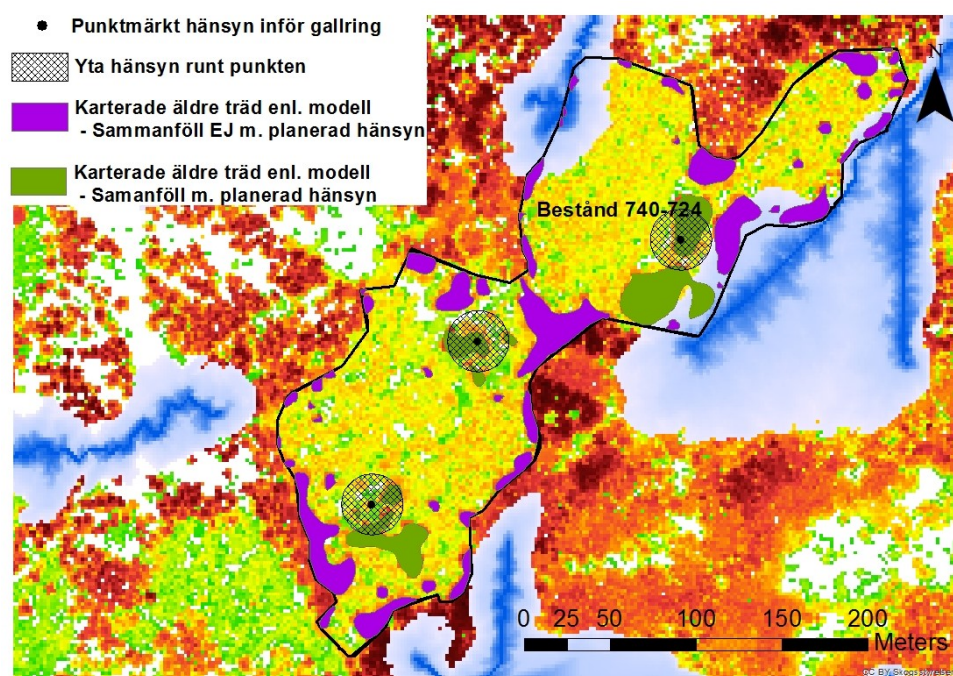


Figur 5.  
 Histogram för de cirka 11 250 höjdpixlarna i beståndet som visas i Figur 2–4.

Vi föreställde oss trädhöjdshistogrammet över en trakt som avverkats med generell hänsyn som ett resultat av 3 normalfördelningskurvor; en för hänsynsträden, en för lyckade föryngringar till den nya trädgenerationen och en för senare föryngringar till den nya trädgenerationen. Observera att sannolikhetskurvorna är utritade för hand enligt vår bedömning i denna pilotstudie och att vi antagit att de liknar en normalfördelning. Vi valde att extrahera ut pixlar med höjd lika med eller över 148 decimeter i beståndet som visualiseras i Figur 2–4 för att hitta de äldre träden. Observera att den lasermätta höjden alltid är lägre än den egentliga trädhöjden då sannolikheten att laserstrålen träffar trädtoppen är mycket liten.

