



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 926–2017

## Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå

Continuous-cover silviculture  
at landscape level

Johan Sonesson, Lars Eliasson, Staffan Jacobson,  
Märtha Wallgren, Jan Weslien och Lars Wilhelmsson

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 926–2016

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

## Titel:

Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå.  
Continuous-cover silviculture at landscape level.

## Bildtext:

Hur vi sköter skogslandskapet har betydelse för en mängd ekosystemtjänster.

## Foto:

Rikard Jonsson, Lars Klingström,  
Bo Magnusson, SKOGENBild

## Ämnesord:

Blädning, högskärm,  
konsekvensanalys,  
ekosystemtjänst

Selective cutting, shelter,  
consequence analysis,  
ecosystem service.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

ISSN 1404-305X



# SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

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

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Johan Sonesson, SkogD**, Seniorforskare. Anställd på Skogforsk sedan 1995. Arbetade med skogsträdsförädling till 2004 och i dag med planering, skogsskötsel och ekosystemtjänster.



**Lars Eliasson**, docent. Arbetar på Skogforsk med teknik och metodutveckling inom skogsbränsleområdet.



**Staffan Jacobson, SkogD**. Studerar olika skötselåtgärders effekt på skogsproduktionen.



**Märtha Wallgren, Ph.D.** Viltökolog. Arbetar på Skogforsk med vilt- och betesfrågor.



**Jan Weslien, Professor**. Arbetar på Skogforsk sedan 1995 främst inom områdena skogsskydd mot skadeinsekter och naturhänsyn vid olika skogsbruksåtgärder.



**Lars Wilhelmsson, SkogD**. Chef strategisk FoU-samverkan och forskare inom området Värdekedjor, virkesegenskaper och råvaruutnyttjande, med fokus på Industrinytta. Var skogsträdsförädlare 1979-95.

## Abstract

In this study, we have analysed the consequences of more extensive use of continuous-cover forest (CCF) systems in Sweden. The analysis was based on a literature review and a survey of current knowledge regarding the effects of CCF on wood production, harvest, assortments and quality, logging costs and felling damage, insect and storm damage, root rot, climate benefit, climate adaptation, flora and fauna, reindeer husbandry, recreational values, wildlife, berries and fungi. The consequences of three different scenarios with different proportions of CCF (10, 30 and 100 %) were assessed. This was compared with 'business-as-usual', i.e. today's silviculture practices with clearcuts and conservation according to forest sector objectives.

With increased proportion of the landscape managed by CCF the total wood production and financial yield decreased. Positive effects with increasing proportion of CCF can be expected for species depending on tree continuity and for reindeer husbandry. Even at 10 % of the landscape managed by CCF significant positive effects for these two services can be expected if the CCF stands is concentrated where they contribute the most. Reduced wood production and smaller harvests of forest residue has a negative effect of the long-term climate benefit from forestry. And there is less opportunity to use genetically improved and climate adapted-plant material.



## Förord

Detta är en rapport inom som gjorts inom ramen för Skogforsks projekt ”Konsekvensanalyser av skogsbrukssystem (KOSS)”. KOSS har initierats av Skogforsks styrelse och vilka analyser som skall utföras beslutas av en kommitté med representanter från skogsnäringen. Arbetet utförs enligt riktlinjer som anger att kunskapssammanställning och syntes skall vara den normala metoden vid arbetet med dessa konsekvensanalyser, och där en mer begränsad inledning ska kunna ligga till grund för att besluta om eventuella djupare analyser av valda delar av området, eller för att identifiera *forskningsbehov* som leder till helt nya forskningsprojekt. Denna rapport är resultatet av en sådan inledande analys.

Uppsala 2017-02-28

*Johan Sonesson, Lars Eliasson, Staffan Jacobson,*

*Märtha Wallgren, Jan Westlin och Lars Wilhelmsson*

# Innehåll

<b>Förord</b> .....	1
<b>Summary</b> .....	4
<i>Synthesis of the three scenarios</i> .....	5
<b>Sammanfattning</b> .....	7
<i>Syntes av de tre scenarierna</i> .....	8
<b>Bakgrund</b> .....	9
<b>Syfte</b> .....	10
<b>Genomförande</b> .....	10
<b>Metod</b> .....	11
<i>Steg 1 – Beskrivning</i> .....	11
<i>Steg 2 – Bedömning</i> .....	11
<b>Resultat</b> .....	12
<i>Virkesproduktion och virkesuttag</i> .....	12
Beskrivning .....	12
Bedömning.....	15
<i>Virke- sortiment och kvalitet</i> .....	16
Beskrivning .....	16
Bedömning.....	17
<i>Driving – kostnader och skador</i> .....	18
Beskrivning .....	18
Föryngring.....	24
Bedömning.....	25
<i>Insektskador och stormskador</i> .....	27
Beskrivning .....	27
Bedömning.....	27
<i>Rotröta</i> .....	29
Beskrivning.....	29
Bedömning.....	30
<i>Klimatnytta</i> .....	31
Beskrivning .....	31
Bedömning.....	32
<i>Klimatanpassning</i> .....	32
Beskrivning .....	32
Bedömning.....	33
<i>Flora och fauna</i> .....	34
Beskrivning .....	34
Bedömning.....	36

<i>Rennäring</i> .....	37
Beskrivning .....	37
Bedömning.....	38
<i>Rekreativsvärden</i> .....	39
Beskrivning .....	39
Bedömning.....	40
<i>Vilt</i> .....	40
Beskrivning .....	40
Trakthyggesbruk .....	41
Bedömning.....	43
<i>Bär och svamp</i> .....	43
Beskrivning .....	43
Bedömning.....	44
<b>Syntes</b> .....	<b>45</b>
<i>Sammanfattning av de tre scenarierna</i> .....	45
<i>Omställning av dagens skogslandskap</i> .....	47
<b>Kunskapsbehov</b> .....	<b>48</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>50</b>

## Summary

Since the 1950s, forestry in Sweden has been completely dominated by clearcutting. During certain periods, various forms of shelterwood and seed tree regeneration have been popular. Continuous-cover selectively-cut (uneven-aged) forest is very uncommon below the coniferous forest near the Scandinavian mountain range.

At the same time, interest in continuous-cover silviculture systems has increased. Advocates often emphasise three benefits: recreational value, biological diversity and the needs of reindeer husbandry. There are also economic arguments, such as lower regeneration costs and expected higher wood quality.

In this study, we summarise an analysis of the consequences of more extensive use of continuous-cover methods. The analysis was based on a literature review and a survey of current knowledge regarding the effects of continuous-cover silviculture on wood production, harvest, assortments and quality, logging costs and felling damage, insect and storm damage, root rot, climate benefit, climate adaptation, flora and fauna, reindeer husbandry, recreational values, wildlife, berries and fungi.

The consequences of three different scenarios with different proportions of continuous-cover silviculture were assessed. This was compared with ‘business-as-usual’, i.e. today’s silviculture practices with clearcuts and conservation according to forest sector objectives.

**HF10** – Continuous cover applied on 10 percent of the productive forest land, in addition to voluntary set-asides for conservation, used with selective cutting in spruce forest. The level of conservation corresponded to forest sector objectives.

**HF30** – Continuous cover applied on 30 percent of the productive forest land, with selective cutting in spruce forest. Selective cutting was applied on half of all spruce forest.

**HF100** – Continuous cover applied on 100 percent of all productive forest land. Selective cutting in spruce stands, and shelterwood in pine, mixed, and deciduous stands.

In all scenarios, it was assumed that conservation measures were carried out at a level corresponding to forest sector objectives. Continuous-cover silviculture was also assumed to have been carried out for such a long time that the selective-cut forest had developed to a complete multi-level forest. Shelterwood silviculture had also been practised for a long time. Consequently, the transition from single- to multi-level forest was not included in the analysis.

Another condition was that the scenarios were based on an imaginary Swedish ‘typical’ forest, where half of the land comprised spruce habitats and half was more suitable for pine, and with an even number of trees in each age-class. Deciduous tree content was also assumed to be as in today’s forests. In reality, it can be difficult to attain the goal of deciduous tree content because the pioneer deciduous trees (primarily birch) completely dominate today. Pioneer deciduous species would be discouraged by continuous-cover silviculture.



## **SYNTHESIS OF THE THREE SCENARIOS**

Here, we summarise the consequences found for the three scenarios compared with current practice.

### **HF10 – Selective cutting on 10 percent of the productive forest land**

The effects on a landscape level are moderate. Average wood production falls by approximately 2 percent, and harvest of logging residue is reduced. The financial yield for the forest owner is slightly lower. The risk of damage is only marginally affected.

However, the scenario has significant positive effects for continuity-dependent species, particularly if the selective-cutting forests are concentrated around sites of high conservation value with forest continuity. Species favoured by disturbance are only marginally affected.

Reindeer husbandry benefits greatly from 10 percent selective-cutting stands, if these are favourably located. Recreational values increase somewhat, and there is some positive effect on fungi and blueberry production. Small game benefits from the greater variation in the landscape, but ungulate populations are largely unaffected.

### **HF30 – Selective cutting on 30 percent of the productive forest land**

In this alternative, selective cutting is used on half of all spruce forests. The consequences show the same trends as in HF10, but the changes are often greater at landscape level.

Wood production falls by 5-6 percent, particularly noticeable in a reduced volume of pulpwood but also in the volume of saw timber. Less harvest of logging residue because spruce contributes most logging residue. The costs of logging and transport increase, but the costs of silviculture decrease, and the financial yield for the forest owner is reduced.

The proportion of deciduous trees in the selectively-cut forests decreases, so more trees are needed in the rest of the forest, which is harvested by clearcutting. The risk of damage increases, including root rot and logging damage, but problems caused by pine weevils disappear in the selectively-cut areas.

We can expect significantly positive effects for plant and animal species dependent on continuity. However, the benefit is not much greater than in the HF10 scenario, because new areas of selectively-cut forest are not adjacent to sites of high conservation value with forest continuity. Species that benefit from disturbance are affected negatively at this level.

Reduced growth and smaller harvest of logging residue has a negative effect on the long-term climate benefit of forestry. There is less opportunity to use genetically improved and climate-adapted plant material.

For reindeer husbandry, 30 percent selectively-cut stands are beneficial for both forage and shelter. However, the benefit is limited compared with HF10 because new stands may lie outside the core areas for reindeer husbandry.

Recreational values increase somewhat, with reduced areas of clearcut, and fungi and blueberry production increases. Small game is favoured, but the fodder supply for ungulates is affected negatively.

#### **HF100 – all spruce forest is selectively cut, the rest is managed with shelterwood forestry**

This scenario is something of an extreme. Average wood production decreases by 20 percent, mainly in pulpwood volumes but also saw timber. There is very little harvest of logging residue, and the costs of logging and transport increase. This is not compensated by lower silviculture costs, so the financial yield for the forest owner is reduced.

If the landscape is to contain deciduous trees, the shelterwood must be kept sufficiently sparse. The risk of damage in the stand is greater at landscape level. In the selectively-cut stand, the risk of root rot and logging damage is higher, and in the pine shelterwood, there is a greater risk of storm damage and damage caused by the pine shoot beetle. Fodder quantities decrease and pine regenerations are more vulnerable. If the ungulate populations are not controlled, the risk of browsing damage will increase.

The effects are positive for plants and animals dependent on continuity and for species associated with pine and deciduous trees. Disturbance-favoured species associated with spruce are affected negatively, but those species associated with pine benefit, because the pine forest is managed in a way that resembles a natural succession.

This type of forestry has less climatic benefit because growth, timber harvest and logging residue harvest are reduced. New, climate-adapted plants can be planted in the shelterwood, but in the spruce forest there is no opportunity to utilise genetically improved and more climate-adapted plant material.

For reindeer husbandry, this scenario is positive, because the populations of epiphytic lichens increase. Recreational values are affected positively, because the high shelterwood is experienced as being more attractive than clearcuts. Fungi and blueberry production is favoured, as is small game. However, fodder for ungulates is strongly affected, and smaller populations are needed to prevent browsing and grazing damage becoming unreasonably high.

## Sammanfattning

Skogsbruket i Sverige är sedan 1950-talet helt dominerat av trakthyggesbruk. Under vissa perioder har olika former av skärm- och timmerställningar haft viss popularitet. Kontinuerligt bevuxen blädningsskog är mycket ovanlig nedanför den fjällnära barrskogen. Samtidigt har intresset för hyggesfria skötselsystem ökat. De som förespråkar hyggesfri skogsskötsel lyfter ofta fram tre nyttor: rekreativvärden, biologisk mångfald och renskötselns behov. Det finns också ekonomiska argument som lägre förnygringskostnader och förväntat bättre virkeskvalitet.

I den här studien sammanfattar vi en analys av konsekvenserna av en mer omfattande användning av hyggesfria metoder. Analysen bygger på en litteraturgenomgång och kunskapsöversikt om effekter på virkesproduktion, virkesuttag, virkessortiment och kvalitet, drivningskostnader och avverkningskador, insekts- och stormskador, rotröta, klimatnytta, klimatanpassning, flora och fauna, rennäring, rekreativvärden, vilt samt bär och svamp.

I analysen gjordes en bedömning av konsekvenserna av tre olika scenarier med olika andel hyggesfritt skogsbruk. Dessa jämfördes med ”business-as-usual”, d.v.s. dagens skogsbruk med trakthyggesbruk och naturhänsyn enligt skogsbrukets målbilder.

- HF10 – 10 procent av den produktiva skogsmarken, utöver frivilliga avsättningar i NO- och NS-bestånd, brukas med blädning i granskog. Nivån på naturhänsynen motsvarar skogsbrukets målbilder.
- HF30 – 30 procent av den produktiva skogsmarken brukas med blädning i granskog. Det innebär att hälften av all granskog brukas med blädning.
- HF100 – 100 procent av all produktiv skogsmark brukas med hyggesfria metoder. Granbestånden med blädning och tall-, bland- och lövbestånd med överhållen skärm.

I samtliga scenarier antogs att naturhänsyn bedrivs på en nivå motsvarande skogsbrukets målbilder. Den hyggesfria skötseln antogs också ha bedrivits under så lång tid att den blädade skogen hade utvecklats till fullskiktad blädningsskog. Skärmskogsbruk hade också pågått under en längre tid. Omställning från enskiktad till fler- eller fullskiktad skog ingick alltså inte i analysen.

En annan förutsättning var att scenarierna bygger på en tänkt svensk medelskog där hälften av markerna är granståndorter, och hälften mer lämpade för tall och med en jämn åldersklassfördelning. Lövinblandningen förutsattes också vara som i dagens skogstillstånd. I realiteten kan det bli svårt att uppnå målet med lövinblandning eftersom pionjärlovträdet (främst björk) helt dominerar i dag. Dessa kommer att missgynnas av hyggesfri skötsel.

## SYNTES AV DE TRE SCENARIERNA

Här summerar vi de bedömda konsekvenserna jämfört med grundalternativet, som är dagens skogsbruk.

**HF10 – 10 procent av den produktiva skogsmarken sköts med blädning**  
Effekterna på landskapsnivå blir måttliga. Den genomsnittliga virkesproduktionen minskar med cirka 2 procent och möjligheterna att ta ut grot minskar i viss mån. För skogsägaren betyder det en något försämrad totalekonomi. Riskerna för skador påverkas högst marginellt.

Scenariet innebär dock betydande positiva effekter för kontinuitetsberoende arter, särskilt om blädningsskogarna koncentreras runt värdekärnor med skoglig kontinuitet. Störningsgynnade arter påverkas bara marginellt.

Rennäringen har stor nytta av 10 procent blädningensbestånd, om dessa är lämpligt lokaliserade. Upplevelsevärden ökar något, och det blir viss positiv påverkan på svamp och blåbärsproduktion. Småvilt gynnas av den större variationen i landskapet, och klövviltstammarna blir i stort sett opåverkade.

**HF30 – 30 procent av den produktiva skogsmarken sköts med blädning**  
Detta alternativ innebär att hälften av alla granskogar sköts med blädningsskogsbruk. Konsekvenserna drar åt samma håll som i HF10, men är oftast större på landskapsnivå.

Virkesproduktionen minskar med 5–6 procent framför allt synligt i minskad volym massaved men också i sågtimmervolym. Möjligheterna att ta ut grot minskar betydligt eftersom gran bidrar med mest grot. Kostnaderna för drivning och transporter ökar medan kostnaderna för skogsvård minskar, och för skogsägaren betyder det en försämrad totalekonomi.

Lövandelen i de blådade skogarna minskar, vilket kräver en större andel i den resterande skogen, som sköts med trakthyggesbruk. Risken för skador ökar, bland annat risken för rotröta och drivningsskador. Snytbaggeproblemen utblir förstås på de blådade arealerna.

För flora och fauna kan vi förvänta oss betydande positiva effekter för kontinuitetsberoende arter. Nyttan är dock inte mycket större än i HF10 eftersom tillkommande arealer blädningsskog inte ligger intill värdekärnor med skoglig kontinuitet. Störningsgynnade arter påverkas negativt vid denna nivå.

Den minskade tillväxten och mindre uttag grot försämrar skogsbrukets långsiktiga klimatnytta. Möjligheterna att använda genetiskt förbättrat och klimat-anpassat material minskar.

För rennäringen är 30 procent blädningensbestånd till nytta för bete och skydd. Det tillför dock en begränsad nytta jämfört med HF10 då nya bestånd kan ligga utanför renskötselns kärnområden.

Upplevelsevärden ökar något med minskade hyggesarealer, och svamp och blåbärsproduktionen ökar. Småvilt gynnas medan fodertillgången för klövvilt nu påverkas negativt.

## HF100 – all granskog blädas, resten sköts med skärmskogsbruk

Detta scenario är något av en extrem. Den genomsnittliga virkesproduktionen minskar med 20 procent, framför allt i massavedsvolymer men också sågtimmer. Möjligheten att ta ut grot är mycket liten, och kostnaderna för drivning och transporter ökar. Det kompenseras inte av lägre skogsvårdskostnader, så totalekonomin för skogsägaren blir ännu sämre.

Om landskapet ska innehålla löv krävs det att skärmarna hålls tillräckligt glesa. Risken för skador på bestånden är också förhöjd i landskapet. I de blädade beståndet är risken högre för rotröta och drivningsskador, och i tallskärmarna ökar risken för stormskador och mörghorreskador. Fodermängderna minskar och tallföryngringarna blir mer sårbara. Om klövviltstammarna inte anpassas kommer risken för betesskador att öka.

För flora och fauna blir effekterna positiva för kontinuitetsberoende arter, och i detta scenario även för arter knutna till tall och lövträd. Störningsgynnade arter knutna till gran påverkas negativt, men de som är knutna till tall gynnas genom att tallskogen sköts på ett sätt som mer efterliknar en naturlig succession.

Klimatnyttan av detta skogsbruk är betydligt lägre eftersom tillväxt, virkesuttag och grotuttag är lägre. Nya, klimatanpassade plantor kan planteras i skärmarna, men i granskogen finns inga möjligheter att utnyttja genetiskt bättre och mer klimatanpassat material.

För rennäringen är alternativet positivt eftersom det ökar tillgången till trädlavar. Upplevelsevärden påverkas positivt eftersom högskärmar upplevs mer positivt än kallhyggen. Svamp och blåbärsproduktion gynnas, liksom småvilt. Fodertillgången för klövvilt är dock starkt påverkad, och här krävs en minskad viltstam för att inte betesskadorna ska bli orimligt höga.

## Bakgrund

Skogsbruket i Sverige har varit helt dominerat av trakthyggesbruk under snart en omloppstid och i vissa delar av landet under flera omloppstider. Hyggesfria skötselsystem har tillämpats i mycket liten omfattning. Under vissa perioder har skärm- och timmerställningar haft en viss popularitet. Dessa leder till en tvåskiktad skog under föryngringsfasen och betraktas därför som hyggesfria enligt Skogsstyrelsens definition. Vetenskapliga och praktiska erfarenheter av hyggesfria metoder, i Sverige och hela Norden, är begränsade.

Hyggesfri skötsel har vunnit mark i många länder, t.ex. i Tyskland där drivkrafterna varit både ekonomiska, med minskade skogsvårdskostnader, och politiska, för att få ökad acceptans hos allmänheten för skogsbruk. I andra länder, t.ex. Kanada har man mött kraven på ökad hänsyn till andra värden genom att anpassa avverkningsmetoder så att de mer skall efterlikna naturliga störningar, och därmed skapa mer variation i landskapet. I Sverige har skogsbruket mött samma krav genom att utveckla generell hänsyn och frivilliga avställningar i trakthyggesbruket och vi har certifieringssystem som specificerar hur hänsynen skall utformas.