## MATCHNING MELLAN PLANERAD HÄNSYN OCH KARTERADE ÄLDRE TRÄD

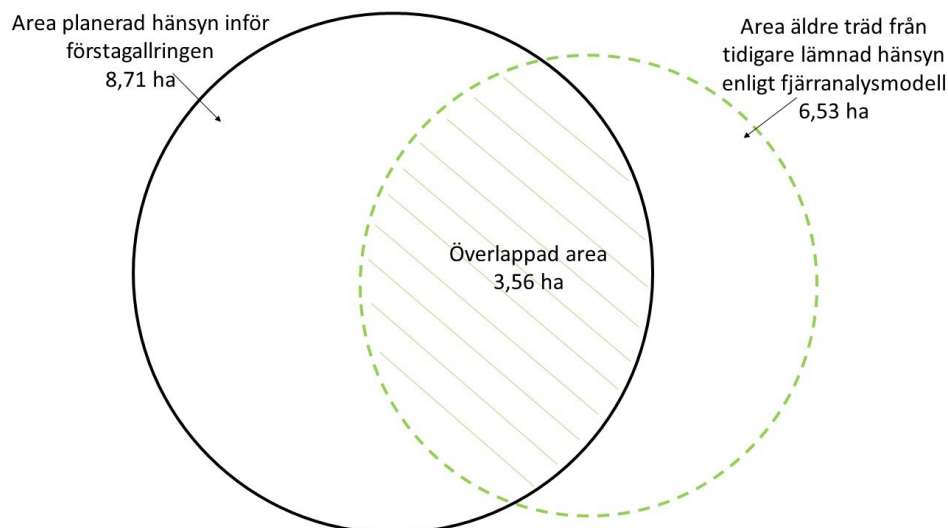
I Figur 6 visualiseras de ytor som bedömts vara äldre träd från tidigare lämnad hänsyn och huruvida den sammanfaller med den planerade hänsynen inför förstagallringen.



Figur 6.

De polygoner som sammanföll med den planerade hänsynen inför förstagallringen har färgats gröna. Den punktmarkerade hänsynen har en tillhörande yta i traktområdet, vilken har antagits vara cirkelformad och ritats ut som en buffert runt punkten. Om någon del av en polygon nuddar ytan till den punktmarkerade hänsynen så räknade vi att hela polygonen var planerad som hänsyn.

För alla 19 bestånd så markerade vår metod ut en yta på 6,53 hektar utstickande högre träd som vi antog var äldre träd från tidigare lämnad hänsyn. Den planerade detaljhänsynen som var kategoriserad till naturvärden där man kan förvänta sig träd (sumpskog, lövskog etc.) hade en areal på 8,71 hektar. Den överlappande ytan mellan de två karteringarna var 3,56 hektar, vilket innebär att 55 procent av modellens utvalda hänsynsytor överlappade den fältplanerade hänsynen (Figur 7).



Figur 7. Arealen hänsyn (där man kan förvänta sig träd) som planerats inför förstagallringen (8,71 ha - svart cirkel) och arealen äldre träd från tidigare lämnad hänsyn (6,53 hektar – grön streckad cirkel) enligt våra modeller, samt hur stor areal som överlappade (3,56 hektar – streckad yta).

## Diskussion

### FJÄRRANALYS – KARTERING AV ÄLDRE TRÄD

Trädhöjdrastret har stor potential att användas i fjärranalysmodeller för att hitta äldre träd från tidigare lämnad hänsyn i förstagallringsbestånd. I studien var oftast höjdskillnaden markant runt avgränsade trädgrupper i förstagallrings-trakterna och därmed uppenbara hänsynsytor från slutavverkningen. Vi bedömer det fullt möjligt att kartera äldre träd med hög upplösning i förstagallrings-trakter (beståndsålder  $\approx 30$  år) med hjälp av halvautomatiserade fjärranalysmodeller. Användandet av denna metod vid gallringsplanering bör öka sannolikheten att en högre andel av de äldre hänsynsträden överlever flera omloppstider, vilket leder till en rikligare förekomst av gamla träd i den svenska produktionsskogen.

Modellerna i denna studie krävde att man, för varje trakt, manuellt matade in ett höjdvärde på pixlarna som skulle extraherats (låg mellan 125–174 decimeter i våra 19 studietrakter). Detta värde får en avgörande betydelse för hur träffsäkert modellen märker ut äldre träd från tidigare lämnad hänsyn. För att optimera denna metod vill man hitta ett höjdvärde som inkluderar äldre hänsynsträd (även de som inte vuxit sig höga p.g.a. ogynnsam växtplats) men som ändå exkluderar de flesta träd från den nya generationen. Att skapa ett histogram över trädhöjderna på en trakt och rita ut tre normalfördelningar (äldre hänsynsträd, lyckade förnygringar av den nya generationen och senare förnygringar) var till stor hjälp för att hitta ett lämpligt gränsvärde. I denna studie bedömdes detta värde visuellt. För vidare användning och implementering är detta något som istället automatiseras och vidareutvecklas så att höjdvärdet matematiskt beräknas för bästa resultat. I våra studerade trakter låg höjdvärdet som vi bedömde var äldre träd relativt nära den övre höjden enligt beståndsregistret ( $\pm 20$  procent).