De senaste åren har intresset för hyggesfria skötselsystem ökat. Hyggesfri skötsel lyfts fram från miljörörelsen, politiska partier och rennäringen, som medel för att främja andra värden i skogen än virkesproduktion. Men det finns också ett intresse hos vissa privata skogsägare som har egna mål med skötseln på sin fastighet, för enskilda bestånd eller för hela fastigheten. Det finns ett uttalat skogspolitiskt mål att öka variationen i skogsskötseln och hyggesfri skötsel uppmuntras av Skogsstyrelsen som ett medel att uppnå detta. De som förespråkar hyggesfri skötsel lyfter ofta fram tre nyttor; rekreationsvärden, biologisk mångfald och renskötselns behov. Men det finns även de som lyfter fram ekonomiska möjligheter med lägre föryngringskostnader och förväntad bättre virkeskvalitet i framtiden.

Många vetenskapliga studier på konsekvenser av olika skötselsystem och metoder är utförda på beståndsnivå, medan analyser av kombinationer av olika skötselsystem på landskapsnivå och över lång tid är mer sällsynta. Denna rapport är resultatet av en sådan analys där vi beskriver och bedömer konsekvenser av några olika scenarier med olika fördelning av skötselsystem i landskapet.

## Syfte

Att sammanställa befintlig kunskap om hyggesfria skötselmetoder och genom syntes av denna kunskap bedöma konsekvenser på virkesproduktion, ekonomi, flora och fauna, rekreationsvärden, risker och nytta för rennäringen för scenarier med olika andel hyggesfri skötsel i landskapet.

## Genomförande

### Grundläggande förutsättningar

Ett viktigt och grundläggande antagande är att vi betraktar de olika andelarna hyggesfria arealer som om de vore skötta med samma system under en länge tid, d.v.s. blädning sker i granskog som blädats så lång tid att man har en fullskiktad blädningsskog. Och föryngring under högskärm har pågått under en längre tid. Hela analysen förutsätter alltså ett skogslandskap som är i ett normalskogstillstånd där vi har en jämn fördelning av åldersklasser och fördelning över olika ståndorter. Konsekvenser av omställning från enskiktad skog till fler- eller fullskiktad har alltså ej analyserats. Samtidigt är det viktigt att vara medveten om att konsekvenserna av själva omställningen kan vara stora och ha en annan karaktär än förväntade konsekvenser av hyggesfria metoder som sådana. Det är också viktigt att förhålla sig till den långa omställningstid som en övergång från enskiktad skog till framför allt fullskiktad blädningsskog innebär. Vi har därför tagit upp omställningsaspekter i den avslutande syntesen.

## Metod

Arbetet har utförts i två steg och rapporteras även på detta sätt.

### STEG 1 – BESKRIVNING

Kunskap från vetenskapliga publikationer och tidigare genomförda synteser och review-artiklar har sammanfattats för områden av betydelse för den följande syntesen. Fokus har varit på att beskriva konsekvenser så objektivt som möjligt, fånga upp motstående forskningsresultat, kunskapsluckor och samspel mellan olika nyttor.

### STEG 2 – BEDÖMNING

I detta steg har vi gjort bedömningar av konsekvenser på landskaps- och regional nivå. Vi har utgått från fyra olika scenarier och gjort bedömningarna var för sig och med BAU-scenariet (Business as usual) som referens att jämföra de tre HF-scenarierna (Hyggesfritt) scenarierna med:

- **BAU** – Dagens skogsbruk med trakthyggesbruk och naturhänsyn enligt skogsbrukets målbilder.
- **HF10** – Tio procent av den produktiva skogsmarken, utöver frivilliga avsättningar i NO- och NS-bestånd, brukas med blädning i granskog. Nivå på naturhänsyn motsvarande skogsbrukets målbilder.
- **HF30** – Trettio procent av den produktiva skogsmarken brukas med blädning i granskog. Nivå på naturhänsyn motsvarande skogsbrukets målbilder.
- **HF100** – All produktiv skogsmark brukas med hyggesfria metoder. Granbestånd med blädning och tall- bland- och lövbestånd med överhållen skärm. Nivå på naturhänsyn motsvarande skogsbrukets målbilder.

Bedömningarna har utgått från den kunskap som sammanställts i *Steg 1* men även tagit hänsyn till landskapsfaktorer som vägnät, fragmentering, ägarförhållanden med mera. Det landskap vi relaterar scenarierna till är en tänkt svensk medelskog där ungefär hälften av markerna är granståndorter och hälften mer lämpade för tall och med en jämn åldersklassfördelning. Vi förutsätter också en lövinblandning i nivå med dagens skogstillstånd och den hänsyn som motsvarar skogsbrukets målbilder. Vi är medvetna om att det i realiteten kan vara svårt att uppnå målet med lövinblandning, framför allt i HF100 eftersom pionjärlövsråd, främst björk, helt dominerar idag och kommer att missgynnas av hyggesfri skötsel, framför allt blädning. Man kan också ifrågasätta det realistiska i att anta att vi alltid kommer att lyckas med naturlig föryngring under högskärm på alla marker. Vi har dock valt att ha med HF100 som ett ytterlighetsalternativ för att ”ta ut svängarna” och tydliggöra konsekvenser.

I slutet av varje avsnitt finns en figur som sammanfattar bedömda konsekvenser för de tre scenarierna i förhållande till referensalternativet BAU som motsvarar dagens skogsbruk. Vi har valt att använda en enkel skala som anger förbättring eller försämring för den enskilda faktorn. Kring det bedömda värdet på skalan anges osäkerheten i bedömningen med en streckad linje.

# Resultat

## VIRKESPRODUKTION OCH VIRKESUTTAG

### Beskrivning

Att jämföra den långsiktiga virkesproduktionen mellan två skogsskötselsystem är svårt. Jämförande fältförsök förutsätter i princip att man kan driva de båda systemen optimalt på jämförbar mark under minst en omloppstid. I många blädningsstudier har man i stället jämfört tillväxten med en uppskattad bonitet vid trakthyggesbruk. I fullskiktade bestånd skötta med blädningsbruk ska den löpande tillväxten vid optimal skötsel i princip vara konstant över tiden, och den löpande tillväxten är då i princip lika med medeltillväxten (boniteten) för blädningsbruk (Lundqvist m.fl., 2009). Det finns ett tydligt samband mellan virkesförråd och tillväxt i fullskiktad skog. En kraftig utglesning av en fullskiktad skog sänker tillväxten under en kortare eller längre period, och den tillväxtförlusten kan inte kompenseras för längre fram. Jämförelser mellan de olika skötselsystemens olika boniteter kan dock inte göras rakt av. Det finns andra aspekter man måste ta i beaktande. För boniteten i trakthyggesbruket så förutsätts att bestånden får växa till dess att medeltillväxten kulminerar. I dagens skogsbruk slutavverkar man, av ekonomiska skäl och för att minska risk, många gånger betydligt tidigare och förlorar därmed tillväxt. Dessutom är den oftast använda boniteten en idealbonitet. Den praktiskt beräknade produktionsnivån beräknas ofta till cirka 85 procent av boniteten. Å andra sidan kan man i trakthyggesbruket höja produktionen om man t.ex. använder förädlat skogsodlingsmaterial.

Utförda studier visar på en mycket stor variation vad gäller skogsproduktion i fullskiktade blädningsbestånd; alltifrån halverad tillväxt till 50 procent högre tillväxt jämfört med enskiktade bestånd (Tabell 1). Utifrån samma tabell kan man även utläsa en klar tendens till att uppskattade tillväxtnivåer i de hyggesfria alternativen grundade på beståndsdata är högre jämfört med värdena framtagna utifrån tillväxtmodeller.

Jämförelserna på beståndsnivå har gjorts på olika sätt i de refererade studierna. Skillnad i virkesförråd ger skillnad i tillväxt. I exempelvis de av Lähde m.fl. (1994a, 1994b, 2002, 2010) rapporterade resultaten har jämförelserna gjorts i bestånd med liknande virkesförråd som slutavverkningsbestånd i trakthyggesbruk. Höga virkesförråd tenderar dock att minska möjligheten till naturlig föryngring i det hyggesfria alternativet. I andra studier har de fullskiktade bestånden vid samma jämförelser hållit ett något lägre virkesförråd, mycket med tanke på möjligheten till godkänd inväxning, vilket därmed givit något lägre tillväxt.

Även utfallen från de simulerade tillväxtskattningarna varierar stort, vilket kan bero på olikheter i tillväxtfunktioner, avgångsfunktioner (vindskador samt avgångar vid avverkning) liksom varierande antaganden vad gäller inväxningen, d.v.s. främst tidsförloppen för en tillfredsställande naturlig föryngring i de skiktade bestånden liksom tillväxten i dessas undre trädskikt.

Litteraturgenomgången ger vid handen att de relativa tillväxtnivåerna i ett blädningsbruk är något högre på goda boniteter. En förklaring till detta kan vara att man på dylika marker kan hålla ett högre virkesförråd, och därmed en högre tillväxt, utan att riskera att inväxningen blir undermålig.



Tabell 1.

Nordiska studier inkluderande uppskattningar av beståndstillväxt i hyggesfritt (HF) skogsbruk med fullskiktade bestånd i relation till trakthyggesbruk (TH).

Studie/material	Tillväxt, HF/TH (%)	Tillväxtmått	Trädslag	Land	Referens
Beståndsdata	50	Volym	Gran	Finland	Mikola m.fl., 1984
Surveydata (NFI)	113	Volym	Gran	Finland	Lähde m.fl., 1994a
Surveydata (NFI)	133	Volym	Tall	Finland	Lähde m.fl., 1994b
Beståndsdata	117	Volym	Gran	Finland	Lähde m.fl., 2002
Beståndsdata	148	Diameter	Gran	Finland	Lähde m.fl., 2010
Simulering/modell	64	Volym	Gran	Finland	Pukkala & Kolström, 1988
Simulering/modell	92	Volym	Gran	Finland	Pukkala m.fl., 2009
Simulering/modell	88	Volym	Tall	Finland	Pukkala m.fl., 2009
Simulering/modell	90	Volym	Gran	Finland	Tahvonen m.fl., 2010
Beståndsdata	80–85	Volym	Gran	Norge	Andreassen, 1995
Beståndsdata	84	Volym	Gran	Norge	Lexeröd, 2004
Simulering/modell	137	Volym	Gran	Norge	Gobakken m.fl., 2008
Simulering/modell	106	Volym	Tall	Norge	Gobakken m.fl., 2008
Simulering/modell	51	Volym	Gran	Sverige	Wikström, 2000
Simulering/modell	100	Volym	Gran	Sverige	Wikström, 2008
Simulering/modell	83	Volym	Gran	Sverige	Elfving m.fl., 2006
Simulering/modell	62	Volym	Gran	Sverige	Elfving m.fl., 2006
Beståndsdata	80	Volym	Gran	Sverige	Lundqvist m.fl., 2013
Simulering/modell	63	Volym	Gran	Sverige	Sonesson m.fl. (opubl.)
Alla	92				
Bestånd + survey	104				
Simulering	85				
Finland	99				

Även om det finns stora svagheter i de jämförelser som hittills gjorts så kan man sammanfattningsvis säga att resultaten antyder att den teoretiskt långsiktiga produktionen vid trakthyggesbruk är något högre än vid bländningsbruk.

Ovanstående genomgång behandlar potentiell tillväxt och virkesproduktion. Utifrån detta skall sedan bedömningar om potentiella virkesuttag göras.

### Uttagsstorlek och tidpunkt vid enskilda ingrepp

Rekommenderade uttagsstyrkor i blädningsskog uppvisar en mycket stor variation. Storleken på de enskilda uttagen beror dels på tidsintervallet mellan uttagen samt kraven på lägsta kvarvarande virkesförråd, vilket i sin tur är kopplat till markens bördighet och krav på löpande tillväxt. Tidsintervallet mellan ingreppen kan variera mellan 10 och 30 år beroende på markens bördighet. Hur korta intervallen kan vara avgörs av hur små virkesuttag man kan acceptera. Lundqvist (1992) anger att intervallen inte bör vara längre än 15 år på goda marker och 30 år på sämre marker, samt att uttagsprocenten ej bör överstiga 25–30 procent för att undvika för kraftig sänkning av beståndets virkesförråd. Virkesförrådet i en produktiv blädningsskog bör troligen ligga 30–50 procent högre än medelförrådet vid trakthyggesbruk (Elfving, 2006). Enligt Lundqvist m.fl. (2009) är medelvolymer på de avverjade träden normalt sett 0,5 – 1,0 m<sup>3</sup>sk per träd vid blädningsskog, vilket ska jämföras med medelvolymer vid trakthyggesbruk inräknat allt det virke som avverkas vid både gallringar och slutavverkning (i genomsnitt under 0,2 – 0,4 m<sup>3</sup>sk per träd).

Vid den fortsatta syntesen antas uttagsprocenten vid varje skördetillfälle ligga mellan 25 och 30 procent i blädningsskogen.

### Överhållen tallskärm

Mycket få studier har utförts där man tittar på effekten på totalproduktionen av en överhållen tallskärm. Sonesson m.fl. (opubl.) redovisar resultat från en simuleringsstudie, utförd med hjälp av programpaketet Heureka, där man lät tallskärmen stå kvar under en 20-årsperiod. I ett scenario med en tät överhållen tallhögskärm blev beståndets totalproduktion i genomsnitt 26 procent lägre, jämfört ett trakthyggesbruk på samma lokal. Vid kvarhållande av en mer gles skärm blev motsvarande tapp i produktion 19 procent. Resultaten inkluderar även skillnaden mellan förädlat skogsodlingsmaterial (+10 procent) i trakthyggesbruket jämfört med den naturliga föryngringen under skärmen.

### Omställning från enskiktad till fullskiktad skog

Utifrån en enkel produktionsmodell gjorde Elfving (2006) bedömningar av produktionen vid övergångsfasen från trakthyggesbruk till ett blädningsskogsbruk. Hans slutsats var att tillväxten kan upprätthållas på en tillfredsställande nivå men att avverkningsnivån under denna omställningsfas minskar pga. den förrådsökning som krävs för ordnad blädning. I en annan tillväxtmodell, byggt på enskilda trädets tillväxt, visade Drössler m.fl. (2013) att även tillväxten minskade med en tredjedel vid en 50-årig omställningsfas.

Effekter på produktion och avverkningsmöjligheter vid omställningsfasen till ett blädningsskogsbruk, d.v.s. från enskiktade till fullskiktade bestånd, belyses ej vidare i denna sammanställning, och ej heller i konsekvensanalysen på landskapsnivå.

## Bedömning

Även om det finns stora svagheter i de jämförelser som hittills rapporterats, och med stor variation i redovisade resultat, så är den sammanvägda bedömningen att den teoretiskt långsiktiga produktionen vid trakthyggesbruk är något högre än vid blädningsbruk. Obeaktat eventuella skillnader i skadenivåer har vi i den fortsatta syntesen antagit att produktionen i blädningsbruk minskar med 10 procent i intermediära och bördiga ståndorter ( $SI \geq 24$ ) och med 20 procent på mindre bördiga marker. Produktionen vid överhållen tallskärm antas minska med 20 procent jämfört med trakthyggesbruk. I den mån det vid ett eventuellt framtida förändrat klimat kan vara en fördel med bättre klimatanpassade plantor så kommer produktionsförlusterna i ett skötselsystem som bygger på naturlig förnygring att öka.

Vid den fortsatta syntesen, antas samma relation mellan tillväxt och gagnvirkesuttag (d.v.s. obeaktat skillnader i skogsbränsleuttag) vid dagens svenska traktthyggesbruk gälla även för ett blädningsskogsbruk.

De flesta av blädnings- och skärmskogsbrukets effekter på landskapsnivå är vad gäller virkesproduktionen, i princip, rena skaleffekter av de som uppstår på beståndsnivå, d.v.s. att effekterna i de fyra analyserade scenarierna kan antas vara proportionell mot respektive scenarios arealandel som sköts med hyggesfria metoder.

En något förfinad analys ger följande vid handen: Då granmarker har en genomsnittligt högre bonitet bör arealandelar viktas mot tillväxten för respektive dominerande trädslag. Enligt uppgifter från Riksskogstaxeringen, genomsnittligt för hela Sverige, har grandominerade bestånd 37 procent högre tillväxt jämfört med talldominerade bestånd, eller 18 procent högre jämfört med all produktiv skogsmark. Andelen grandominerad mark antas utgöra 46 procent av all produktiv skogsmark.

- **Scenario HF10** – Tio procent av den produktiva skogsmarken brukas med blädning i granskog. Produktionsnivå på beståndsnivå bedömd till 85 procent av BAU. På riksnivå skulle detta innebära cirka 1,8 procent minskad tillväxt.
- **Scenario HF30** – Trettio procent av den produktiva skogsmarken brukas med blädning i granskog. Produktionsnivå på beståndsnivå bedömd till 85 procent av BAU. På riksnivå skulle detta innebära cirka 5,3 procent minskad tillväxt.
- **Scenario HF100** – All produktiv skogsmark brukas med hyggesfria metoder. Granbestånd med blädning och tall och blandbestånd med överhållen skärm. Produktionsnivå på beståndsnivå bedömd till 85 procent, respektive 80 procent av BAU. På riksnivå skulle detta innebära cirka 19 procent minskad tillväxt.

På de många marker Norrlands inland finns dessutom en potential att öka tillväxten genom att byta trädslag från gran till tall (Nilsson m.fl., 2012). Denna potential kan man inte utnyttja på de arealer där man väljer att sköta granskogen med blädning.

## VIRKE- SORTIMENT OCH KVALITET

### Beskrivning

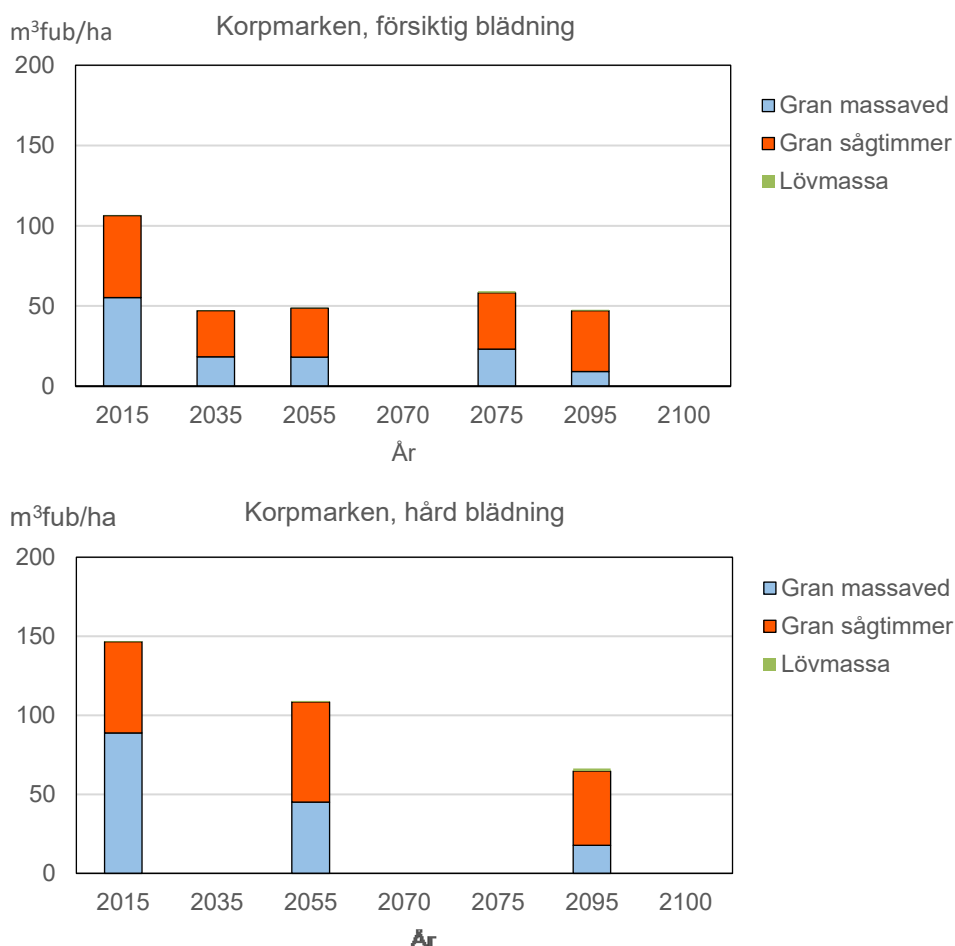
Vedproduktionen i trädens stammar och grenar styrs av de växtfysiologiska processer som ger skott- och kambietillväxt (Larson, 1994) och den yttre påverkan som träden utsätts för. Olika skötselsystem påverkar de enskilda trädens konkurrensförhållanden, motståndskraft mot olika skadegörare och skogsbeståndets sammanlagda möjligheter att utnyttja de växande trädens genetiska egenskaper (trädslag o individer) (Zobel & van Buijtin, 1989; Hannrup m.fl., 2003) och ståndortens tillgång till vatten, näring, ljus och temperatur (Larson, 1994). Tillväxt och formhöjd för enskilda träd i bestånd med känt stamantal, ståndortsindex, diameter- och höjdfördelning kan skrivas fram med hjälp av funktioner, t.ex. Söderberg, 1986. Sambanden mellan radiell och longitudinell tillväxthastighet per tidsenhet, total trädålder, antal årsringar och höjd i stammen för olika vedtvärsnitt (trädålder) kan sedan beskrivas generellt med hjälp av träd- och egenskapsmodeller (Wilhelmsson m.fl., 2002; Moberg, 2006). Med en tydlig reservation för de begränsningar som finns i att bakomliggande träd och bestånd inte bygger på blädad skog utan huvudsakligen beskriver skogstillstånd med mer likåldrig skog antas dock simuleringar av tillväxt och vedbildning hos enskilda träd kunna ge en översiktlig bild av vilka stammar, stockdimensioner och egenskaper som kan förväntas från träd med beskriven ålder, brösthöjdsdiameter, totalhöjd och grönkrongräns. Detta även om de producerats genom blädningsskogsbruk.