Trädhöjden varierar inom ett bestånd även hos likåldriga träd p.g.a. lokala ståndortsvariationer. Dessutom har trädslaget betydelse för höjden vid en given ålder då tillväxtkurvan varierar mellan trädarter. Att välja ett höjdvärde för att sortera ut äldre träd (som förväntas vara högre) i ett bestånd kan därför vara problematiskt om förutsättningarna för tillväxt varierar mycket inom beståndet. En lösning kan vara att jobba på finare skala än beståndsnivå. I stället för att utse ett gränsvärde för hela beståndet kan man extrahera olika höjdvärden från delområden inom beståndet baserat på trädslag och de naturliga tillväxtförutsättningarna. En vidareutveckling av denna studie kan därför vara att inkludera mer data i modellerna för att identifiera sådana egenskaper och förutsättningar.

## **MATCHNING MELLAN PLANERAD HÄNSYN OCH KARTERADE ÄLDRE TRÄD**

På våra 19 studerade trakter märkte modellerna ut en yta på 6,53 hektar som alltså bedömdes vara äldre träd. Detta motsvarar 11 procent av den totala ytan på de 19 trakterna, vilket är en rimlig siffra. Av de utmärkta 6,53 hektar sammanföll 55 procent med den planerade hänsynen inför förstagallringen. Huruvida övriga 45 procent var en felmarkering av modellerna eller om de faktiskt var äldre träd som inte var planerad hänsyn är oklart. Förmodligen är det en kombination av båda alternativen. Men säkerligen så fanns det äldre träd som inte var märkta som hänsyn och som därför löper en risk att avverkas under gallringen. Om en stor andel av hänsynsträden som lämnats vid slutavverkning avverkas under framtida gallringar kommer antalet gamla träd minska i framtida svenska skogar, vilket kan slå hårt mot många arter. Det bör därför göras en större ansats för att få en mer generell bild av hur många äldre träd från tidigare hänsyn som sparas vid gallringsåtgärder.

En notering var att punktmarkerad hänsyn gav större osäkerhet om hänsynens beskaffenhet jämfört med hänsyn markerad som en yta. En yta får en geografisk utbredning, vilket saknas hos en punkt och föranleder att det är endast på platsen i sig som det går att skapa sig förståelse för den geografiska utbredningen punkten avses markera. En framtida studie skulle kunna undersöka hur maskinförare upplever olika typer av hänsynsmarkering samt om det finns olikheter i ”felavverkningar” beroende på hur hänsynen märkts i kartan.

Den planerade detaljhänsynen i detta projekt inkluderade endast hänsynskategorier där man kan förvänta sig hitta träd. Vi valde att vara generösa med vilka hänsynskategorier som skulle inkluderas, t.ex. inkluderades bergbranter och raviner som ofta men inte nödvändigtvis var trädbevuxna. Detta för att inte underskatta hur mycket av de äldre träden som planerats som hänsyn. Dock innebär det att ytan planerad hänsyn som inte var äldre träd kan antas ha blivit överskattad.

## Slutsatser

Denna pilotstudie visade att trädhöjdrastret har stor potential att användas för att hitta utstickande högre träd i förstagallringstrakter, vilket oftast bör vara äldre träd från tidigare hänsyn. Nästan hälften av den yta som bedömdes vara äldre träd var inte planerad hänsyn inför gallringen i våra studietrakter. Det bör göras en större ansats för att få en mer validerad och generell bild av hur många äldre träd från tidigare hänsyn som sparas vid gallringsåtgärder. Vi bedömer att fjärranalys-metodiken i denna studie kan vara till stor hjälp för detta ändamål.