Genom att lägga samman det beräknade virkesutbytet från alla träd som antas skördas vid en given tidpunkt, efter antaganden om olika andelar från olika skötselsystem (trakthyggesbruk, blädning eller skärm), kan en bild av virkesflödenas sammansättning till olika sortiment och diameterklasser beräknas för olika tidsperioder och scenarier med olika andelar blädning. I en sådan analys kan även antaganden om nedklassning av timmerdimensioner till massaved p.g.a. röta och andra skador, samt variationsvidden för olika vedegenskaper beräknas för det producerade virket.

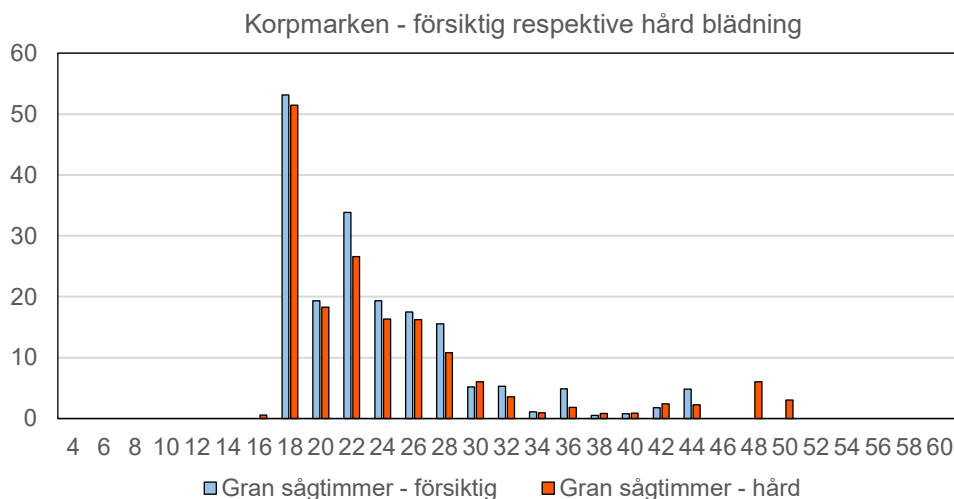
De slutsatser som vi dragit genom simuleringar med tillväxtfunktioner (se exempel i Figur 1 och 2) och egenskapsmodeller, ger generellt en större spridning i virkesegenskaper vid blädning jämfört med traditionell slutavverkning eftersom utvalda träd representerar stor spridning i både brösthöjdsdiameterar och trädåldrar. I en experimentell undersökning av torr-rådensitet hos avverkade stammar efter mångårig blädning i jämförelse med stammar från likåldrig skog fann Piispanen m.fl. (2014) genomsnittligt likartade nivåer men betydligt större variation i virket från det blädade beståndet. Liknande slutsatser drogs för Sitkagran i Storbritannien av MacDonald m.fl. (2009) genom såväl en litteraturgenomgång som en simuleringsstudie av liknande typ som den som beskrivs mer ingående ovan. För tall kan överhållna skärmar ge ökad diameter-tillväxt för värdefulla timmersortiment i synnerhet om träden är tidigt kvistrensade och kvistarna har övervallats.

## Bedömning

Utfallet av sortiment i olika diameter- och längdklasser för blådad gran kan variera mycket beroende på diameterfördelningarna för de skördade träden. Detta är i hög grad en fråga om hur tätt träden stått, hur gamla de är och hur skogen skötts. Vid högre ålder och grövre dimensioner ökar normalt timmerandelen, medan andelen massaved minskar. En del av det massavedsbortfallet kommer dock kunna levereras som sågverksflis. Om andelen rötskadade rotstockar ökar jämfört med traditionell skötsel medför det en omföring av en del grovt timmer till rötskadad massaved eller brännved. I scenarierna med höga andelar blädningsskog antas metoden behöva användas där den har sämre förutsättningar att ge ett lyckat resultat. Då kommer de genomsnittliga resultaten att sjunka och variationen antagligen att bli ännu större. Utfallet i sortiment och diameterklasser från överhållna tallskärmar antas ha potential för produktion av grova, kvistrensade rotstockar. En mer detaljerade bild av förväntade konsekvenser på sortimentsutfall, diameter och längdfördelningar hos apterat timmer och virkesegenskaperna hos de olika sortimenten och diameterklasserna kräver tillväxtsimulering (t.ex. Heureka) följt av apteringssimulering och eventuella egenskapsanalyser.



Figur 1. Exempel på resultat från en simulering (Heureka, tillväxtfunktioner och Skogforsk Aptan för apteringssimuleringen) av två olika framtida blädningsskottprogram för ett verkligt olikåldrigt granbestånd, Korpmarken, och en illustration av sortimentsutfall vid olika blädningsskott.



Figur 2. Exempel på resultat från en simulering (Heureka, tillväxtfunktioner och Skogforsk Aptan för apteringssimuleringen) av två olika framtida blädningsprogram för ett verkligt olikåldrigt granbestånd, Korpmarken, och en illustration av timmersortimentets diameterfördelning vid de olika blädningsuttag enligt Figur 1.

### Sammanfattning virke – volym och kvalitet

Faktor	HF10			HF30			HF100		
	☹️	😐	😊	☹️	😐	😊	☹️	😐	😊
<b>Virkesproduktion</b>									
Volymtillväxt		●			●			●	
Sågtimmerandel		●			●			●	
Sågtimmervolym		●			●			●	
Sågtimmerkvalitet		●			●			●	
Massavedsandel	●			●			●		
Massavedsvolym	●			●			●		

Figur 3. Bedömda konsekvenser på virkesproduktionen i de tre scenarierna jämfört med dagens skogsbruk (BAU-scenariet).

## DRIVING – KOSTNADER OCH SKADOR

### Beskrivning

#### Blädning

Blädning innebär, i teorin, ett selektivt uttag av ett mindre antal stora träd per ha vid varje ingrepp. Dessa träd ger ett volymsuttag på 20 till 40 procent av den stående volymen. I studier har både avsevärt lägre och avsevärt högre uttagsstyrkor noterats. I realiteten kommer man även att ta ut mindre träd som är skadade eller av andra anledningar inte bedöms som lämpliga huvudstammar i det framtida beståndet.

Det lägre uttaget av stamved per hektar medför att mängden skogsbränsle i form av grot minskar i motsvarande utsträckning. Detta medför att grotkoncentrationen i de flesta fall blir för låg för att medge ett lönsamt uttag av grot. Uttag av skogsbränslen i form av klenta träd och stubbar omöjliggörs av skötselmetoden.

Det är inte försvarbart med ett uttag av stubbar eftersom det innebär en för stor risk för rotskador på det kvarvarande beståndet. Uttag av klenträäd blir inte möjligt från ett lönsamhetsperspektiv, då de eventuella dungar med för tät inväxning som finns i beståndet är spridda och att man därigenom får en för låg mängd avverkningsbar biomassa per hektar för att kunna genomföra åtgärden med lönsamhet.

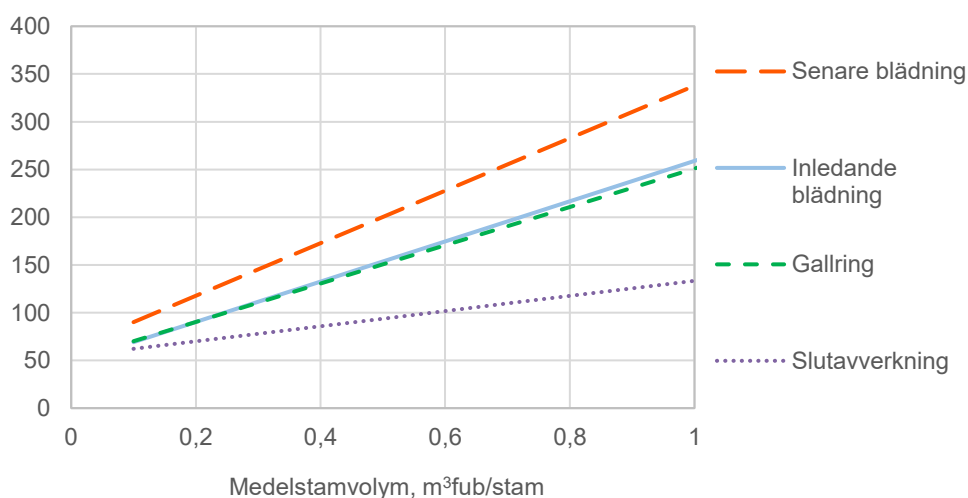
### Kostnader för avverkning och skotning

De faktorer som påverkar kostnaderna för avverkning och skotning kan delas upp i tre grupper;

- Prestationspåverkande faktorer
- Maskinval som påverkar timkostnaden för skördaren och skotaren
- Flytt och övriga fasta kostnader

Det finns flera studier som visar att skördarprestationen, sett som skördartid per träd, vid blädning påverkas av medelstammen på samma sätt som vid gallring och att man kan använda en prestationskurva utvecklad för gallring även i blädning (jfr. Figur 4). Detta gäller i alla fall så länge som man har liknande uttagsstyrkor som vid en normal gallring. Jämfört med slutavverkning får man en avsevärd sänkning av prestationen vid uttag av träd av samma storlek. Skotningskostnaden bör bli lika hög i blädning som i en senare gallring med samma volymsuttag per hektar.

Tidsåtgång, cmin/stam



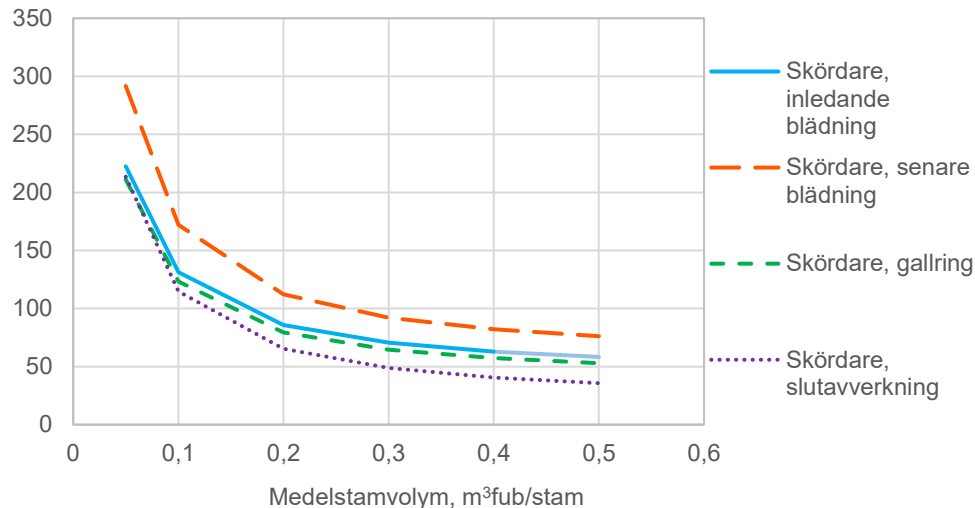
Figur 4.

Tidsåtgång per stam vid varierande stamvolym i slutavverkning, gallring, inledande blädning och blädning från existerande stickvägar. Den relativa skillnaden mellan slutavverkning och blädning ökar med ökande stamvolym.

Ett argument för blädning är att de avverkade träden är större än vid slutavverkning, vilket gör att man hamnar längre till höger i diagrammet i Figur 4 och därigenom minskar skillnaden i avverkningskostnad. Detta argument stämmer så länge som man kan begränsa sitt uttag till de ”egentliga” blädningsträden, måste man däremot även avverka skadade och andra icke utvecklingsbara träd blir medelstamsskillnaden mellan de två metoderna betydligt mindre.

I svenska studier av blädning har inte stämpling (markering) av de träd som skall avverkas visat sig nödvändigt utan maskinförarna har varit tillräckligt kunniga för att själva välja träd. I Centraleuropa är det vanligt att en skogvaktare stämplar träden innan avverkning inte bara vid blädning men även vid normala gallringar. Detta innebär en kostnadsökning, även i de fall då stämplingen ökar skördarproduktiviteten.

Avverkningskostnad, kr/m<sup>3</sup>fub



Figur 5.  
Kostnad per m<sup>3</sup>fub för skördare mot medelstamvolym.

Då blädning innebär avverkning av stora träd på förhållandevis långt avstånd från maskinen, eftersom ett stickvägsavstånd på minst 20 meter anses rimligt, så är det nödvändigt att välja en stor skördare för att utföra avverkningen. Ser man till de prestationsstudier som genomförts så stämmer detta antagande, exempelvis har Jonsson (2015) och Rinderle och Sauter (2015) studerat stora skördare. Ser man däremot till de skadestudier som gjorts så har avverkningen i ett antal studier genomförts med medelstora gallringsskördare, exempelvis Valmet 901. Om man väljer en sådan maskin får man inte samma prestation i blädning som vid en gallring med en lämplig maskin för trädstorleken. I studier av maskinstorleken betydelse för prestation och kostnader (Brunberg & Lundström, 2010; Arlinger m.fl., 2014) framgår att större maskiner har en högre prestation och lägre kostnader per kubikmeter än små maskiner vid avverkning av stora träd i både slutavverkning och gallring. Ett sätt att minska skadenivåerna på främst inväxningen kan vara att använda specialmaskiner som kan lyfta in och upp-arbeta alla träd i stickvägen (Schöttle m.fl., 1998). Ett problem med dessa är att stickvägarna ofta blir breda (>5,5 meter) och skador på träden närmast stickvägen (Schöttle m.fl., 1998), 8 m stickvägsbredd minskar skadorna i stickvägs-kant avsevärt. De tyska specialmaskinerna är större än de skördare som normalt används i Sverige med maskinbredder på 3,5 – 4,1 meter och vikter i spannet 40–70 ton. Dessa maskiner är också avsevärt dyrare än standardmaskiner, vilket medför en hög avverkningskostnad.



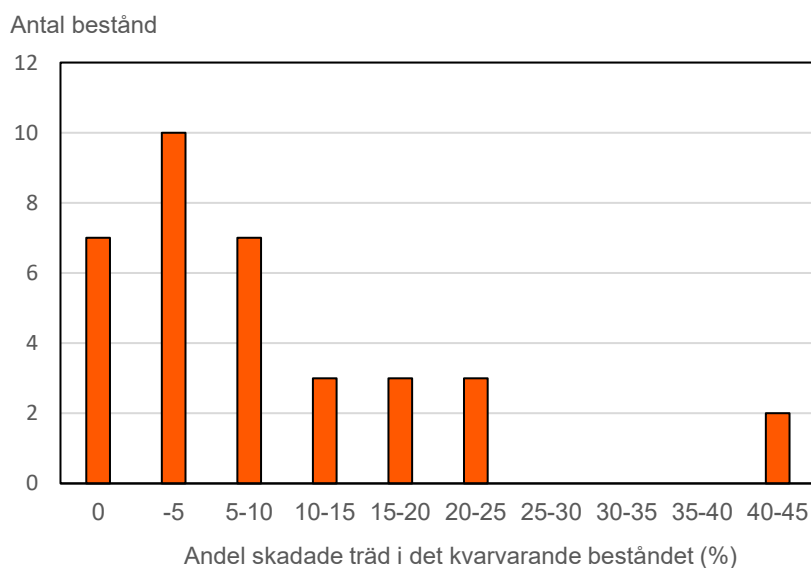
Det finns inget skäl att tro att flyttkostnaderna och de övriga fasta kostnaderna per trakt skall påverkas av typen av ingrepp. Däremot är det troligt att den avverkade volymen per trakt blir avsevärt lägre vid blädning än vid slutavverkning, vilket leder till att de fasta kostnaderna per avverkad kubikmeter blir avsevärt högre vid blädning. Om den tyska typen av specialmaskiner kommer till användning ökar dock flyttkostnaden, då dessa kräver trailers för tung transport.

## Skador

### Etablerade träd

Det är en stor variation i skadorna på det kvarvarande beståndet mellan olika studier. En orsak till detta är olikheterna mellan de skadedefinitioner som olika författare använt. I ett examensarbete i Bräcketrakten varierade skadenivån från 2,8 till 7,2 procent (Modig, 2010). Uttagsnivån i studien var genomgående låg, mellan 5 och 20 procent av volymen hade avverkats (26–80 m<sup>3</sup>sk/ha). Nya studier i Finland tyder på högre andelar skadade träd, Siren m.fl. (2015) rapporterar skadenivåer på 19, 22, 26 procent i tre bestånd (uttagsstyrka 32–41 procent). En större inventering av 35 blädade bestånd visar på att i medeltal var 9 procent av stammarna skadade (Hostikka, 2014), se Figur 5, och att skillnaden mellan bestånd är stor. I Fjelds studier från första delen av 1990-talet var skadenivåerna cirka 14 procent (7,5 procent för träd med dbh >10 centimeter) (Fjeld, 1994; Fjeld & Granhus, 1998), och det var tydligt att skadorna ökade med uttagsstyrkan.

I Jonssons (2015) blädningsstudie, uppkom skador endast i ett av fyra bestånd och skadenivån i detta bestånd var 3,9 procent av stammarna över 6 centimeter (uttagsstyrka 20–28 procent). Skadenivån i ett antal tyska studier är ganska likartad som i de nordiska studierna. Bacher-Winterhalter (2004) rapporterar skador mellan 6 och 19 procent. Det verkar inte vara några större skillnader mellan skördaravverkning och motormanuell avverkning, då båda metoderna ger 19–20 procent skador på det kvarvarande beståndet (Pausch, 2002). I studien var 19 procent av de kvarvarande stammarna skadade vid normalt kortvirkesuttag (uttagsstyrka 23 procent) och 23–26 procent skadade vid ett uttag av långa stockar (uttagsstyrka 30 procent).



Figur 6. 35 finska blädningsbestånd fördelade efter andelen skadade träd i det kvarvarande beståndet (Hostikka, 2014).

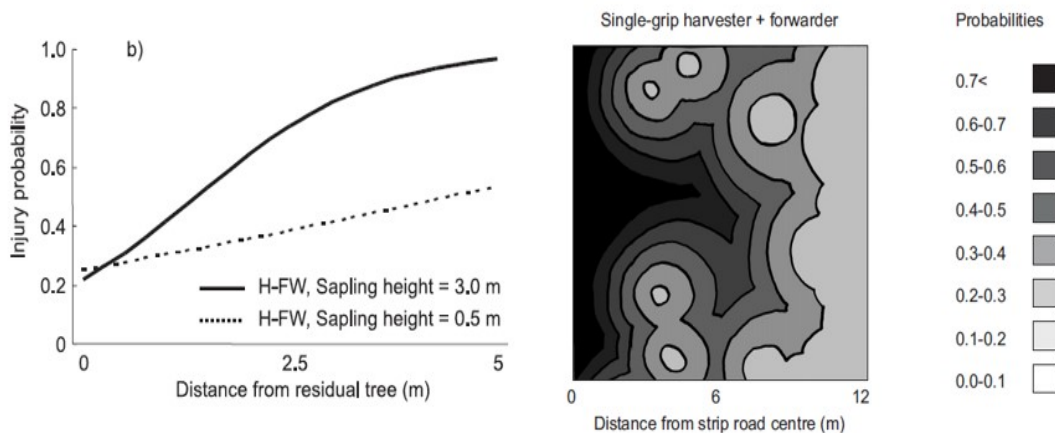
## Inväxande träd

För de inväxande träden har uttagsstyrkan och trädens placering i förhållande till stickvägarna stor inverkan på risken för skador (Hagström, 1994; Granhus, & Fjeld, 2001), Figur 7. I Hagströms studie varierar skadefrekvensen från 2 procent vid 12 procent uttag till 16 procent vid 39 procent uttag. Granhus och Fjeld (2001) konstaterar att 17–76 procent av träden mellan 0,5 och 3 meters höjd skadas (7–33 procent) eller dör (5–51) vid avverkningen. De höga skadenivåerna i den norska studien är inte förvånande då uttagsnivån är hög och varierar från 33–68 procent av volymen. Surakka m.fl. (2011) rapporterar skador på 18 till 61 procent av underväxten i de tre bestånd där Sirén m.fl. (2015) studerat skadorna på de kvarvarande träden. Notera att fällningsmetoden i denna studie gör att man fått mer skador än nödvändigt, alla träd har fällts in i beståndet – inga har fällts i eller över stickvägen.

## Transporter

Gör man de förenklade antagandena att man kan ta ut 33 procent av den volym som skulle avverkas i ett slutavverkningsbestånd då man blädar och att man kan fördubbla arealen per trakt så måste man bläda 50 procent fler trakter än vad som slutavverkas för att få ut samma volym. Detta leder till att andelen städlass/delade lass kommer att öka med 50 procent per år. Även om medeltransportavståndet över året inte bör påverkas, så kommer troligen större delar av skogsbilsvägnätet utnyttjas, vilket leder till ökade kostnader för vägunderhåll, t.ex. snöröjning.

Till denna volym kommer den volym som i dagsläget tas ut i gallring vilken borde kunna tas ut på ungefär samma areal i blädning. Transportförutsättningarna för dessa blädningar borde vara jämförbara med de för gallringarna förutom att fördelningen mellan sågtimmer och massaved kan förändras en del.



Figur 7.

Sannolikheten för att underväxten skadats efter ett blädningssingrepp beroende på avståndet till stickväg och avståndet till kvarvarande träd. Från: Granhus, A. & Fjeld, D. 2001. Spatial distribution of injuries to Norway spruce advance growth after selection harvesting. *Can. J. For. Res.* 31(11): 1903–1911.

## Skärmställningar

Skärmskogsbruk är relativt välstuderat i Sverige. Normalt består förnygringsfasen i ett skärmskogsbruk av en serie av åtgärder; en förberedande gallring, en skärmetablering, och en skärmavveckling (Holgen, 1999). I vissa fall förekommer även utglesningar av skärmen (gallringar). Från en avverkningsteknisk synvinkel skiljer sig inte den förberedande gallringen från en normal gallring, och kommer därför inte att beröras mera. Även skärmetableringen och de eventuella skärmutglesningarna har likheter med gallring, men förnygringen kommer att påverka avverkningarbetet en hel del.

Skogsbränslen i form av grot går att ta ut vid etablering av glesare skärmar. Grotkoncentrationen bör i det fallet bli tillräckligt hög för att medge ett lönsamt uttag av grot. Uttag av skogsbränslen i form av stubbar omöjliggörs av skötselmetoden, eftersom risken för skador på de kvarstående trädens rötter samt på det nya beståndet är för högt. I de fall då man får en tät skärmförnygring så bör det finnas goda möjligheter att ta ut skogsbränsle i form av små träd i tidig gallring.

### **Kostnader för avverkning och skotning**

Liksom för blädningsavverkningar kan de faktorer som påverkar kostnaderna för avverkning och skotning delas upp i tre grupper:

1. Prestationspåverkande faktorer.
2. Maskinval som påverkar timkostnaden för skördaren och skotaren.
3. Flytt och övriga fasta kostnader.

Vid skärmetablering så har de kvarvarande träden en hämmande effekt på skördarens prestation men det finns ingen eller lite förnygring att ta hänsyn till. Detta gör att skördarprestationen vid etablering av täta skärmar blir jämförbar med den vid gallring, ju glesare skärm man ställer desto mer liknar skördarens prestation i skärmetableringen den vid slutavverkning (Westerberg & Sikström, 1996; Eliasson m.fl., 1999). Vid utglesning och avveckling av skärmar kommer förnygringen in som ytterligare en restriktion för avverkningsarbetet (Eliasson 1998; Glöde 2001). Produktiviteten är högre vid utglesning av skärmar än vid skärmetablering, delvis som effekt av att större träd avverkas, men skillnaden minskar ju tätare skärmen är efter utglesning (Eliasson, 2000; Hånell m.fl., 2000). Skärmutglesningar ger en lägre produktivitetsnivå än slutavverkning. Skördarens produktivitet vid skärmavveckling når inte upp till produktivitetsnivån i slutavverkning på grund av två orsaker; 1) avståndet mellan träden är relativt långt, vilket leder till längre tider för maskinförflyttningar per träd och kubikmeter, 2) hänsyn måste tas till förnygringen vid fällningen.

Maskinvalet för skärmetablering, skärmutglesning och skärmavveckling är relativt rättfram. För de flesta skärmetableringar används stora gallringsskördare/-mindre slutavverkningsskördare medan skärmutglesningar och skärmavvecklingar sker med slutavverkningsskördare. Maskinvalet i de senare avverkningstyperna styrs av att man vill ha en maskin som kan hantera de större träden så att skadorna på förnygringen minimeras. Även om skadorna troligen kan minskas genom att välja större maskiner och att anpassa arbetsmetodiken (Glöde & Sikström, 2001), så kan specialmaskiner som kan lyfta in och upparbeta alla träd i stickvägen (Schöttle m.fl. 1998) vara ett alternativ om man vill minimera

skadenivåerna. Denna typ av maskiner finns bl.a. i Tyskland och de är mycket stora (mer än dubbelt så tunga som de största skördarna som används i Sverige i dag), vilket gör dem dyra och att de dessutom kräver breda stickvägar. För att förse dem med arbete under hela året krävs också stora arealer med skärmar och de tunga maskinerna är dyra att flytta, vilket gör att de behöver stora trakter för att uppnå de virkesvolymerna som skulle göra dem till ett ekonomiskt realistiskt alternativ.

Inte heller för skärmavverkningarna finns det något skäl att tro att flyttkostnaderna och de övriga fasta kostnaderna per trakt skall påverkas av typen av ingrepp. Däremot är det troligt att den avverkade volymen per trakt och avverkningstillfälle blir lägre än vid slutavverkning, vilket leder till att de fasta kostnaderna per avverkad kubikmeter blir högre för skärmalternativet.

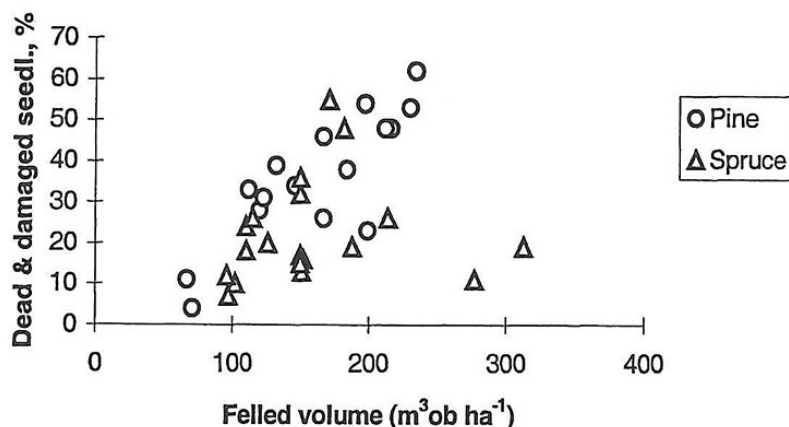
## Skador

### Etablerade träd

Det finns relativt få undersökningar av skador på de etablerade träden vid skärmetablering och skärmutglesning. Även om det finns studier som pekar på en hög andel skador i det kvarvarande beståndet (Youngblood, 2000), så är det troligt att skadenivån på skärmträden är i närheten av den skadenivå man har i gallring. Detta skulle innebära att cirka 5 procent av de kvarvarande träden är skadade (jfr Fröding, 1992; Lageson, 1997; Bäcke, 1998).

### Föryngring

Det finns mer data om skador på föryngringen. Vid inventeringar av sex ytor våren efter att skärmarna avvecklats fann Sikström & Glöde (2000) att 38 till 65 procent av de unga träden hade försvunnit eller skadats av avverkningen. Detta kan tyckas mycket men trots detta varierade antalet oskadda barrplantor per hektar från 2 200 till 15 300. Andelen ytor (2 meters radie) utan föryngring varierade från 3 till 17 procent våren efter avverkning, men minskade till 0 till 7 procent två år senare (Glöde, 2002), notera att i den senare studien godtogs huvudstammar av löv. Skadorna är korrelerade med den avverkade volymen i skärmen jfr (Figur 8 från (Glöde, 2001)).



Figur 8. Sambandet mellan den avverkade volymen och andelen skadade plantor vid avverkning av högskärmar. Från Glöde, D. 2001.

## Transporter

Ett skärmskogsbruk leder till att man gör flera avverkningsingrepp under förnyngsfasen, därmed blir också den avverkade volymen vid varje avverkningsstillfälle lägre. Om samma volym ska levereras till kund så innebär detta att fler trakter åtgärdas varje år och att en större del av vägnätet därigenom kommer att utnyttjas årligen. Detta kommer att leda till ökade drifts och underhållskostnader för skogsvägnätet. Hyggesfria skötselmetoder som leder till en lägre virkesproduktion i landskapet minskar båtnaden vid nybyggnation av skogsbilvägar. Konsekvenserna är att kostnaden för nybyggnation blir högre per avverkad kubikmeter som skall transporteras på vägen. Alternativet är att inte bygga nya vägar men då ökar kostnaden för terrängtransport i stället.

## Bedömning

### Blädning

Blädning kommer att leda till avverkningskostnader i nivå med dem för gallring, d.v.s. betydligt högre än de för slutavverkning. Skadenivåerna är låga om man har uttag som är mindre än 25 procent av den stående volymen. Ett så lågt uttag leder troligen till något högre avverkningskostnader än vid normal gallring, och till att 4 gånger så stor areal måste blädas varje år jämfört med dagens slutavverkningsareal om man vill bibehålla mängden virke som levereras till industrin. Vid uttag över 30 procent av volymen blir skadenivåerna ofta oacceptabelt höga, men avverkningskostnaden blir då jämförbar med normal gallring vid samma medelstam. En upp till tre gånger så stor areal måste blädas varje år jämfört med dagens slutavverkningsareal för att bibehålla samma virkesflöde till industrin.

Till detta kommer det virke som levereras från gallringar, där ungefär samma mängd virke faller ut per arealenhet från blädning som från gallring. Givet två gallringar per omloppstid kan man anta att man varje år gallrar två arealenheter per slutavverkad arealenhet. Detta medför att man för att bibehålla samma virkesflöde måste öka den totala behandlingsarealen från tre arealenheter till fem till sex arealenheter per år. Den större behandlingsarealen kommer att leda till fler och mindre avlägg, vilket medför att större delar av skogsbilsvägnätet utnyttjas varje år med ökade kostnader för vägunderhåll som följd.

De flesta av blädningsbrukets och skärmskogsbrukets effekter på landskapsnivå är rena skaleffekter av de effekter som uppstår på traktnivå. De effekter som är viktigast på landskapsnivån är effekterna på traktstorleken och att en större del av vägnätet troligen kommer att användas varje år. Traktplaneringskostnaderna kommer att öka som en följd av den ökade avverkningsarealen, eftersom tiden för att planera en avverkning till stor del beror på den planerade arealen och till mindre del på den avverkade volymen.

Traktstorleken kommer att öka om man vill ha ett tillräckligt stort uttag för att dels hålla ner andelen fasta avverkningskostnader, dels för att markägaren ska kunna nå en likartad nettointäkt som vid en slutavverkning. I en tysk studie anges ett rekommenderat uttag på minst 500 kubikmeter vid avverkning med vanliga skördare och 1 000 kubikmeter vid avverkning med specialmaskiner (Bacher-Winterhalter, 2004). Detta motsvarar en blädningstrakt med en areal på 10 till 20 hektar i en normal mellansvensk granskog. För stora markägare går det säkert att skapa så stora bestånd på lång sikt. För de flesta enskilda markägare lär det dock vara omöjligt att skapa så stora trakter på grund av fastighetens storlek och arrondering. För dessa markägare återstår då två alternativ:

1. Arbeta med mindre bestånd och acceptera att uttaget blir mindre och kostnaden högre, vilken kan uppskattas till 20–50 kronor per kubikmeter.
2. samordna avverkningarna med grannfastigheterna för att kunna fördela de fasta avverkningskostnaderna på en större volym. För mindre fastigheter kan hyggesfria metoder alltså försvåra ett rationellt brukande.

För både skärmar och blädningar gäller att den större årliga behandlingsarealen kommer att leda till fler och mindre avlägg, vilket medför att större delar av skogsbilsvägnätet utnyttjas varje år med ökade kostnader för vägunderhåll som följd.

### Sammanfattning kostnader

Faktor	HF10			HF30			HF100		
<b>Kostnader</b>									
Drivning									
Skogsvård									
Transporter									

Figur 9. Bedömda konsekvenser på kostnader i de tre scenarierna jämfört med dagens skogsbruk (BAU-scenariet).

### Sammanfattning skogsbränsle

Faktor	HF10			HF30			HF100		
<b>Skogsbränsle</b>									
Grot									
Klentråd									
Stubbar									

Figur 10. Bedömning av förändrade möjligheter till bränsleuttag i de tre scenarierna jämfört med dagens skogsbruk (BAU-scenariet).

## INSEKTSSKADOR OCH STORMSKADOR

### Beskrivning

Två uppsatser (Björkman m.fl., 2015; Klapwijk m.fl., 2016) sammanfattar kunskap och gör bedömningar hur olika skogsbrukssätt påverkar risken för insektsskador. Den ena (Björkman m.fl., 2015) bedömer hur insektsskadorna påverkas i ett varmare klimat och den andra hur skadegörarnas fiender påverkas av olika skogsbrukssätt (Klapwijk et.al., 2016). I båda uppsatser ingår trakt-hyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk (Continuous Cover Forestry) och skadegörarna är granbarkborre (*Ips typographus*), snytbagge (*Hylobius abietis*) samt en samling skadegörare som kaläter barrskog (defoliators); i huvudsak två tallstekelarter, röda tallstekeln (*Neodirion sertifer*) och vanlig tallstekeln (*Diprion pini*). Båda artiklarna pekar på lägre risk för insektsskador i ett hyggesfritt skogsbruk, dock med vissa reservationer och osäkerheter. Den säkraste bedömningen är att skador av snytbagge kommer i princip upphöra vid blädning eftersom problemet är starkt kopplat till konventionellt trakthyggesbruk där man planterar välnärda smakliga plantor alldeles nära snytbaggens utvecklingsplats (stubbrötter). Man bedömer att skador av defoliatorer kommer att minska något men detta är en osäker bedömning. När det gäller granbarkborre så resonerar man att eftersom det kommer vara glesare mellan gamla mottagliga träd i bestånden så minskar risken för att skadorna sprider sig inom bestånden.

Detta har att göra med granbarkborrens feromoner som gör att den största risken för angrepp på ett enskilt träd är på träd intill redan angripna träd. Ju glesare mellan träden desto mindre risk för skador. Det finns dock en osäkerhetsfaktor som är kopplat till risken för stormfällning. Risken för stormfällning med påföljande angrepp av granbarkborre bedöms som ganska stor då man ska omföra äldre enskiktade granbestånd till flerskiktade bestånd.

Flera undersökningar har jämfört stormfällning i skogsbestånd med olika skötselsystem. Även om det finns en del oklarheter vad avser jämförbarheten i övrigt mellan bestånden så tyder det mesta på att fullskiktade bestånd har lägre stormfällningsrisk än enskiktade bestånd. (Hanewinkel m.fl., 2014; Anyomi & Ruel, 2015; Pukkola m.fl., 2016).

### Bedömning

Eftersom både trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk båda kan varieras och anpassas så att risken för stormfällning i bestånden påverkas blir frågan komplex. På landskapsnivå blir frågan än mer komplex och här finns inga publicerade studier. När det gäller risken för stormfällning i ett landskap så finns det flera faktorer (Tabell 2) att ta hänsyn till. Det är därför svårt att dra några säkra slutsatser.

### Andel bestånd i riskzonen ökar med andel hyggesfritt

I ett landskap med trakthyggesbruk kommer bara en viss andel av bestånden (de äldre) att vara i riskzonen för vindskador, medan i ett landskap med hyggesfritt riskerar alla bestånd att drabbas av vindskador. Följande räkneexempel kan belysa hur andelen vindkänsliga bestånd skogslandskapet ökar med ökad andel hyggesfritt skogsbruk. Vi antar att 50 procent av bestånden i trakthyggeslandskapet är i riskzonen.

- Vid 10 procent blädning så brukas 90 procent med trakthyggesbruk. Totalt  $10 + (90/2) = 55$  procent av landskapet i riskzonen för stormfällning.
- Med samma resonemang så blir siffran för HF30-alternativet  $30 + (70/2) = 65$  procent.
- För alternativet HF100 hamnar 100 procent i riskzon (Tabell 2, rad 1).

### Risken mindre i fullskiktade bestånd

I ett landskap där man redan klarat av omföring till hyggesfritt skogsbruk är då förmodligen de hyggesfria bestånden motståndskraftigare mot vindfällning än den äldre enskiktade skogen som uppkommit efter trakthyggesbruk – alltså bör risken minska med ökad andel blädning (Tabell 2, rad 2). Jämförelsen är dock osäker och både i trakthyggesbruket och blädning kan skötseln anpassas för att minska risken för stormskador.

### Mer hyggeskanter med trakthyggesbruk

Mängden hyggeskanter minskar med graden av blädning, vilket är gör att risken för stormskador sannolikt minskar då man ökar andelen hyggesfria bestånd. (Tabell 2, Rad 3)

### Tallskärmar stormkänsliga

I 100 procent alternativet kommer cirka halva landskapet att bestå av tallskärmar. Förmodligen kommer dessa bestånd ligga i en högre riskzon för stormfällning än om de hade skötts med trakthyggesbruk (Tabell 2, Rad 4).

### Skadorna mer utspridda

Efter en storm kommer vindfällda träd troligen att vara mer spridda över en större yta i ett landskap dominerat av hyggesfri skötsel jämfört med ett landskap dominerat av trakthyggesbruk. Detta medför en högre kostnad för upparbetning men kan också innebära att en större mängd virke inte upparbetas, med ökad risk för barkborreskadorna som följd.

Tabell 2.

Sammanfattning av olika faktorer som påverkar risken för stormskador.

Faktor	Trend
Andel bestånd gamla nog för vindskador.	Ökar med andelen hyggesfritt.
Motståndskraft på beståndsnivå.	Större i fullskiktad skog än i enskiktad äldre skog.
Mängd stormkänsliga hyggeskanter.	Minskar med andel hyggesfritt.
Areal med stormkänsliga tallskärmar.	Stor areal i alternativet HF100.
Utspridda skador.	Ökar med andelen hyggesfritt.



Risken för granbarkborreskador i landskapet bedöms vara starkt kopplad till risken för stormfällning. Som framgår ovan så är stormfällningsrisken mycket svårbedömd. Risken för att barkborreskadorna sprider sig inom bestånden bedöms vara mindre i äldre fullskiktade granbestånd än äldre enskiktade bestånd på grund av att mottagliga granar (medelålders och äldre) står längre ifrån varandra. På landskapsnivå kommer dock alla blädningensbestånd att innehålla mottagliga granar. Sammanfattningsvis så är vår slutsats att det inte går att bedöma hur risken för granbarkborreskador påverkas av hyggesfritt skogsbruk.

Märgborreskador kommer inte alls att påverkas av blädning i granskog (HF10 och HF30), men i HF100 bedömer vi att risken för vindfällning i tallskärmar kommer att vara större än i BAU. Detta kommer att medföra ökade märgborreskador.

Man kan genom anpassad skötsel påverka risken för stormskador och angrepp av granbarkborre och märgborrar, både i hyggesfritt skogsbruk och trakthyggesbruk, t.ex. kortare omloppstider i trakthyggesbruket eller förberedande huggning vid ställande av tallskärmar. Men anpassningar i detta avseende kan ge tillväxtförluster och/eller ökade kostnader.

Snytbaggesskador hänger intimt samman med konventionellt trakthyggesbruk med plantering. I blädningsskogen kommer snytbaggesskador att vara försumbara. Vid plantering under tallskärmar kommer avgångar till följd av snytbaggas att förkomma men sannolikt på en betydligt lägre nivå än vid konventionellt trakthyggesbruk (jmf. von Sydow & Örlander, 1994).