## Referenser

- Berg, Å., Ehnström, B., Gustafsson, L., Hallingbäck, T., Jonsell, M. & Weslien, J. 1994. Threatened Plant, Animal, and Fungus Species in Swedish Forests: Distribution and Habitat Associations. *Conservation Biology* 8 (3), 718–731.
- Ehnström, B. & Axelsson, R. 2002. Insektsgnag i bark och ved. Artdatabanken, SLU, Uppsala.
- Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetsakartor körskador i skogsbruket. Arbetsrapport 904–2016. Skogforsk. Uppsala.
- Lantmäteriet. 2017. [ONLINE] <http://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-ochgeografisk-information/Hojddata/Fakta-om-laserskanning/> Tillgänglig 2017-01-25.
- Lindenmayer, D. B., Laurance, W. F. & Franklin, J. F. 2012. Global decline of large old trees. *Science* 338 (6112), 1305–1306.
- Poulsen, B. O. 2002. Avian richness and abundance in temperate Danish forests: tree variables important to birds and their conservation. *Biodiversity and Conservation* 11 (9), 1551–1566.



# Bilaga 1

## 1.1 KARTMATERIAL

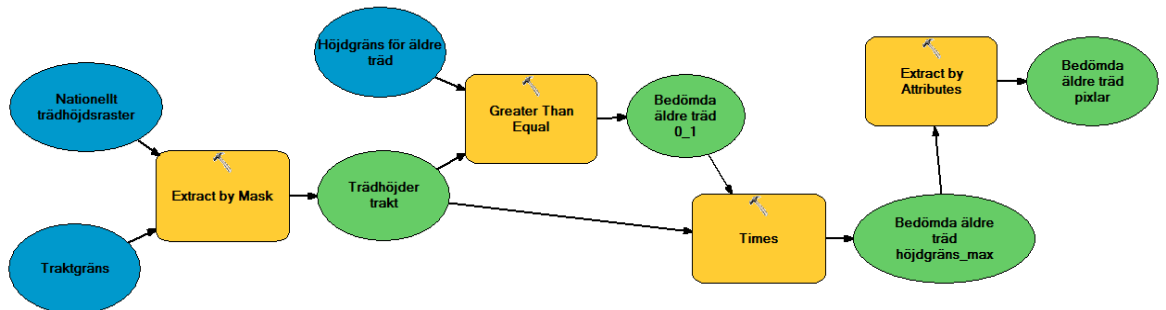
- Nationellt trädhöjdsraster - återger trädens höjd i decimeter och baseras på den första nationella laserscanningen gjord av Lantmäteriet som påbörjades 2009. Pixelstorleken är  $2 \times 2$  meter och i genomsnitt har varje pixel två laserträffar, där medelvärdet blir den registrerade höjden. Pixlar med enbart markträffar exkluderas ur rastret. Trakterna i denna studie laserscannades mellan 2010-10-25 och 2011-10-14 beroende på geografisk placering. Trädhöjdsrastret kan visualiseras för alla i Skogsstyrelsens karttjänst: ([https://skogskartan.skogsstyrelsen.se/skogskartan/Default.aspx?starta\\_pp=skogligagrunddata](https://skogskartan.skogsstyrelsen.se/skogskartan/Default.aspx?starta_pp=skogligagrunddata)) men för full användning krävs geodatasamverkan med Skogsstyrelsen.
- Sveaskogs beståndsregister – Sveaskogs egna kartfiler (shapefiler) som visar alla trakter som polygoner med tillhörande information som t.ex. total area och area planerad hänsyn.
- Sveaskogs detaljhänsyn – Sveaskogs egna kartfiler (shapefiler) som visar den planerade hänsynen. Hänsynsobjekt med en yta större än  $1000 \text{ m}^2$  representerades som en polygon medan mindre hänsynsytor representerades som punkter där den tänkta ytan ( $100\text{--}999 \text{ m}^2$ ) är utskriven i traktdirektivet. Punkterna gjordes till polygoner i form av en cirkel med motsvarande yta beskriven i traktdirektivet. Varje hänsynsobjekt är klassificerad till en hänsynskategori som beskriver objektets natur- eller kulturvärde.
- Markfuktighetskartan – Raster som återger avståndet i centimeter mellan grundvattnet och markytan. Låga värden betyder alltså att marken är fuktig/blöt. Pixelstorleken är  $2 \times 2$  meter. Pixlar där avståndet är mer än 1 meter är exkluderade.