## **ROTRÖTA**

### **Beskrivning**










Rotröta (framför allt orsakad av rotticka, *Heterobasidion spp.*) är ett generellt problem för produktion av granvirke. Dagens kostnader för skogsägaren av virkesskador på gran har uppskattats till mellan en halv och en miljard kronor årligen (t.ex. Thor m.fl., 2004). Svampen sprids med sporer som infekterar träd genom färsk rot- och stamskador och stubbskär framför allt under vegetationsperioden. Från infekterade träd sker sedan spridningen vidare genom rotkontakt mellan träd (Stenlid & Redfern, 1998; Redfern & Stenlid, 1998). Vidare finns det resultat som visar genotypisk variation i svampens tillväxthastighet (Swedjemark & Karlsson, 2004) i rötter och stammar. Gallring utan stubbehandling ger betydande risker för rötinfektion från stubbar till kvarstående träd (Thor & Stenlid, 2005). Täta granföryngringar med behov av att röja många granstammar kan också öka risken för infektion (Wang m.fl., 2015), utöver starkt teoretiskt och experimentellt stöd för att längre avstånd mellan infekterade granar i ett bestånd minskar problemen för spridning genom rotkontakt. Ju äldre träd, desto längre tid för svampen att etablera sig. Genom analyser av material med registrerad förekomst av rotröta från riksskogstaxeringen fann Thor och Stenlid (2005) att beståndsålder och trädstorlek båda korrelerade positivt med andelen granar som angripits av röta. Normalt drabbar rötskadorna främst rotstockarnas kärnvedsdel (t.ex. Schmidt, 2006) och kärnvedsandelens i träden ökar direkt proportionellt med trädåldern (Wilhelmsson m.fl., 2002).

Vid en övergång till hyggesfria metoder är fokus på totala stamantal, granandelar, virkesuttagens intensitet i tid och rum, trädåldersfördelning hos avverkade respektive kvarstående träd och frekvensen och den rumsliga fördelningen av rot- och stamskador från maskinöverfarer troligen viktiga faktorer. Mattila och Nuttinen (2007) redovisar betydligt högre frekvens rotträta i bestånd där det gjorts selektiva uttag av grova granar på provytor från den finska riksskogstaxeringen jämfört med provytor där det inte gjorts några uttag de senaste 10 åren. Möjligheterna att utföra effektiv stubbehandling (Thor & Stenlid, 2005; Thor, 2011) vid såväl röjning som alla former av virkesuttag och skötselregimer (blädning, gallring slutavverkning) kan vara en nyckelfråga för att minska riskerna för omfattande spridning av rotträta. Genetisk variation i svampmycelens tillväxthastighet kan på sikt ge möjligheter att minska spridningshastighet och skadornas omfattning vid plantering av grankloner med större spridningsmotstånd. I skogar med kontinuerligt hög granandel över flera trädgenerationer ökar problemen med vegetativ spridning av rötsvampmycel (Piri & Korhonen, 2001; Möykkynen & Pukkala, 2010). I ett scenario med ökad frekvens extrema väderhändelser, med risker för ökad fysiologisk stress och insektsangrepp finns även, oavsett skötselssystem, generellt ökande risker för rötangrepp. Ju mer komplexa, varierande och mer tidskritiska åtgärder som krävs över stora arealer för att motverka riskerna för rötangrepp desto svårare blir det att klara en hållbar skogsskötsel.

### **Bedömning**

Hög granandel, många röjda granar, många gallringsingrepp, hög genomsnittlig trädålder före skörd, kontinuitet med stora och gamla granar, samt stor exposition för vind är alla faktorer som höjer risken för successivt ökande förekomst av rotträta och ökande frekvenser rötade träd. Kort rotationstid från frö till skördat träd, få röjda granstammar och skonsamma eller inga gallringsuttag inkluderande stubbehandling vid all avverkning under vegetationsperioden minskar risken för rötskador. Växelbruk med trädslag som inte är känsliga för rötsvampen och/eller anläggning av blandskogar är åtgärder som också kan minska risken för rötskador. För att klara sådan överföring krävs normalt plantering eller möjligen sådd av de önskvärda blandträdsragen. Används plantering kan på sikt grankloner som dämpar rötsvamparnas angrepp användas. Kostnader och chans/risk att lyckas/misslyckas med föreslagna men delvis obeprövade och komplexa åtgärder för att begränsa spridningen av rötan kan bli höga och lång väntetid från kostnad för åtgärd till intäkt vid skörd, måste också beaktas i ett hållbarhetsperspektiv. Effektiv stubbehandling av alla stubbskår minskar infektion via sporspridning, men ett kontinuerligt trädskikt med gamla granar ökar risken för vegetativ spridning av röta från de äldre till de yngre träden.

## Sammanfattning skador

Faktor	HF10			HF30			HF100		
									
<b>Skador</b>									
Drivning – Stora träd		●		●			●		
Drivning – Föryngring (små träd)		●		●			Gran ●	Tall ●	
Storm		●		●			●		
<b>Insekter</b>									
Snytbagge			●			●			●
Granbarkborre		●		●					●
Märgborrar		●		●			●		●
Rotröta	●			●			●		●
Vilt	●			●			●		●

Figur 11. Bedömning av förändrade risk för olika typer av skador i de tre scenarierna jämfört med dagens skogsbruk (BAU-scenariet).

I Figur 11 har vi samlat de skador som påverkar virkesproduktionen och dess ekonomi negativt. En grön gubbe motsvarar alltså att skaderisken bedöms lägre än i BAU och motsatt för den röda gubben. Skadefaktorer som storm, insekter och vilt är ju samtidigt naturliga störningar som skapar en variation i strukturer och substrat som har en potentiellt positiv effekt på flora och fauna, men detta är inte värderat i denna figur.

## KLIMATNYTTA

### Beskrivning

Skogen bidrar med klimatnytta på flera olika sätt. Skogsekosystemen lagrar stora mängder kol och i de boreala skogarna återfinns en betydande del av detta kol i marken. När träd växer binds koldioxid från atmosfären in och ju högre biomassaproduktion desto mer kol binds in. En ökad tillväxt ger också ett ökat förnafall med ökande mängder markkol som följd. Samtidigt sker hela tiden en nedbrytning av organiska föreningar under avgivande av koldioxid till atmosfären. Om skogen inte avverkas kommer man så småningom till en jämvikt där lika mycket koldioxid tas upp som avges. När skog avverkas kan det avvercade virket bidra till klimatnytta på två sätt, dels genom att man bygger in trä i långlivade konstruktioner och därmed fortsätter att lagra kol och dels genom att substituera fossilbaserad energi eller material som vid tillverkning släpper ut koldioxid i atmosfären, t.ex. stål och betong. Flera analyser visar entydigt att den största klimatnyttan gör brukade skogar med hög tillväxt, högt uttag av virke och under uppehållande av ett relativt högt virkesförråd (Naaburs & Nasera, 2007; Lundmark m.fl., 2014). I en ny studie jämförs den totala klimatnyttan mellan kalhyggesbruk och blådningsbruk med gran i Sverige som exempel (Lundmark m.fl., 2016).

Slutsatsen är att över en längre tidshorisont (en till flera omloppstider) så påverkas klimatnyttan mycket lite av skötselsystem om man antar att de producerar lika mycket virke per hektar och år. Substitutionseffekten är helt överskuggande eventuella skillnader i kollagring, och i ett scenario där blädningsbruket antas producera 80 procent av medeltillväxten i kalhyggesbruket så är den totala klimatnyttan 10–20 procent mindre jämfört med kalhyggesbruk. En annan aspekt som inte ingick i studien ovan är emissioner vid avverkning och transport. I en ny studie (Cosola m.fl., 2016) där man sammanställt och analyserat resultat från 162 studier på emissioner vid drivning i olika typer av skötselsystem finner man att alternativa skötselsystem (sammanfattade som ”Close to nature” i studien) ger högre emissioner från drivning än kalhyggesbruk (”Plantations” i studien). Skillnaderna är inte stora och sett i perspektivet att emissionerna är i storleksordning 30–40 Kg CO<sub>2</sub>/ha och år medan den samlade klimatnyttan i studien ovan (Lundmark m.fl., 2016) är i storleksordningen 2 000 Kg/ha och år så har skillnaden i emissioner liten betydelse.

En annan viktig påverkan är att i de hyggesfria skötselsystemen är möjligheterna att ta ut bränslesortiment mindre än i trakthyggesbruk (Figur 10) och möjligheterna att ersätta fossil energi minskar därmed.

### **Bedömning**

Eftersom vi bedömer att medeltillväxten kommer att vara lägre i scenarierna med hyggesfri skötsel så räknar vi med minskad klimatnytta i samma omfattning som den minskade virkesproduktionen.

## **KLIMATANPASSNING**

### **Beskrivning**

Hyggesfria skötselsystem med olikåldriga och skiktade skogar framförs ofta som mer motståndskraftiga och resilienta mot klimatförändringar (Kolström m.fl., 2011; O’Hara & Ramage, 2013) än skötsel av likåldrig skog med trakthyggesbruk. I ett varmare klimat förväntas risken för vissa skadegörare öka och samtidigt risken för stormfällning som riskerar att förvärra insektsskadorna. Det finns flera studier som tyder på att hyggesfri skötsel kan minska risken både för storm och insektsskador (Pukkala m.fl., 2016; Klapwijk m.fl., 2016). I litteraturen är det dock vanligt att man blandar ihop effekten av flerskiktad hyggesfri skog med effekten av trädslagsblandning. Framför allt i Nordamerika uppfattas hyggesfri skog som synonymt med trädslagsrik skog och man tillskriver därför positiva effekter av trädslagsblandning som konsekvenser av hyggesfri skötsel (O’Hara & Ramage, 2013). I Sverige har vi få trädslag som fungerar i blädningsbruk och i största delen av landet i princip bara gran. Däremot är trakthyggesbruket mycket flexibelt vid val av trädslag och ger stora möjligheter att skapa blandbestånd, om man bara vill. Kolstöm m.fl. (2011) påpekar också att hyggesfri skötsel gynnar skuggföredragande trädslag, som samtidigt är mer känsliga för torkstress än pionjärträdslag som tall, ek och björk. En ökad inblandning av andra trädslag, t.ex. tall och björk i svenska granbestånd skulle minska risken för flera typer av skador som kan förväntas följa av ett varmare klimat (Felton m.fl., 2016).

Minst lika viktigt som beståndens struktur, i form av skiktning och trädslagsblandning, är trädens genetiska anpassning till det förändrade klimatet. Anpassning genom att främja naturlig förnygring och därmed skapa stora mängder plantor som det naturliga urvalet kan verka på är en vanligt föreslagen strategi (Kolström m.fl. 2011). Samtidigt finns tydliga resultat som pekar på att med den snabba klimatförändring som kan förväntas räcker de naturliga evolutionära krafterna (selektion, migration och plasticitet) inte till för att skapa den snabba anpassning som behövs (Savolainen m.fl., 2007; Zhu m.fl., 2012). Kunskapsbaserad förflyttning av skogsodlingsmaterial kommer att bli nödvändigt för att möta den snabba klimatförändringen och det svenska förädlingsprogrammet för skogsträd är väl förberett för att kunna välja ut material som är testat i olika klimat och har en stor genetisk variation (Keskitalo m.fl., 2016). Beslutsstöd baserat på klimatscenarier och genetiska fältförsök för förflyttning av skogsodlingsmaterial är under utveckling (Berlin m.fl., 2016).

## Bedömning

Den hyggesfria skötseln gynnar gran, vilket kan vara ett problem i sig. Granen är kanske det trädslag som är sämst lämpat för ett varmare och delvis torrare klimat, framför allt i Götaland. Ur klimatanpassnings- och riskspridningssynpunkt skulle det vara önskvärt med minskad granandel i södra Sverige och framför allt att undvika gran på grovkorniga jordar och torrare ståndorter. Blädningsbruk i granskog kan troligen minska risken för vissa typer av skador om man jämför med trakthyggesbruk med rena granbestånd som alternativ, problemet med blädningssskogen är att den minskar möjligheterna att öka trädslagsblandningen på beståndsnivå. Vid skötsel med överhållen skärm i tallbestånd så finns dock stora möjligheter att skapa blandbestånd, även om granen kan gynnas av beskuggningen på de något bördigare markerna. Men om man får tillräckligt med tall- och lövförnygring går detta att åtgärda i röjningsfasen.

Den största nackdelen med de hyggesfria alternativen vi antagit i våra scenarier är att de helt bygger på naturlig förnygring med träd som är anpassade till gårdagens klimat. Förflyttning av skogsodlingsmaterial förutsätter plantering eller möjligen sådd. Förvisso är det möjligt att plantera förflyttade plantor i skärmar och blädningsskog, men det förändrar helt den ekonomiska kalkylen för dessa skötselsystem.

Vid en sammanvägning av ovanstående faktorer gör vi bedömningen att möjligheten till förflyttning av skogsodlingsmaterial ger trakthyggesbruket en fördel, särskilt om det kombineras med ökad trädslagsblandning.

## Sammanfattning klimat

	HF10			HF30			HF100		
<b>Faktor</b>									
<b>Klimatförändring</b>									
<b>Klimatnytta</b>	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>Klimatanpassning</b>	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Figur 12. Bedömda konsekvenser på klimatanpassning och klimatnytta för de tre scenarierna jämfört med dagens skogsbruk (BAU-scenariet).

## FLORA OCH FAUNA

### Beskrivning

Litteraturen om skogsbruk och bevarande av biologisk mångfald är omfattande men det finns ganska lite empirisk forskning om hur flora och fauna påverkas av olika skogsbrukssätt. Ett av de viktigaste argumenten för ett hyggesfritt skogsbruk är att det borde vara bra för biologisk mångfald. Det finns två huvudspår av argumentering 1) Artperspektivet – ju fler skogsbruksätt, desto fler habitat i landskapet (Dahlberg, 2011). 2). Störningsperspektivet – Skogsbruk som efterliknar naturliga störningar skapar också de habitat som naturligt förekommande arter kräver och trakthyggesbruk är dåligt på att skapa småskaliga störningar (Puettmann m.fl., 2012; Kuuluvainen m.fl., 2012).

### Artperspektivet

Ljus- eller uttorkningskänsliga arter klarar inte att leva kvar på en plats som kalavverkats. För att överleva i ett landskap med trakthyggesbruk måste de därför ha en tillräckligt god spridnings- och etableringsförmåga. Rolstad & Gjerde (2003) analyserade skogslevande organismers spridningsförmåga. De fann att arter med dålig spridnings- och/eller etableringsförmåga finns inom följande organismgrupper och skogsmiljöer:

- Fröplantor i ädellövskog och andra rika vegetationstyper.
- Skalbaggas knutna till död ved och ihåliga träd huvudsakligen i rika lövskogar.
- Epifytiska lavar, d.v.s. lavar som växer på levande träd. Dessa finns huvudsakligen inom två grupper, hänglavar på gamla barrträd och lunglavssamhället (*Lobarion*) som växer på lövträd i boreal barrskog, tempererad lövskog och på både barr- och lövträd i kustnära skogar.
- Mossor i fuktiga miljöer. Bland dessa finns uppenbarligen arter som enbart sprider sig vegetativt.

Om man kombinerar studien Rolstads & Gjerde (2003) med en studie av Berg m.fl. (1995) så finner man ”överlappningar” av dålig tolerans mot huggning och dålig spridningsförmåga inom alla artgrupper utom ryggradsdjur. Mest påtaglig är dock överlappningen för mossor och lavar. Svampar identifieras som en grupp med låg tolerans mot huggning av Berg m.fl. (1995) med inte som en grupp med dålig spridningsförmåga av (Rolstad & Gjerde, 2003). Dahlberg (2011) menar dock att vissa mykhorizasvampar har dålig etableringsförmåga och kan också räknas inte bland arter som skulle gynnas av hyggesfritt skogsbruk.

För de starkast hotade arterna hjälper dock inte anpassningar av skogskötsel utan här krävs speciella avsättningar och/eller lokalt anpassade restaurerings och skötselplaner (Dahlberg 2011). En anledning till detta är att alla (lönsamma) skogsbrukssätt är dåliga på att skapa kontinuerlig tillgång på död ved, gamla träd och grova träd i stora mängder (Angelstam, 2005).

## Störningsperspektivet

Här antar man att skogsbruk som efterliknar naturliga störningar också skapar de habitat som naturligt förekommande arter kräver. Trakthyggesbruk efterliknar i viss mån storskaliga beståndsomvälvande störningar t.ex. brand och storm där träden till stor delen dör men är ganska dåligt på att efterlikna oregelbundet förekommande småskaliga störningar inom bestånd (Angelstam, 2003).

Störning, strukturer, och komplexitet är begrepp som förekommer då man jämför olika skogsbrukssätt (Puettmann m.fl., 2012). Störning ger strukturer som skapar mer eller mindre komplexa bestånd och landskap. Många trädslag, många åldrar, mycket död ved, olika nedbrytningsstadier, gläntor och luckor är bra. Jämför vi trakthyggesbruk med hyggesfritt är dock svaret inte enkelt. Trakthyggesbruk skapar komplexitet på landskapsnivå, medan hyggesfritt skogsbruk skapar mer komplexitet på beståndsnivå. På beståndsnivå är det t.ex. enklare att ha variation på trädålder och undervegetation med hyggesfritt skogsbruk men det kan vara begränsande t.ex. på trädslag (pionjärarter och successionsarter missgynnas). Trakthyggesbruk skapar storskaliga störningar och många kortvariga habitat (successioner) sett över en omloppstid medan hyggesfritt skapar småskaliga störningar och relativt få men långvariga habitat över samma tidsperiod. Hyggesfritt kan vara särskilt bra för biologisk mångfald i skogsekosystem med intern luck-dynamik (alltså där förökning sker i luckor som uppstår då träd dör). Med tanke på det så skulle sydlig lövblandskog, vara mer gynnad än barrskog och granskog mer än tallskog. Men detta är starkt förenklat. Kuuluvainen m.fl. (2012) menar att luckdynamikens betydelse i boreal skog är underskattad. Interndynamik förekommer i alla beståndstyper i större eller mindre utsträckning. Det är inte så att alla arter i tallskog är anpassade till storskaliga störningar. Och det finns sen-successionsarter i alla ekosystem som skulle gynnas av hyggesfri skötsel.

Det finns också kopplingar mellan organismers spridningsförmåga och varaktigheten på deras habitat (Rolstad & Gjerde, 2003; Appelqvist, 2005). Arter som utnyttjar korta successioner t.ex. brandfält har ofta god spridningsförmåga för att kunna utnyttja på denna fläckvis och slumpvis uppkommande resurs, medan andra organismer som lever i samma habitat under flera decennier kan invänta att lämpligt habitat uppstår i närheten (t.ex. hänglavar eller hålträdsarter).

## Bedömning

Sammantaget bedöms fler arter att kunna hitta lämpliga habitat i ett landskap med både trakthyggesbruk och hyggesfritt skogsbruk än i ett landskap med bara ett skogsbruks-sätt. Men det finns flera osäkerheter kopplade till denna bedömning. Förmodligen kommer många arter som inte tål hyggen och som har dålig spridningsförmåga att reagera mycket långsamt. De finns i dag kvar i små områden som varit trädbevuxna länge (s.k. kontinuitetsskog). Dessa arter kommer att ha mycket svårt att sprida sig till nya biotoper om inte det hyggesfria skogsbruket byggs ut runt dessa värdekärnor.










Följande strategi skulle vara bra (om än svårt att genomföra till fullo):

- Välj ut alla fullskiktade granbestånd.
- Ställ om till blädning runt dessa tills 10 procent av arealen omfattas av blädning.
- Fortsätt att utvidga i 30 procent alternativet.

Effekter av hyggesfritt skogsbruk på flora och fauna på landskapsnivå är inte enkel att bedöma och nedanstående bedömning får ses som ett resonemang om eventuella följder för olika arter. En försiktig bedömning är att den största och snabbaste positiva effekten på kontinuitetsberoende arter blir då man övergår från BAU till 10 procent blädning. Här kommer man att fånga in merparten av kontinuitetsskogarna. Att ställa om 30 procent av skogsmarken (cirka 70 procent av granskogsbestånden) till blädning kommer åtminstone kortsiktigt att tillföra få positiva effekter på kontinuitetsberoende arter jämfört med 10 procent alternativet. För störningsgynnade arter bedömer vi att 10 procent alternativet inte kommer att avsevärt missgynna dessa arter. Med 30 procent blädning kan man förmoda att flera arter, som i dag nyttjar solbelysta döda granar och lövträd, kommer att ha färre lämpliga habitat i landskapet. Sådana habitat skapas i BAU genom hänsyn vid slutavverkning. Även successioner av lövträd kommer att minska i landskap med hög andel blädning. I 100-procent-alternativet tillkommer effekten av tallskärmar. Effekten på arter knutna till tall (som övervägande är störningsgynnade) kommer att vara beroende av hur snabbt man glesar ut tallbestånden (ju snabbare desto större risk för vindfällning) och hur täta de blir under föryngringsfasen. En positiv effekt på en del av de störningsgynnade arterna kan förväntas eftersom skärmföryngringen bättre efterliknar naturliga successioner än kalhygge med efterföljande plantering. Sammanfattningsvis så bedömer vi att effekten på arter i tallskog kommer att vara svagt positiv både för kontinuitetsberoende och störningsgynnade arter, jämfört med 30 procent alternativet alternativ.



## Sammanfattning flora och fauna

Faktor	HF10			HF30			HF100		
									
<b>Flora och fauna</b>									
Kontinuitetsberoende klimaxarter, mykorrhizasvampar, kryptogamer....			●			●			●
Störningsgynnade arter successionsarter, insekter, kärlväxter	●			●			●		

Figur 13.

Bedömda konsekvenser för fauna och flora för de tre scenarierna jämfört med dagens skogsbruk (BAU-scenariet).

## RENNÄRING

### Beskrivning

Renskötsel bedrivs på en betydande andel av skogsmarksarealen i norra Sverige. Den samiska rätten att bruka mark och vatten grundar sig på urminnes hävd och är en egendomsrätt som i likhet med äganderätten skyddas både genom grundlagen och Europakonventionen. I skogsvårdslagen finns krav på hänsyn till rennäringens behov samt krav på samråd. Enligt FSC-standarden skall samernas rätt respekteras och de skall beredas inflytande över skogsbruket i renskötselområdet.

Renar flyttas mellan olika betesområden som har olika egenskaper som gör dem värdefulla under olika delar av året. I fjällsamerbyarna är det under vintern som renarna utnyttjar skogslandet för sitt bete som i huvudsak består av lavar. Renarna gräver fram och betar marklavar men även trädlavar betas och är särskilt viktiga under perioder då snöförhållandena försvårar renarnas grävande och låser marklavbetet. Områden med trädlavsbete kan även tjäna som s.k. ”stoppbeten” för att få renarna att stanna upp och kunna samla ihop dem inför t.ex. en besvärlig passage under flyttningar. Tillgången på lämpligt lavbete under vintern är den främsta begränsande faktorn för rennäringen (Sandström m.fl., 2006) och det bedöms att arealen lämpligt lavbete har reducerats betydligt av skogsbruket, t.ex. i ett område i Norrbotten där Berg m.fl. (2008) fann att 30–50 procent av vinterbetet försvunnit till följd av skogsbruksåtgärder under 1900-talet.

Marklavar har generellt långsam tillväxt och spridning och återhämtningen efter en störning som t.ex. markberedning tar därför lång tid (Eriksson & Raunistola, 1990), de gynnas av ljus och ersätts ofta av mossor när skogen sluter sig. Om näringstillgången är god konkurreras marklavar ut av bl.a. bärris och gräs (Kellner & Märshagen, 1991) och de mest lavrika markerna är därför magra talldominerande marker.

Markberedning, hög slutenhet, gödsling och trakthyggen inverkar negativt på förekomst av marklavlar och därmed renbete. Svenska samernas riksförbund har en skogspolicy (Anon, 2016), där man lyfter fram skonsam markberedning, utökad röjning och gallring, begränsad gödsling samt alternativa metoder till kalhygge som viktiga åtgärder för att anpassa skogsbruket till rennäringens behov.

Trädlavar är också en viktig betesresurs som försvinner när äldre skog slutavverkas (Dettki & Essen, 1898). Återväxt av trädlavar i yngre skog gynnas om det finns äldre träd som spridningskällor, t.ex. som vid föryngring under överhållen skärm eller blädning. Blädning i äldre skiktade granskogar kan även vara en metod att bevara slutna granskogar som erbjuder svalka och skydd mot insekter under sommaren för skogssamebyarnas renar som vistas i skogslandet hela året. I stora delar av Norrbotten är arealen äldre granskog ganska liten och det finns ingen medelålders granskog som inom överskådlig tid kommer att ersätta äldre avverkade bestånd. Blädning kan därför vara ett sätt att behålla dessa, för skogsrenskötseln viktiga, bestånd och samtidigt kunna bruka dem.

### **Bedömning**

Den lägsta nivån med 10 procent av landskapet som blädad granskog (HF10) skulle vara positiv för rennäringen på två sätt, dels skulle en viss mängd områden med hänglavsskog ständigt finnas i landskapet och dels skulle det finnas tillgång till bestånd som erbjuder svalka och insektsskydd för skogssamebyarnas renar. Om de blädade bestånden dessutom kan förläggas inom viktiga kärnområden för renskötseln skulle nyttan ytterligare förstärkas. Någon nytta för tillgången på marklavlar kan man dock inte räkna med i detta alternativ.

Vid nästa nivå, HF30, med 30 procent hyggesfri skötsel så sköts huvuddelen av granskogen i renskötselområdet med blädning vilket torde ge avsevärt förbättrad tillgång till hänglavsskog och skyddande granbestånd. Samtidigt innebär det troligen att en del granskog som ligger i områden av begränsad betydelse för rennäringen kommer att skötas med blädning, vilket inte tillför någon större extra nytta. Någon ökad nytta för tillgången på marklavlar kan man dock inte heller räkna med i detta alternativ eftersom tallmarkerna fortfarande antas skötas med trakthyggesbruk.

På den högsta nivån HF100, med 100 procent hyggesfri skötsel där alla tallbestånd sköts med överhållen högskärm, kan vi förvänta oss en ytterligare nytta för rennäringen genom att skärmen bidrar till ökad spridning av trädlavar till ungslogen samt att den också håller tillbaka eventuell hyggesvegetation som skulle kunna konkurrera ut marklavlar. På de flesta marker där föryngring under tallskärm är aktuellt bedömer vi dock att man måste markbereda för att få upp en nöjaktig föryngring. Den negativa effekten av markberedning på marklavarna är därmed sannolikt nästan lika stor som vid trakthyggesbruk och behovet av att använda anpassade markberedningsmetoder kvarstår.

## Sammanfattning rennärning

Faktor	HF10			HF30			HF100		
	☹️	😐	😊	☹️	😐	😊	☹️	😐	😊
Rennärning									
Marklavar		●			●			●	
Trädlavar		●			●			●	
Skydd		●			●			●	

Figur 14. Bedömda konsekvenser för rennärningen för de tre scenarierna jämfört med dagens skogsbruk (BAU-scenariet).

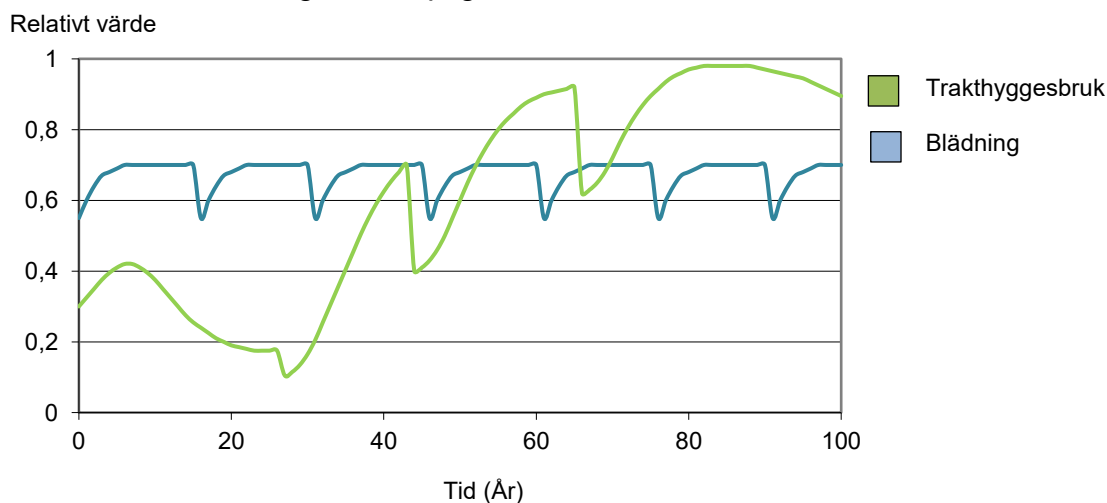
## REKREATIONSVÄRDEN

### Beskrivning

Det finns en hel del preferensstudier där man låtit slumpmässigt utvalda människor betygsätta skönhet eller lämplighet för rekreation för olika skogsbestånd, genom fotografier eller ute i fält. Resultaten är ganska entydiga och generella för studier från såväl Norden, Centraleuropa som Nordamerika (Edwards m.fl., 2012; Lindhagen, 1996; Lindhagen & Hörnsten, 2000; Gundersen & Frivold, 2008; Ribe, 1989).

Resultaten kan generellt sammanfattas i att den stora majoriteten människor tycker bäst om en medelålders eller äldre skog med god sikt och låg markvegetation och sämst om en tät ungskog över ögonhöjd. I den äldre skogen som uppskattas mest minskas betyget om det finns tät underväxt, hög markvegetation, avverkningsrester, hjulspår och död ved (lågor). Nya hyggen får låga betyg även om de betraktas som något bättre än de täta ungskogarna. Naturvårdsträd och fröträd förbättrar betygen för hyggen (Tönnes m.fl., 2004) och om 25 procent av grundytan lämnas jämnt utspritt över hygget upplevs det inte som en försämring av skönhetsvärdet enligt Ribe (2005). Luckhuggning och små hyggen betraktas som mindre negativt än större hyggen (Ribe, 1989; Lindhagen, 1996).

## Granskogens lämplighet för friluftsliv



Figur 15. Principiell skillnad i upplevelsevärden mellan blädning och trakthyggesbruk (Källa: Anders Lindhagen, SLU).

Studier som beskriver dynamiken i skogsskötselsystemen och jämför blådad skog med olika faser i trakthyggesbruket är svåra att finna. Lindhagen har gjort en principiell figur (Figur 15), baserad på resultat från preferensstudier som beskrivits ovan. Den beskriver skillnaden mellan trakthyggesbruk och blädning i granskog över en omloppstid i trakthyggesbruket och upprepade blädningcykler. Den kan sammanfattas med att trakthyggesbruket över tid ger upphov till både de ur upplevelsesynpunkt sämsta (täta ungskogar) och bästa (slutavverkningsskogar) skogarna. Blädning bruket håller däremot ett relativt jämnt och hyggligt medelvärde utan ”toppnoteringar”. Det är rimligt att anta att en viktig orsak till att hyggen upplevs som mycket negativt är den snabba förändringen från den allra mest uppskattade skogstypen till något som upplevs som ganska fult och oanvändbart för människors rekreationsbehov.

## **Bedömning**

Vi bedömer att de positiva effekterna på upplevelsevärden av att undvika kalhyggesfasen genom blädning i granskog något överväger den negativa effekten av tätare skog. När det gäller högskårmar ger de utan tvekan mer positiva upplevelsevärden än kalhyggen och det är fortfarande ett skötselsystem för likåldrig skog som kommer att ge slutavverkningsbestånd med höga upplevelsevärden. Rekreationsvärden kopplade till vilt, bär och svamp behandlas i egna avsnitt.

## **VILT**

### **Beskrivning**

#### **Stora växtätare och skogsbruk**

Sverige har stora populationer av älg och rådjur, samt lokalt ökande kron- och dovhjortstammar. Samtliga av dessa klövviltarter hämtar delar av sin föda i produktionskog. Älg och rådjur är utpräglade kvistätare och livnar sig till stor del på löv- och barrträd i skogens tidiga utvecklingsstadier (Cederlund & Bergström, 1996), i huvudsak upp till en beståndsmedelhöjd om cirka 4–5 meter (Bergström m.fl., 2005). Kronhjort och dovhjort äter en förhållandevis större andel örtvegetation från varierande miljöer och är därför inte lika beroende av ungskog för att finna föda.

Stora växtätare som klövvilt har förmågan att röra sig över stora områden och göra olika skalrelaterade val när de söker föda (jmf. Senft m.fl., 1987, Wallgren m.fl., 2013). Dessa val baseras exempelvis på mängd, fördelning och sammansättning av tillgängligt foder, landskapstopografi, beståndsegenskaper som ålderstruktur, stamtäthet och bonitet, störningar från omgivningen och tillgång till skydd. Vidare påverkar stora betande djur i sin tur också sin miljö genom sitt födoval, mekanisk påverkan som trampning, samt omfördelning av näring genom spillning och urin (Persson m.fl., 2000). För att få ett balanserat intag av födoämnen varierar klövviltet sitt födointag om bara möjligheten finns (Felton m.fl., 2016).

Skötselåtgärder med konsekvenser för fodertillgång i antingen skog eller omgivande marktyper kan starkt påverka betesbilden i hela landskapet. Skogsbruksåtgärder som har störst betydelse i detta sammanhang torde vara t.ex. metod för avverkning och förnygring, trädslagsval, samt röjnings- och gallringsregimer. En vanlig foderart som björk äts i samma andel som den förekommer i landskapet, d.v.s. betestrycket avgörs i första hand av mängden betande djur (Bergqvist m.fl., 2014), medan en del ovanligare arter som t.ex. rönn och sälj är högt begärliga

och överrepresenterade i födan i förhållande till tillgång i landskapet. Tall rankas ofta som medelsmaklig, men utgör ändå den viktigaste födan för älg under vintern (Bergström & Hjeljord, 1987). Gran konsumeras i liten utsträckning som plantor av rådjur eller genom barknag från framför allt kronhjort.

### **Trakthyggesbruk**

Trakthyggesbruket har varit en förutsättning för tillväxten av den svenska älgstammen (Cederlund & Bergström, 1996). Trakthyggesbruk med tall ger under en period av omloppsled en samlad och likåldrig födoresurs i form av ungskog. Tillfälligt, under ett eller ett par decennier är biomassan av tillgängligt tallfoder därför hög, vilket gör att tiden och energikostnaden för betande djur att förflytta sig mellan olika konsumtionspunkter kan minimeras och det är fördelaktigt att beta där (Gross m.fl., 1995).

Bärris är en viktig födoresurs för klövvilt under vår och höstmånaderna (Bergström & Hjeljord, 1987). Vid slutavverkning sker ofta en minskning av bärrisets täckningsgrad på grund av den ökade solexponeringen (Widenfalk & Weslien, 2009). Öppna ytor som kvarstår efter slutavverkningar i trakthyggesbruk ger dock under en period optimala förhållanden för högvärdiga foderarter som lövsly och busk- och fältvegetation, vilka samtliga torde öka.

När bestånden så lämnar ungskogsstadiet sluter sig i regel krontaket och ljusinstrålningen minskar, med följden att mängden tillgänglig föda för klövvilt också minskar. Detta eftersom trädens sidogrenar inte längre finns inom räckhåll och det minskade ljuset leder till mindre busk- och örtartad föda. Dock ökar igen mängden bärris, i varje fall blåbär, när krontaket sluter sig (Widenfalk & Weslien, 2009).

### **Hyggesfritt skogsbruk**

Ur klövviltets synvinkel erbjuder hyggesfritt skogsbruk sannolikt en mindre attraktiv miljö än ett system av trakthyggesbruk med olikåldriga bestånd. Huvuddelen av foderarterna som nyttjas som foder minskar med ökande grad av krontäckning. Mest påtaglig blir kanske skillnaderna i mängden betesbergärligt löv. I ett skogsskötselsystem där blädning tillämpas hålls krontaket väl slutet och förutsättningarna för löv att komma upp är små (Lundqvist m.fl., 2014).

Ett undantag är dock blåbär som kan bibehållas på permanent högre nivå till följd av ett kontinuerligt krontak, än i ett landskap med trakthyggesbruk (Widenfalk & Weslien, 2009). Dock visar forskning att ökad solexponering av blåbärris kan leda till en ökad produktion av sekundärämnen (eller sekundära metaboliter), vilka kan vara giftiga eller minska näringsvärdet av växten för betande djur (Persson m.fl., 2012). Potentiellt skulle därför blåbärris som växer i hyggesfritt brukad skog kunna utgöra en sämre födoresurs, än blåbärriset som finns i trakthyggesbrukets äldre stadier.

Hyggesfritt skogsbruk kan bidra med mer beständig skydd än trakthyggesbruket som i plantstadiet är relativt öppet och lämnar liten möjlighet för stora djur att gömma sig eller hitta skugga. Dock bedrivs skogsbruk i Sverige i huvudsak på ett sådant sätt att brukningsenheterna är relativt små och avståndet till skyddande skog sällan är särskilt långt.

### Effekter på skadenivåer

För skogsbruket kan bete från klövviltet ibland orsaka problem. Framför för tall kan toppskottsbetning medföra kvalitetsnedsättande skador på stammarna och omfattande sidoskottbete påverka trädens tillväxt negativt. Begärligheten hos en del arter av lövträd, särskilt rönn, asp, sälg och ek, som foder kan medföra att skogsbruket har svårt att uppnå sina mål beträffande inslag av lövträd i produktions-skogen.

En övergång från trakthyggesbruk till hyggesfritt skogsbruk skulle troligen minska den generella fodertillgången i landskapet och därigenom, under förutsättningen att viltstammarna hålls konstanta, skulle betetrycket öka. Skadenivåerna skulle vara låga i ett blädningsskogsbruk med gran, eftersom gran är lågt prefererad. En tvåskiktad tallskog däremot skulle kunna drabbas hårt av betesskador. Studier visar att tall som övertoppas av björk kan drabbas av högre skadenivåer än tall som inte övertoppas (Wallgren m.fl., 2013) och detsamma torde gälla om tall övertoppas av tall. Tall som beskuggas skjuter längre och spensligare toppskott, vilka verkar föredras av i varje fall älg.

### Vilt och jaktmöjligheter

Generellt gynnas vilt av en högre täckning av vegetation, eftersom det skyddar både mot temperatur- och väderförhållanden, som mot predatorer (Mysterud & Østbye, 1999). Många viltarter är ovilliga att röra sig ute i öppna habitat som slutavverkningar eller nya planteringar och uppehåller sig i större utsträckning där det finns skydd som t.ex. sluten skog. Mogen skog innehåller också en högre tillgång på blåbär, en viktig foderart för såväl skogsfågel som harar och hjortdjur. För stora växtätare innebär dock öppnare habitat ofta en ökad tillgång till föda och dessa djur kan ha en strategi som innebär en avvägning mellan föda och skydd. Stora växtätare som hjortdjur syns ofta beta i öppet habitat med omedelbar närhet till skydd i form av t.ex. skog (Mysterud & Østbye, 1999).

Jaktbara viltarter såsom rådjur, hare och skogsfågel har i empiriska studier kunnat påvisas negativt påverkade av ökad andel hyggen i landskapet (Kurki m.fl., 2000; Wallgren m.fl., 2009). För älg har däremot trakthyggesbruket varit en förutsättning för den stora populationstillväxten som skett under det senaste halvsekle (Cederlund & Bergström, 1996).

En ökad andel hyggesfritt skogsbruk på svensk skogsmark skulle inte ge likartade effekter för alla arter av vilt. Vissa arter skulle troligen gynnas av den minskade fragmenteringen i landskapet, samt av ökad tillgång på blåbär och svamp (se ovan), medan andra skulle missgynnas av en generell minskning av öppna habitat med hög biomassa av foder. Eftersom det hyggesfria skogsbruket i första hand avser blädning i granskog kan effekterna för vilt sammantaget ändå väga över mot det positiva slaget. Det som skulle gå förlorat är foder under förhållandevis kort period av omloppstiden, d.v.s. endast under hygges- och plantfasen och därför skulle fördelarna i form av skydd och ökad tillgång på blåbär kunna överväga. Undantagen är älg och rådjur, vilka i grad nyttjar hygges- och plantvegetation som foder.

## Bedömning

Det är svårt att dra någon slutsats kring hur stora förändringarna skulle kunna bli vid en övergång från trakthyggesbruk till hyggesfritt skogsbruk. Det är nämligen helt avhängt omfattningen av övergången och slutenheten hos bestånden. Om skötseln av enskilda bestånd övergår till hyggesfritt har det sannolikt mycket liten betydelse i det stora hela. Klövviltet kan kompensera genom att äta mer någon annanstans. Vid en mer omfattande övergång till hyggesfritt skogsbruk skulle den generella fodermängden i landskapet sannolikt minska, med mer betesskador som följd. Vi bedömer att risken för skador på ungskog av klövvilt, framför allt älg, ökar med ökande andel hyggesfri skötsel i landskapet. Detta förutsatt en oförändrad klövviltstam, men om viltstammarna anpassas genom jakt till den nya situationen kan viltskadorna förbli oförändrade eller minska. Allt handlar om hur vi förvaltar klövviltstammarna.