## 1.2 HISTOGRAM

För bedömning utifrån trädhöjdsrastret vad som var äldre träd från tidigare lämnad hänsyn i förstagallringstrakterna gjordes ett histogram för höjdpixlarna för varje trakt. Histogrammet gjordes i Excel men själva tabellen med frekvensen för olika höjdvärden skapades med verktyget ”Table to Table” i ArcMap. Utifrån histogrammet gjordes en bedömning vilken höjd som motsvarar äldre träd, vilka rimligen borde vara högre än den nya generationen träd i de flesta fall.

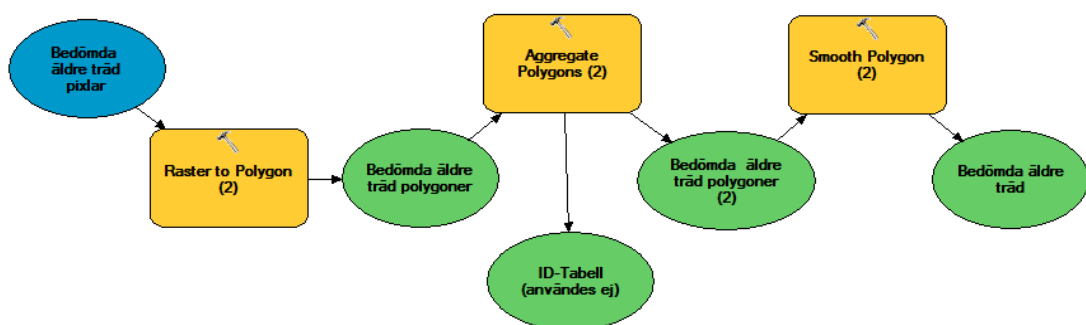
### 1.3 FJÄRRANALYSMODELLER

Analyserna gjordes i ArcMap 10.3.1 med hjälp av ModelBuilder. För att klippa ut höjdpixlarna för varje trakt från det nationella trädhöjdsrastret och extrahera ut höjdpixlarna inom trakten som vi bedömde var gamla hänsynsträd användes Modell 1 (se nedan).



Modell 1 – För att klippa ut höjdpixlarna för en trakt användes verktyget ”Extract by Mask”. För att extrahera ut höjdpixlarna som vi antog var äldre träd användes verktyget ”Greater than Equal”, vilket skapar ett raster där alla pixlar får värdet 0 eller 1. Pixlar som har ett höjdvärde lika med eller över det angivna värdet (Höjdgräns för äldre träd) får värdet 1 och alla andra pixlar får värdet 0. För att återskapa ett raster med de riktiga höjdvärdena multiplicerades det nya rastret (Bedömda äldre träd 0\_1) med det gamla rastret (Trädhöjder trakt) med verktyget ”Times”. Detta motsvarar en matrismultiplicering och skapar därmed ett raster där pixlarna med värdet 1 återfår sitt riktiga höjdvärde medan pixlarna med värdet 0 förblir nollor. För att exkludera noll-pixlarna användes verktyget ”Extract by Attributes”.

För att omvandla pixelklustrena som antogs var äldre träd till polygoner (shapefiler) samt att exkludera singelpixlar som extraherats ut från Modell 1 så användes Modell 2 (se nedan).



Modell 2 – Verktyget ”Raster to Polygon” användes för att omvandla raster-pixlarna till polygoner, där varje pixel blir en fyrkantig polygon med måttet  $2 \times 2$  meter. För att aggregera intilliggande polygoner till sammanhängande ytor användes verktyget ”Aggregate Polygons”. Vi valde att polygoner som låg inom 6 meter från varandra klumpades ihop till en sammanhängande polygon. Dessutom kan man i detta verktyg välja minimumyta på polygoner som bildas samt minimumyta på tomma ytor inom en polygon.

Vi valde 14 m<sup>2</sup> som minimumyta, vilket innebar att polygoner som bildats av tre eller färre intilliggande pixlar exkluderas. Vi valde 50 m<sup>2</sup> som minimum på tom yta inuti en polygon, vilket innebar att en tom yta som var mindre än 50 m<sup>2</sup> (<12 pixlar) som omsluts av polygoner som vi antagit var äldre träd blev inkluderad i polygonen. Verktöget "Smooth Polygons" användes för att göra konturerna mjukare hos polygonerna.

#### **1.4 HÄNSYNSÖVERLAPPNING**

För att undersöka hur mycket av de äldre träden (enligt våra modeller) som sammanföll med den planerade hänsynen inför förstagallringen användes verktöget "Select Layer by Location". På "Relationship-raden" valdes "INTERSECT", vilket innebar att polygoner som nuddade varandra blev valda. Dessa polygoner gjordes till ett eget kartlager (genom att högerklicka på lagret – välja "Selection" – "Create Layer from Selected Features") och exporterades till en shape-fil (genom att högerklicka på lagret – välja "Data" – "Export Data"). Ytan på alla polygoner som sammanföll räknades ut i en nyskapad kolumn (genom att klicka på "Table options" längst upp till vänster i attributtabeln och välj "Add Field" – högerklicka på kolumnrubriken och välj "Calculate geometry").

#### **1.5 PUNKTMARKERAD HÄNSYN**

Detaljhänsyn representerad som punkter (yta <1 000 m<sup>2</sup>) gjordes till cirklar med ytstorleken som beskrevs i trakt Direktivet med verktöget "Buffer". Radien på cirkeln (=buffertzonen) räknades ut ( $r = \text{Area} / \pi$ ) för varje punkt i en nyskapad kolumn i attributtabeln hos detaljhänsyn-lagret (genom att klicka på "Table options" längst upp till vänster i attributtabeln och välj "Add Field" – högerklicka på kolumnrubriken och välj "Field calculator"). Dessutom räknades ytan ut för alla polygoner som bedömts vara äldre träd samt all yta som märkts ut som planerad hänsyn inför förstagallringen för att kunna räkna fram andelar från respektive kategori.



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2016

### År 2016

- Nr 892 Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.
- Nr 893 Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.
- Nr 894 Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost (*Thekopsora areolata*) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection (*Thekopsora areolata*) by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.
- Nr 895 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.
- Nr 896 Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.
- Nr 897 von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.
- Nr 898 Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.
- Nr 899 Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning. – Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot – Automatic follow-up of thinning.- Stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient.. 47 s.
- Nr 900 Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.
- Nr 901 Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flissystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.
- Nr 902 Enström, J., Asmomar, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.
- Nr 903 Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.
- Nr 904 Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.
- Nr 905 Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.

- Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförers travmätning. – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.
- Nr 907 Björheden, R. 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd - en litteraturstudie. – Mechanised harvesting of large-size hardwood trees – a literature study. 26 s.
- Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd. – Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.
- Nr 909 Brunberg, T. & Lundström, H. 2016. Tidsåtgång och bränsleåtgång vid användning av sortimentsgripen 2014-Evaluation of assortment grapple 2014 in terms of processing time and fuel consumption. 19 s.
- Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.
- Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundström, H. 2016. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.
- Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner, J. 2016. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in heavy-timber final felling. 38 s.
- Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.
- Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potentialer till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.
- Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie. – Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.
- Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.
- Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & Eliasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar. – Effect of compaction on forest roads. 24 s.
- Nr 918 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, B., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Cutting capacity of saw chains – a comparative study. – Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. Ss. 38.
- Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk, M., Flisberg, Patrik & Rönqvist Mikael. VägRust på SCA. En analys av vägupprustningsbehov på SCA Skog AB:s tre sydliga förvaltningar. – Decreased cost of logistics with RoadOpt. An analysis of road upgrading needs on three southern holdings at SCA Skog AB. 35 s.