Tillgången på jaktbart vilt har vi delat upp på klövvilt och småvilt. För jägaren torde det vara det eftertraktade viltets art som är av avgörande betydelse för om bytet ökar eller minskar med ökande andel kontinuitetsskogsbruk i landskapet. Vi bedömer att tillgången på jaktbart klövvilt kommer att minska med ökande andel hyggesfritt i landskapet, som ett resultat av förvaltning mot mål formulerade i termer av skador på virkesproduktionen, medan småvilt som skogshare och skogsfågel sannolikt kommer att öka.

## BÄR OCH SVAMP

### Beskrivning

#### Bär

Den bästa skörden av blåbär hittas i mogna barrskogsbestånd av medelbonitet som inte är alltför täta och som ligger på frisk mark. Kardell och Eriksson (2011) observerade över en 30-årsperiod hur biomassan av blåbärsris minskade med 60–70 procent i samband med kalavverkning och efterföljande markberedning, samt hur det tog omkring ett halvt decennium innan återhämtningen i form av tillväxt började. I regel sammanföll återväxten av blåbärsriset med att det nya skogsbeståndet började sluta sig (Kardell & Eriksson, 2011). Rik förekomst av gran och granunderväxt har dock en negativ effekt på blåbär.

De bästa lingonmarkerna är glesa, något överåriga, talldominerade bestånd (Kardell & Eriksson, 2011). Lingon missgynnas av tilltagande granandel och kan därför inte utvärderas i relation till blädningsbruk med gran. Vad gäller lingon sker en liten minskning av biomassan i samband med slutavverkning i ett trakthyggesbruk med tall, men återhämtningen börjar omedelbart och redan inom en handfull år har biomassan i regel fördubblats som ett resultat av den förbättrade ljusstillgången (Kardell & Eriksson, 2011). Till skillnad från blåbär kan också tillväxten av lingon gynnas av markberedning (Kardell & Eriksson, 2011).

Kardell och Erikssons (2011) studie indikerar en positiv effekt av gallring för utvecklingen av såväl blåbärsris som lingonris, en effekt som håller i sig under åtminstone en tioårsperiod. Även Widenfalk och Weslien (2009) fann att rätt utförda skogsbruksåtgärder såsom röjning och gallring kan vara positivt för förekomst av blåbärsris, medan en ökad slutenhet i mogna bestånd har motsatt effekt.

## Svamp

Vid en slutavverkning försvinner alla ätliga svampar, endast murklor undantaget, under en tioårsperiod (Kardell, 1980). De flesta svampar bildar mykorrhiza och när träden försvunnit kan inte längre svamparnas mycel samla energi för att producera svampkroppar. Det råder bristfällig kunskap kring hur lång tid efter slutavverkning som det tar olika arter av ätliga svampar att komma upp i samma produktion av svampkroppar som innan avverkningen (Kardell, 1980). Rövning och gallring verkar däremot ha övergående effekt på förekomst av svampkroppar. Vid hyggesfritt skogsbruk upphör inte förutsättningarna för mykorrhizasvamparna, utan mycelen kan fortleva utan någon väsentlig minskning (Rosell, 2012). De positiva effekterna av hyggesfritt skogsbruk i jämförelse med trakthyggesbruk för förekomsten av svamp har påvisats flertalet gånger i vetenskapliga studier (t.ex. Luoma m.fl., 2004).

## Bedömning

Sammanfattningsvis bör en övergång från trakthyggesbruk till kontinuitets-skogsbruk med gran öka tillgången på blåbär, men inte innebära någon förändring vad gäller tillgången på lingon.

Det torde inte råda någon tveksamhet kring att en övergång mot ökad andel hyggesfritt skogsbruk i landskapet skulle vara gynnsam för tillgången på svamp.

## Sammanfattning rekreativsvärden

Faktor	HF10			HF30			HF100		
									
Rekreation									
Upplevelse									
Jaktbart klövvilt									
Jaktbart småvilt									
Bär och svamp									

Figur 16.

Bedömda konsekvenser för olika typer av rekreativsvärden för de tre scenarierna jämfört med dagens skogsbruk (BAU-scenariet).



## Syntes

### SAMMANFATTNING AV DE TRE SCENARIERNA

Nedan har vi sammanfattat de övergripande konsekvenserna för de tre scenarierna jämfört med dagens skogsbruk, BAU-scenariot. Det är viktigt att tänka på att kunskapsläget gör att bedömningen av konsekvenser av de hyggesfria alternativen är mycket osäkrare än bedömningen av konsekvenserna av trakthyggesbruk. Detta gör att ju större andel hyggesfria arealer vi har i scenarierna, desto större blir osäkerheten i våra bedömningar av de samlade konsekvenserna. Vi påminner också om att synteserna beskriver konsekvenser i ett landskap där de hyggesfria arealerna sedan länge skötts med dessa metoder. Konsekvenser och tidsaspekter för omställningen ingår ej i analysen.

#### HF10

I detta scenario sköts 10 procent av den produktiva skogsmarken med blädning i granskog. Den låga arealandelen gör att effekterna på landskapsnivå ändå blir måttliga i de flesta avseenden. Den genomsnittliga virkesproduktionen förväntas minska med cirka 2 procent. Minskningen består i stort sett helt av virke i massavedsdimensioner, uteslutande gran. Möjligheten att ta ut grot minskar även i viss mån. Kostnaderna för drivning och transporter ökar något medan kostnader för skogsvård minskar. Sammantaget leder detta till något försämrad totalekonomi för skogsägaren. Risken för olika typer av skador om man ser det som genomsnitt över landskapet är högst måttligt påverkat. I de blädade bestånden kan man förvänta sig ökad risk för rotröta och drivningsskador. Snytbaggeproblem uteblir på de blädade arealerna.

För flora och fauna kan vi förvänta oss betydande positiva effekter för kontinuitetsberoende arter, särskilt om blädningsskogarna koncentreras runt värdekärnor för dessa arter. De störningsgynnade arterna har fortfarande stora arealer att nyttja och påverkas i stort sett inte. Den något minskade tillväxten och mindre möjligheter till grotuttag försämrar skogsbrukets långsiktiga klimatnytta något. För rennärigen kan 10 procent blädningensbestånd vara till god nytta för trädlavs-bete och skydd om bestånden är lämpligt lokaliserade. Upplevelsevärden bedöms öka något med minskade hyggesarealer och viss positiv påverkan på svamp och blåbärsproduktion kan förväntas. Småvilt gynnas av den större variationen i landskapet och klövvilt, framför allt älg är i stort sett opåverkad eftersom arealer tallungskog inte påverkas när blädningen sker på granboniteter.

#### HF30

I detta scenario sköts 30 procent av den produktiva skogsmarken med blädning i granskog. Konsekvenserna för de olika faktorerna drar åt samma håll som i HF10, men är oftast större sett på landskapsnivå.

Den genomsnittliga virkesproduktionen förväntas minska med cirka 5–6 procent. Minskningen består till största del av virke i massavedsdimensioner, men även viss minskning av sågtimmervolymer. Uteslutande gransortiment påverkas. Möjligheten att ta ut GROT minskar betydligt eftersom mer än hälften av granbestånden nu sköts med blädning. Kostnaderna för drivning och transporter ökar medan kostnader för skogsvård minskar. Sammantaget leder detta till försämrad totalekonomi för skogsägaren. När så mycket som 30 procent av arealen sköts med blädning så ökar behovet av lövinblandning i ungskogarna på den del som sköts med trakthyggesbruk om vi skall kunna upprätthålla lövandelen i

landskapet. Risken för olika typer av skador, om man ser det som genomsnitt över landskapet, är förhöjd. I de blådade bestånden kan man förvänta sig ökad risk för rotröta och drivningsskador. Snytbaggeproblem uteblir på de blådade arealerna. Den minskade hyggesarealen medför viss ökad risk för viltskador (främst älg) om viltpopulationerna inte anpassas.

För flora och fauna kan vi förvänta oss betydande positiva effekter för kontinuitetsberoende arter, särskilt om blädningsskogarna koncentreras runt värdekärnor för dessa arter. Nyttan är dock inte så mycket större än i HF10 eftersom en stor del av de tillkommande arealerna blädningsskog inte ligger intill värdekärnor för kontinuitetskrävande arter. De störningsgynnade arterna börjar dock påverkas negativt vid denna nivå av blådad granskog i landskapet. Den minskade tillväxten och mindre möjligheter till grotuttag försämrar skogsbrukets långsiktiga klimatnytta. Möjligheterna att förflytta genetiskt material för att uppnå bättre klimatanpassning minskar med ökande arealer som sköts med blädning som förutsätter naturlig förnygring. För rennärningen kan 30 procent blädningsskog bestå vara till god nytta för trädlavsbyte och skydd om bestånden är lämpligt lokaliserade. En del av blädningsskogsarealerna ligger dock i områden som utnyttjas lite av renarna och tillför därför inte så mycket nytta jämfört med HF10. Upplevelsevärden bedöms öka något med minskade hyggesarealer och positiv påverkan på svamp och blåbärsproduktion kan förväntas. Småvilt gynnas av den större variationen i landskapet medan fodertillgången för klövvilt nu påverkas med denna nivå på uteblivna hyggen och ungskogar som ger lövfoder.

#### HF100

I detta scenario sköts all produktiv skogsmark med hyggesfria metoder. Granskogen blådas och tall-bland- och lövskog förnygras under överhållen högskärm. Scenariot är något av en extrem och det kan ifrågasättas om det är realistiskt. Kan vi verkligen förnygra all skog i Sverige med blädning och naturlig förnygring under skärm?

Den genomsnittliga virkesproduktionen förväntas minska med cirka 20 procent. Minskningen består till större del av virke i massavedsdimensioner, men även betydande minskning av sågtimmervolymer. Både tall gran, och lövsortiment påverkas negativt. Möjligheten att ta ut grot är nu mycket liten åtminstone om man har krav på ekonomi i verksamheten. Kostnaderna för drivning och transporter ökar medan kostnader för skogsvård minskar. Sammantaget leder detta till betydande försämrade totalekonomi för skogsägaren. När all granskog sköts med blädning så ökar behovet av lövinblandning i ungskogarna på den del som sköts med förnygring under högskärm om vi skall kunna upprätthålla lövandelen i landskapet. Detta kan ställa krav på att skärmarna måste vara ganska glesa för att möjliggöra tillräcklig lövinblandning. Risken för olika typer av skador, om man ser det som genomsnitt över landskapet, är förhöjd. I de blådade bestånden kan man förvänta sig ökad risk för rotröta och drivningsskador samtidigt som stormskadorna kan minska genom uteblivna hyggeskanter. Snytbaggeproblem uteblir på de blådade arealerna. I tallskärmarna kan vi förvänta oss ökade vindskador med risk för mörghorreskador som följd. Med minskade hyggesarealer samt högskärm minskar fodermängden i landskapet och tallförnygringarna blir mer sårbara. Om inte klövviltstammarna anpassas kommer risken för betesskador att öka.

För flora och fauna kan vi förvänta oss betydande positiva effekter för kontinuitetsberoende arter, och i detta scenario även för arter knutna till tall och lövträd i större utsträckning. De störningsgynnade arterna kopplade till granboniteter påverkas negativt eftersom inga hyggen tas upp på de bördigare markerna. Samtidigt gynnas de störningsgynnade arterna knutna till tall och lägre boniteter genom att tallskogen sköts på ett sätt som mer efterliknar en naturlig succession. Den minskade tillväxten och mindre möjligheter till grottag ger en betydande försämring av skogsbrukets långsiktiga klimatnytta.

Möjligheterna att förflytta genetiskt material för att uppnå bättre klimatanpassning uteblir i blädningsskogen. Under högskärmarna kan man plantera om man finner det nödvändigt för klimatanpassningen. För rennäringsgenen ger den höga trädkontinuiteten i hela landskapet en betydande positiv effekt på tillgången av trädlavar. Upplevelsevärden påverkas positivt eftersom högskärmarna upplevs mer positivt än kalhyggen. En positiv påverkan på svamp och blåbärsproduktion kan förväntas. Småvilt gynnas av den större variationen i landskapet medan fodertillgången för klövvilt nu påverkas starkt. I detta scenario krävs ytterligare reducering av klövviltstammarna, framför allt älg, jämfört med HF30 om skadenivån inte skall öka.

## OMSTÄLLNING AV DAGENS SKOGLANDSKAP

I vår studie har vi antagit ett landskap där de hyggesfria skogsområdena sedan länge är skötta med blädning och överhållen skärm. Vi har därmed anlagt ett normalskogsperspektiv i våra bedömningar. Vi har gjort det för att kunna skilja konsekvenserna av skötselsystemen som sådana från konsekvenser av omställning. Att ställa om dagens granskogar till blädningsskog kan göras på flera sätt och vilken väg man väljer beror på hur snabbt man vill att övergången skall ske och hur stora risker man är beredd att ta. Vi kan skilja på tre olika situationer eller strategier.

1. Påbörja blädningshuggning i äldre grandominerad skog med viss skiktning.

Denna typ av bestånd kan i viss omfattning återfinnas i norra Sverige och där har man möjligheten att ganska snabbt åstadkomma en övergång till blädningsbruk. Bland de lämpliga bestånden finns sannolikt redan ett antal med lång trädkontinuitet och som innehåller hänsynskrävande arter och ofta mycket hänslav. Här har man möjlighet att snabbt göra nytta för renskötsel samt flora och fauna. Det är dock förenat med en viss ökad risk för stormfällning att bläda dessa bestånd och risken torde vara större ju mindre utvecklad skiktningen är (Pukkala m.fl., 2016). Jämfört med att slutavverka dessa bestånd så skjuter man en del av det möjliga virkesuttaget på framtiden.

2. Påbörja omställning till skiktad skog i gallringsfasen.

Denna metod bygger på att man i samband med förstagallringen väljer träd så att man ökar istället för minskar storleksspridningen i beståndet och dessutom gör så stora uttag att man gynnar inväxning av småträd. Metoden prövas praktiskt i en försökserie och förväntas leda till sänkt tillväxt under omställningstiden (Drössler m.fl., 2013). Bedömningen är även att de hårda och sena gallringarna i enskiktad skog som metoden innebär medför en hög risk för vindskador. Nyttorna för renskötsel samt flora och fauna ligger ofta långt fram i tiden medan leveranstiden för rekreativvärden sannolikt är kortare.

### 3. Påbörja omställning till skiktad skog i röjningsfasen.

Att redan i röjningen påbörja utvecklingen mot ett bestånd med storleksspridning är förmodligen möjligt och troligen det omställningsalternativ som är minst förknippat med risk för vindskador. Leveranstiden på nyttorna för rekreation, rennärning samt flora och fauna är mycket långa.

Omställning från kalhyggesbruk till föryngring under högskärm av tall som förutsätts i scenariot HF100 kan göras snabbare än omställningen till blädning i granskog. I slutavverkningsbestånd som är välgallrade så att man inte behöver göra någon särskild förberedande huggning så kan man direkt ersätta trakthygget med en skärmställning. Vissa av nyttorna, t.ex. rekreativvärden har då mycket kort leveranstid medan andra som t.ex. hänglav för rennärningen tar längre tid att utveckla. Om man ställer skärm i bestånd som inte genomgått förberedande gallring är risken för stormfällning i skärmen stor.

## Kunskapsbehov

Vi bedömer att kunskapsbehovet är stort, både bristen på långvariga fältförsök och hyggesfria metoder i praktisk användning och skala gör att kunskap och erfarenheter är bristfälliga på många områden. Här listar vi dem som vi funnit mest angelägna.

- Stort behov av att utvärdera konsekvenser av omföring från dagens skogstillstånd till hyggesfri skötsel, framför allt blädning. Vi behöver veta mer om metoder, risker, ekonomi med mera.
- Stort behov av bättre inväxningsfunktioner i blädningsskogen, d.v.s. förutsättningarna till godkända föryngringar och dess beroende av skogens täthet och markens bördighet samt klimat.
- Effekter av den överhållna tallskärmen på den naturliga föryngringens överlevnad och tillväxt (brunnseffekter/konkurrenszoner).
- Hur kan vi möjliggöra tillräcklig föryngring av pionjärlöv i hyggesfria skötselsystem?
- Hur starkt gynnar vi granen vid olika typer av hyggesfria metoder och på olika ståndorter?
- När både maskinproduktion och skogsproduktion studerats i samma bestånd har ofta studierna av produktiviteten vid blädning gjorts i delar av bestånd där mängden underväxt varit låg medan delarna med mer underväxt reserverats för studier av skötsel- och skogsproduktion. Detta gör att det finns en brist på studier av avverkningsarbetet när man har en representativ inväxning.
- Skador på kvarvarande bestånd och hur de kan motverkas vid drivning.
- Storskaliga simuleringar av ett införande av blädning skulle behöva utföras för att fullt ut förstå effekten av en ökad blädningsandel på virkesflöden och virkesmarknad.

- Mer kunskap behövs om naturhänsyn vid blädning för att gynna störningskänsliga arter.
- Stort kunskapsbehov om dynamik i landskap med blandat trakthyggesbruk och hyggesfria metoder – gäller flora/faunavård, risk för stormfällningar samt skadegörare.
- I den storskaliga simuleringen kan variationer i sortimentsutfall, diameter-/längdfördelning och vedegenskaper för tillrett virke beräknas som konsekvenser av diameter, höjd ålder och skador (främst röta) belysas.
- Bedömningen är att blädning ger större spridning i virkesegenskaper än trakthyggesbruk både mellan och inom bestånd. Det kan finnas intresse för att utnyttja/hantera denna variation. Analys av kostnader och intäkter av att ta ut fler sortiment, lägre total skörd per skördetillfälle/-ytenhet, men i medeltal färre (större) stammar per kubikmeter. Analyser av produktivitet i skörd och terrängtransport fram till avlägg och logistiska konsekvenser fram till industri skulle behövas för att belysa den beräknade storleksordningen för några olika scenarier.
- Djupare analys av de långsiktiga riskerna för vegetativ spridning av rotröta, kostnaderna för detta för de olika scenarierna, samt biologiska och ekonomiska förutsättningar att begränsa rötans spridning.
- Bättre kunskap om stormfällningsrisk med olika skötselsystem och kopplat till detta även risk för barkborreskador.
- Ett utökat flerartsperspektiv i viltforskning och viltförvaltning är centralt för att få bättre förståelse för hur förändringar i skogsstruktur och fodersammansättning påverkar viltsamhällets uppbyggnad och interaktioner (t.ex. konkurrens). I nuläget föreligger stort fokus på älg.
- Nyttjande av foder i andra typer av marker och åldersklasser än tallungskog. I nuläget har forskarna en ganska god bild av påverkansfaktorer och efterkommande effekter kopplade till viltbete i tallungskog, samt till viss del granungskog. Dock är bete i landskapet i stort förhållandevis lite studerat.
- Förflyttning av skogsodlingsmaterial kommer med stor sannolikhet att bli nödvändigt för att få vitala växtliga skogar i framtiden. Hur vi skall lösa detta i de hyggesfria skötselsystemen är behöver utredas. Metoder? Kostnad? Överlevnad?
- Upplevelsevärden är tämligen väl studerat på beståndsnivå, men studier på hela landskap och framför allt dynamiken i landskapet saknas. Hur människor upplever förändringar i landskapet och beståndet behöver utforskas.