År 2017

- Nr 920 Bergqvist, M., Bradley, A., Björheden, R. & Eliasson, L. 2017. Validering av STP (Surfacing Thickness Program) för svenska förhållanden – Validation of the Surfacing Thickness Program (STP) in Swedish conditions. 40 s.
- Nr 921 Eriksson, B. & Sääf, M. 2017. Branschanalys-Ekonomiska prestationer i entreprenadskogsbruket. – Sector analysis: economic performance in contractor forestry. 31 s.
- Nr 922 Söderberg, J., Willén, E. & Bohlin, J. 2017. Gallringspunkter från fjärranalys. – Identification of thinning needs using remote sensing. 14 s.
- Nr 923 Mohtashami, S. & Willén, E. 2017. Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys. – Identifying cultural heritage sites in forest with remote sensing. 32 s.
- Nr 924 Mörk, A., Englund, M. & Brunberg, T. 2017. Utvärdering av sortimentsgripen i simulator. – Evaluation of assortment grapple tested in a simulator. 17 s.
- Nr 925 Mc Carthy, R., Johansson, F. & Bergkvist, I. 2017. Högläggning med tre- och fyra-uddigt rivhjul. – Mounding with three- and four-pointed mattock wheels 15 s.
- Nr 926 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Willhelmsson, L. 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå.
- Nr 927 Asmoarp, V. Davidsson, A., Flisberg, P. & Palmér Carl Henrik. 2017. Skogsbrukets möjlighet att utnyttja föreslagna BK4-vägar för 74-tonsfordon. – Evaluation of forestry sector potential to operate 74-tonne vehicles on the proposed BK4 roads. 28 s.
- Nr 928 Friberg, G., Berlin M., Johannesson, T. & Eliasson, L. 2017. Luttningsindex – beslutsstöd vid markberedning. – Slope index – decision support tool for scarification.
- Nr 929 Arlinger, J., Möller, J.J., Eriksson, I. & Bhuiyan, N. 2017. Forestand – skördardata. – Standardisering av skördar-databaserade beskrivningar av uttag och kvarvarande skog efter gallring.
- Nr 930 Flisberg, P., Frisk, M., Mikael, Rönnqvist, M. & Willén, E. 2017. Turordningsplanering – Sequencing in operational planning. 28 s.
- Nr 931 Eliasson, L. & von Hofsten, H. 2017. Prestation och bränsleförbrukning för en stor mobil flishugg. – Albach 2000 Diamant. – Productivity and fuel consumption of a large mobile wood chipper – Albach 2000 Diamant. 16 s.
- Nr 932 Englund, M., Mörk, A., Andersson, H. & Manner, J. 2017. Delautomatiserad skotarkran. – Utveckling och utvärdering i simulator. – Semi-automated forwarder crane. – Development and evaluation in a simulator. 28 s.
- Nr 933 Jonsson, R., Mohtashami, S., Eliasson, L., Jönsson, P. och Ring, E. 2017. Risning av stickvägar i slutavverkning – Effekter på spårbildning, skotarens bränsleåtgång, körhastighet, helkroppsvibrationer och skördarprestation. – The effect of slash reinforcement of strip roads on rutting, forwarder's fuel consumption, driving speed, whole body vibrations and harvester performance. 21 s.
- Nr 934 Bjurholm, A., Jansson, G., Thierfelder, T. & Nordström, M. 2017. Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave -en statistisk och ekonomisk analys. – Evaluation of methods for measuring roundwood in stacks – a statistical and economical analysis 67 s.

- Nr 935 Enström, J., Asmoarp, V., Bergkvist, M. & Davidsson, A. 2017. F örstudie för projektet Pilotimplementering av 74 ton. - Preliminary study for the Pilot Implementation of 74-tonne Vehicles project, commissioned by the Swedish Transport Administration. 50 s.
- Nr 936 Eliasson, L. & von Hosten, H. 2017. Acceleratorhastighetens effekt på Prestation, bränsleförbrukning och fliskvalitet för en större trumhugg – Bruks 1006. – Effect of accelerator speed on productivity, fuel consumption and chip quality for a large drum chipper – Bruks 1006. 12 s.
- Nr 937 Söderberg, Jo., Willén, E., Möller, J.J., Arlinger, J. och Bhuiyan, N. 2017. Utvärdering av utbytesprognoser med skogliga laserskattningar och skördardata – resultat från tre fallstudier. – Evaluation of yield forecasts produced by forest laser estimations and harvester data – results from three case studies. 61 s.
- Nr 938 Högberg, K.-A. 2017. Effekter av förökningsmetod på plantors tidiga utveckling – somatisk embryogenes på gran och sticklingförökning av tall. – Effects of propagation method on early development of plants – somatic embryogenesis for spruce and cutting propagation for pine. 15 s.
- Nr 939 von Hofsten, H. 2017. Transportekonomi vid massavedstransport med olika antal travar på 74 tons virkesbil -Teoretisk analys. – Transport economics in pulp wood transport. – A theoretical analysis of number of stacks on 74-tonne trucks. 12 s.
- Nr 940 Nordström, M. & Hannrup, B.- 2017. Förbättrad diametermätning i skördare – En pilotstudie med åtta Ponsse slutavverkningsskördare. – Improved diameter measurement in harvesters: A pilot study using eight Ponsse harvesters for final felling. 54 s.
- Nr 941 Brunberg, T., Johansson, F. och Löfroth C. 2017. Dieselförbrukningen hos skogslastbilar under 2016. – Diesel consumption in forest trucks, 2016. 9 s.
- Nr 942 Eriksson, B, Alenius, H., Ahlström, A. & Sääf, M. 2017. Sammanslagna tjänster i skogsbruket – Vertikal integration i skogsbruket. Vertical integration in forestry services. 24 s.
- Nr 943 Mörk, A., Sääf, M. & Jönsson, P. 2017. Förslag till riktlinjer för bättre trakttdirektiv.
- Nr 944 Siljebo W., J Möller, J.J. , Hannrup, B. & Bhuiyan, N. 2017. Modul för beräkning av skogsbränsle baserat på skördardata. – hprCM version 1.0 – Harvested Production Calculation Module baserad på StanForD 2010 version 3.2. 65 s.
- Nr 945 Willén, E., Friberg, G., Flisbeg, P., Andersson, G., Rönnqvist, M. & Westlund, K. 2017. Bestway – beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar för skotare – Metodrapport. Bestway – decision support tool for proposing main base roads for forwarders. – Method report. 36 s.
- Nr 946 Westerfelt, P., Friberg, G. & Gålnander, H. 2017. Hänsyn i gallring – Use of digital information to preserve older retention trees in thinning. 15 s.
- Nr 947 Söderberg, J. 2017. Utvärdering av utbytesprognoser med skogliga laserskattningar och skördardata. – Resultat från tre fallstudier. – Evaluation of yield forecasts produced by forest laser estimations and harvester data – results from three case studies.
- Nr 948 Utvärdering av lönsamheten av olika skötselprogram med gallringsmallen och planeringsinstrumentet INGVAR.
- Nr 949 Sikström U., Gålnander ,H., Hjelm, K., Hajek, J., Friberg , G. & Sundblad L.-G. 2017. Beståndsplaneringskedjan – The regeneration chain.
- Nr 950 von Hofsten, H. & Johansson, F. 2017. HCT-kalkyl – En interaktiv kalkylmodell för att jämföra lastbilstorlekar. 22 s.





## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

### FORSKNING OCH UTVECKLING

Sex forskningsprogram och processer:

- Driftsystem
- Förädling
- Skogsskötsel
- Värdekedjor
- Digitalisering
- Skogliga samhällsnyttor

### UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

## Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 946-2017



[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)