## Referenser

- Angelstam, P. 2003. Reconciling the linkages of land management with natural disturbance regimes to maintain forest biodiversity in Europe. In: Bissonette, J. A. and Storch, I. (eds). *Landscape ecology and resource management: linking theory with practice*. Island Press, Covelo CA and Washington, D.C., pp. 193–226.
- Angelstam, P. 2005. Sustainability of forests and woodlands: the need to match ecological and management dimensions at the landscape level. *Visnyk Lviv University, Ser. Geogr.* 32: 5–21.
- Anon. 2016. Ett renkötselanpassat skogsbruk. Skogspolicy. Svenska samernas riksförbund. <http://www.sapmi.se/skogspolicy.pdf>.
- Anyomi, A. & Ruel, J.-C. 2015. A multiscale analysis of the effects of alternative silvicultural treatments on windthrow within balsam fir dominated stands. *Can J. For. Res.* 45:1739–1747.
- Appelqvist, T. 2005. Naturvårdsbiologisk forskning. Underlag för områdesskydd i landskapet. Rapport nr. 5452 Naturvårdsverket, 154 s.
- Arlinger, J., Brunberg, T., Lundström, H. & Möller, J. J. 2014. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Skogforsk, Uppsala. Arbetsrapport Nr. 817, 29 s.
- Bacher-Winterhalter, M. 2004. Optimierungsmöglichkeiten und Restriktionen eines mechanisierten Holzerntesystems bei der Umsetzung moderner Waldbaukonzepte am Beispiel des Südschwarzwaldes. Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Brsg., Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften. Freiburg im Breisgau, Germany. Nr. 185 s.
- Berlin, M., Persson, T., Jansson, G., Haapanen, M., Ruotsalainen, S., Barring, L. & Andersson Gull, B. 2016. Scots pine transfer effect model for growth and survival in Sweden and Finland. *Silvae Fennica* vol 50. 21 pp.
- Berg, Å., Ehnström, B., Gustafsson, L., Hallingbäck, T., Jonsell, M. & Weslien, J. 1995. Threat factors, distribution and habitat associations in relation to threat levels of red-listed species in Swedish forests. *Conservation biology* 9: 1629-1633.
- Berg, A., Östlund, L., Moen, J. & Olofsson, J. 2008. A century of logging and forestry in a reindeer herding area in northern Sweden. *For. Ecol. Manage.* 256. 1009–1020.
- Bergqvist, G., Bergström, R., & Wallgren, M. (2014). Recent browsing damage by moose on Scots pine, birch and aspen in young commercial forests – effects of forage availability, moose population density and site productivity. *Silva Fennica*, 48(1).
- Bergström, R., Danell, K., Edenius, L., & Persson, I.-L. (2005). Älgfoder – tillgång och utnyttjande. – Resultat från Skogforsk Nr. 3, 2005.
- Björkman, C., Bylund, H., Nilsson, U., Nordlander, G. & Schroeder, L.M. 2015. Forest Management to mitigate insect damage in a changing climate: possibilities and uncertainties. In *Climate Change and Insect Pests*. Björkman, C. and Niemela, P. (eds). CABI.
- Bose, A.K. Harvey, B.D. Brais, S. Beaudet, M. Leduc, A. 2013. Constraints to partial cutting in the boreal forest of Canada in the context of natural disturbance-based management: a review. *Forestry* 0, pp 1–18, doi:10.1093/forestry/cpt047.
- Brunberg, T. & Lundström, H. 2010. Rätt maskinval i gallring – studie vid SCA Skog. Skogforsk, Uppsala. Resultat Nr. 6, 4 sid.

- Bäcke, J. 1998. Gallringsundersökning 1997. Skogsstyrelsen, Meddelande Nr. 8-1998, 26 s.
- Cederlund, G., & Bergström, R. (1996). Trends in the moose-forest system in Fennoscandia - with special reference to Sweden. - I: Conservation of faunal diversity in forested landscapes. Chapman and Hall, USA. Pp 265–281.
- Cosola, G., Grigolato, S., Ackerman, P., Monterotti, S. & Cavalli, R. 2016. Carbon footprint of forest operations under different management regimes. *Croat. J. For. Eng.* 37 (1). 201–217.
- Dahlberg, A. 2011. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Slutrapport för delprojekt naturvärden. Rapport 7/2011, Skogsstyrelsens förlag, Jönköping.
- Dettki, H. & Essen, P.A. 1998. Epiphytic macrolichens in managed and natural forest landscapes: a comparison of two spatial scales. *Ecography* 21. 613–624.
- Drössler, L., Nilsson, U. & Lundqvist, L. 2013. Simulated transformation of even-aged Norway spruce stands to multi-layered forests: an experiment to explore the potential of tree size differentiation. *Forestry* 2014 (87): 239–248.
- Edwards, D.M., Jay, M., Jensen, F.S., Lucas, B., Marzano, M., Montagne, C., Peace, A. & Weiss, G. 2012. Public preferences across Europe for different forest stand types as sites for recreation. *Ecolog and Society*. 17 (1). 27 p.
- Elfving, B., Brunberg, T., Karlsson, B., 2006. Granskogsbruk med och utan kalhyggen - produktion och ekonomi. I: Karlsson, B. (Ed.), *Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie*. Redogörelse nr 5, Skogforsk, Uppsala.
- Elfving B. 2006. Produktion vid byte från trakthygge till blädning. I: Karlsson B. (ed.). *Trakthygges-bruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie*. Redogörelse nr 5, Skogforsk, Uppsala.
- Eliasson, L. 1998. Analyses of single-grip harvester productivity. Swedish university of Agricultural Sciences, Faculty of Forestry. Umeå Nr. Ph.D. *Silvestria* 80, 24 sid.
- Eliasson, L. 2000. Effects of establishment and thinning of shelterwoods on harvester performance. *Journal of Forest Engineering* 11(1): 21-27.
- Eliasson, L., Bengtsson, J., Cedergren, J. & Lageson, H. 1999. Comparison of single-grip harvester productivity in clear- and shelterwood cutting. *Journal of Forest Engineering* 10(1).
- Eriksson, O. & Raunistola, T. 1990. Impact of soil scarification on reindeer pastures. *Rangifer* 3. (Special issue), 99–106.
- Felton, A. M., Felton, A., Raubenheimer, D., Simpson, S. J., Krizsan, S. J., Hedwall, P.-O., & Stolter, C. (2016). The nutritional balancing act of a large herbivore: An experiment with captive moose (*Alces alces* L). *PLoS One*, 11(3), e0150870.
- Felton, A., Nilsson, U., Sonesson, J., Felton A.M., Roberge, J.-M., Ranius, T., Ahlström, M., Bergh, J., Björkman, C., Boberg, J., Drössler, L., Fahlvik, N., Gong, P., Holmström, E., Keskitalo, E.C.H., Klapwijk, M.J, Laudon, H., Lundmark, T., Niklasson, M., Nordin, A., Pettersson, M., Stenlid, J., Sténs, A., Wallertz, K., 2016. Replacing monocultures with mixed-species stands: A comprehensive assessment of the social-ecological implications. *Ambio* 45(Suppl 2): S 124-139. DOI 10.1007/s13280-015-0749-2.
- Fjeld, D. 1994. Time consumption for selection and patch cutting with a one-grip harvester. Norwegian Forest Research Institute, Ås. *Communications of Skogforsk* Nr. 47.4 27 s.

- Fjeld, D. & Granhus, A. 1998. Injuries after selection harvesting in multi-storied stands - the influence of operating system and harvest intensity. *Journal of forest engineering* 9(2): 33–40.
- Fröding, A. 1992. Thinning damage - a study of 403 stands in Sweden in 1988. Department of Operational Efficiency, Garpenberg. Report Nr. 193 45 s. ISSN 0348–4203.
- Glöde, D. 2001. Final cutting of shelterwood. Harvesting techniques and effect on the *Picea Abies* regeneration. Swedish university of Agricultural Sciences, Faculty of Forestry. Umeå Nr. Ph.D. Silvestria 179, 33 s.
- Glöde, D. & Sikström, U. 2001. Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration. *Silva Fennica* 35(1): 71–83.
- Glöde, D. 2002. Survival and Growth of *Picea abies* Regeneration after Shelterwood Removal with Single- and Double-grip Harvester Systems. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17(5): 417–426.
- Gobakken, T., N.L. Lexeröd, & T. Eid. 2008. A forest simulator for bioeconomic analysis based on models for individual trees. *Scand J For Res.* 23: 250–265.
- Granhus, A. & Fjeld, D. 2001. Spatial distribution of injuries to Norway spruce advance growth after selection harvesting. *Can. J. For. Res.* 31(11): 1903–1911.
- Gross, J. E., Zank, C., Hobbs, N. T., & Spalinger, D. E. (1995). Movement rules for herbivores in spatially heterogeneous environments, responses to small scale pattern. *Landscape Ecology* 10, 209–217.
- Gundersen, V.S. & Frivold, L.H. 2008. Public preferences for forest structures: a review of quantitative surveys from Finland, Norway and Sweden. *Urban Forestry and Urban Greening* 7. 241–258.
- Hagström, S. 1994. En studie av avverknings-skador på inväxningsbeståndet vid blädning. Institutionen för skogsteknik, SLU, Garpenberg. Studentuppsatser Nr. 2 16 s.
- Hanewinkel M., Kuhn, T., Bugmann H., anz, A., & Brang P. 2014. Vulnerability of uneven-aged forests to storm damage. *Forestry* 87: 525-534.
- Hannrup, B. Cahalan, C. Chantre, G. Grabner, M. Karlsson, B. Le Bayon, I. Müller, U. Pereira, H. Rodrigues, J. C. Rosner, S. Rozenberg, P. Wilhelmsson, L. Wimmer, R. 2003. Genetic parameters of growth and wood quality traits in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19:1, 14-29.
- Holgen, P. 1999. Seedling performance, shelter tree increment and recreational values in boreal shelterwood stands. Swedish university of Agricultural Sciences, Faculty of Forestry. Umeå. Ph.D. Thesis 43 sid.
- Hostikka, A. 2014. Eri-ikäisen metsänkäsittelyn korjuujäljen tarkatukset. Metsäläkisminaari. Lahti: 18.
- Hänell, B., Nordfjell, T. & Eliasson, L. 2000. Productivity and costs in shelterwood harvesting. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 561-569.
- Jonsson, R. 2015. Prestation och kostnader i blädning med skördare och skotare. Skogforsk, Uppsala. Arbetsrapport Nr. 863, 28 s.
- Kardell, L. 1980. Forest berries and mushrooms: An endangered resource? *Ambio* 9: 241–247.



- Kardell, L. & Eriksson, L. 2011. Blåbärs- och lingonrisets återhämtning 30 år efter kalavverkning och markberedning 1977–2010. Rapport 112. 2011. Institutionen för skoglig landskapsvård. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Kellner, O. & Mårshagen, M. 1991. Effects of irrigation and fertilization on the ground vegetation in a 130 year-old stand of Scots pine. *Can. J. For. Res.* 21, 733–738.
- Keskitalo, E.C.H., Bergh, J., Felton, A., Björkman, C., Berlin, M., Axelsson, P., Ring, E., Ågren, A., Roberge, J-M., Klapwijk, M.J. & Boberg, J. 2016. Adaptation to climate change in Swedish forestry. *Forests* 7.
- Klang, F. Ekö, P M. 1999. Tree Properties and Yield of *Picea abies* Planted in Shelterwoods. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14, 260–269.
- Klapwijk, M.J., Bylund, H., Schroeder, M. & Björkman C. 2016. Forest management and natural biocontrol of insect pests. *Forestry* 89. 253–262.
- Kolström, M., Lindner, M., Vilén, T., Maroshek, M., Seidl, R. Lexer, M.J., Netherer, S., Kremer, A., Delzon, S., Barbati, A., Marchetti, M. Corona, P. 2011. Reviewing the science and implementation of climate change adaptation measures in European forestry. *Forests* 2, 961–982.
- Kurki, S., Nikula, A., Helle, P. & Lindén, H. 2000. Landscape fragmentation and forest composition effects on grouse breeding success in boreal forests. *Ecology* 81: 1985–1997.
- Kuuluvainen, T., Tahvonen O., & Aakala, T. 2012. Even-Aged and Uneven-Aged Forest Management in Boreal Fennoscandia: A Review. *Ambio* 41(7): 720–737.
- Lageson, H. 1997. Effects of thinning type on the harvester productivity and on the residual stand. *Journal of Forest Engineering* 8(2): 7–14.
- Larson, P.R. 1994. *The Vascular Cambium. Development and structure.* Springer series in Wood Science. Springer, 725 pp.
- Lexeröd, N. 2004. Er prognosene for naturkultur realistiske? Samsvarer de med norske erfaringer og forskningsresultater? I: Woxholt, S. (red.): Kontaktkonferanse for skogbruk og skogforskning. Aktuellt fra skogforskningen 7/04: 10–14.
- Lindhagen, A. 1996. Forest recreation in Sweden. Four case studies using quantitative methods. Doctoral Thesis. SLU, Department of environmental forestry, Report 64. 145 s.
- Lindhagen, A. & Hörnsten, L. 2000. Forest recreation in 1977 and 1997 in Seden: Changes in public preferences and behaviour. *Forestry* 73 (2). 143–153.
- Liu, C. Ruel J.C. Zhang, S.Y. 2007. Immediate impacts of partial cutting strategies on stand characteristics and value. *Forest Ecology and Management* 250: 148–155.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. and Saksa, T. 1994a. Structure and yield of all-sized and even-sized conifer-dominated stands on fertile sites. *Ann. Sci. For.* 51(2): 97–109.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y., and Saksa, T. 1994b. Structure and yield of all-sized and even-sized Scots pine-dominated stands. *Ann. Sci. For.* 51(2): 111–120.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 2002. Development of Norway spruce dominated stands after singletree selection and low thinning. *Can. J For Res.* 32: 1577–1584.
- Lähde, E., Laiho, O. and Lin, J. 2010. Silvicultural alternatives in an uneven-sized forest dominated by *Picea abies*. *J. For. Res.* 15, 14–20

- Lundmark, T., Bergh, J., Hofer, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B.C., Sathre, R., Taverna, R. m.fl. 2014. Potential roles of Swedish forestry in the context of climate change mitigation. *Forests* 5: 557–578.
- Lundmark, T., Bergh, J., Nordin, A., Fahlvik, N. & Poudel, B.C. 2016. Comparison of carbon balances between continuous-cover and clear-cut forestry in Sweden. *Ambio* 45 (Suppl. 2). 203–213.
- Lundqvist, L. 1992. Blädning. *Skog och forskning* 4/1992. s. 4–9.
- Lundqvist, L., Eliasson, L., & Cedergren, J. (2014). Blädningens bruk. Skogsskötselserien nr 11, Skogsstyrelsens förlag.
- Lundqvist, L.. 2012. Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring. Rapport 2012: 11. Skogsstyrelsen, Jönköping. 38.s.
- [Lundqvist L.](#), [Spreer S.](#), [Karlsson C.](#) (2013). Volume production in different silvicultural systems for 85 years in a mixed *Picea abies*–*Pinus sylvestris* forest in central Sweden. *Silva Fennica* vol. 47 no. 1 article id 897. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.897>
- Luoma, D. L., Eberhart, J. L., Molina, R. & Amaranthus, M. P. 2004. Response of ectomycorrhizal fungus sporocarp production to varying levels and patterns of green-tree retention. *Forest Ecology and Management* 202: 337–354.
- Macdonald, E. Gardiner, B. Mason, W. 2009. The effects of transformation of even-aged stands to continuous cover forestry on conifer log quality and wood properties in the UK. *Forestry Advance Access* 23 September, 10.1093/forestry/cpp023
- Mattila, U. & Nuttinen, T. 2007. Assessing the incidence of butt rot in Norway spruce in southern Finland. *Silva Fennica* 41(1):29–43.
- Mikola, P. 1984. Selection forestry. *Silva Fennica* 18: 293–301.
- Modig, E. 2010. Skador på kvarvarande träd vid mekaniserad blädning. Institutionen för skogens ekologi och skötsel, SLU, Examensarbetet Nr. 2010:26, 35 s.
- Moberg, L. 2006. Predicting knot properties of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* from generic tree descriptors. *Scand. J. For. Res.* 21:7, pp 49–62.
- Mysterud, A. & Østbye, E. 1999. Cover as a habitat element for temperate ungulates: Effects on habitat selection and demography. *Wildlife Society Bulletin* 27: 385–394.
- Möykkynen, T. Pukkala, T. 2010. Optimizing the management of Norway spruce and Scots pine mixtures on a site infected by *Heterobasidion* coll. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25:2, 127–137.
- Nabuurs, G.J. & Masera, O. 2007. Chapter 9: Forestry. In *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Ed. B.Metz, P.R. Bosch, R. Dave and L.A. Meyer. 541–584. Cambridge. Cambridge University Press.
- Nilsson, U., Elfving, B. & Karlsson, K. 2012. Productivity of Norway spruce and Scots pine in the interior of northern Sweden. *Silva Fennica* 46(2):197–209.
- O’Hara, K.L. & Ramage, S. 2013. Silviculture in an uncertain world: utilizing multi-aged management systems to integrate disturbance. *Forestry* 86. 401–410.

- Pausch, R. 2002. Ein System-Ansatz zur Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Waldstruktur, Arbeitsvolumina und Kosten der technischen und biologischen Produktion in Forstrevieren ost- und nordbayerischer Mittelgebirge [A System Approach for the Analysis of Interrelationships between Forest Structure, Work Volume and Cost of Stand Establishment, Stand Tending and Harvesting Operations in Forest Districts of Northern and Eastern Bavaria]. Technischen Universität München, Department für Ökologie und Landschaftsmanagement, Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik. Nr. 301 s.
- Persson, I. L., Danell, K., & Bergström, R. (2000). Disturbance by large herbivores in boreal forests with special reference to moose. *Annales Zoologici Fennici*, 37(4), 251-263.
- Piispänen, R. Heinonen, J. Valkonen, S. Mäkinen, H. Lundqvist S-O. & Saranpää, P. 2014. Wood density of Norway spruce in uneven-aged stands. *Can. J. For. Res.* 44, 136–144 dx.doi.org/10.1139/cjfr-2013–0201.
- Piri, T. & Korhonen, K. 2001. Infection of advance regeneration of Norway spruce by *Heterobasidion parviporum*. *Can. J. For. Res.* 31: 937–942.
- Piri, T. Valkonen, S. 2013. Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. *Can. J. For. Res.* 43: 872–877 (2013) dx.doi.org/10.1139/cjfr-2013–0052
- Puettmann, K.J., Coates, K.D. & Messier, C. 2009. A critique of silviculture: managing for complexity. Island press, 189 s.
- Pukkala, T. & Kolström, T. 1988. Simulation of the development of Norway Spruce stands using a transition matrix. *For Ecol Manage.* 25: 255–267.
- Pukkala, T., E. Lähde, & Laiho, O. 2009. Growth and yield models for uneven-sized forest stands in Finland. *For Ecol Manage.* 258: 207–216.
- Pukkala, T., Laiho, O. & Lähde, E. 2016. Continuous cover management reduces wind damage. *For. Ecol. Manage.* 372. 120–127.
- Redfern, D.B., & Stenlid, J. 1998. Spore dispersal and infection. In: Woodward, S. Stenlid, J. Karjalainen, R. Hüttermann, A. *Heterobasidion annosum* biology, ecology, impact and control, pp 105–124.
- Ribe, R.G. 1989. The aesthetics of forestry: What has empirical preference research taught us? *Environmental Management* 13 (1) 55–74.
- Rinderle, F. & Sauter, U. H. 2015. Long log harvesting by harvesters and combination forwarders. In: Eds. Kanzian, C., Erber, G. and Kühmaier, M., Formec 2015, Linz, Austria <https://www.formec.org/proceedings/57-austria-2015-proceedings.html>.
- Rolstad, J. & Gjerde, I. 2003. Skoglevende organismers spredningsevne – en litteraturgjennomgang. *Aktuellt fra Skogforsk* 1/2003, 40 s.
- Rosell, S. 2012. Kunskapssammanställning och bedömningsgrunder för hyggesfritt skogsbruk. Rapport, Skogsstyrelsen.
- Sandström, C., Moen, J., Widmark, C., Danell, Ö. 2006. Progressing toward co-management through collaborative learning: forestry and reindeer husbandry in dialogue. *Int. J. Biodiver. Sci. Manage.* 2, 326–333.
- Savolainen, O., Pyhäjärvi, T. & Knürr, T. 2001. Gene flow and local adaptation in trees. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 38. 595–619.
- Schmidt, O. 2006. Wood and tree fungi. *Biologi, damage, protection and use.* Springer Verlag 334 pp.

- Schöttle, R., Pfeil, C. & Kapahnke, F. 1998. Einsatz von Starkholz-Raupenharvestern in naturverjungten Altholzbeständen. *AFZ / Der Wald* 53(19): 981–984.
- Senft, R. L., Coughenour, M. B., Bailey, D. W., Rittenhouse, L. R., Sala, O. E., & Swift, D. M. (1987). Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *Bioscience*, 37(11), 789–799.
- Sikström, U. & Glöde, D. 2000. Damage to *Picea abies* regeneration after final cutting of Shelterwood with Single- and Double-grip Harvester Systems. *Scand. J. For. Res.* 15: 274–283.
- Sirén, M., Hyväen, J. & Surakka, H. 2015. Tree damage in mechanized uneven-aged selection cuttings. *Croatian Journal of Forest Engineering* 36(1): 33–42.
- Sonesson, J., Holmström, H., Nilsson, U., Drössler, L., Erefur, C., Lundmark, T., m.fl. Estimated consequences of selected management methods maintaining continuous forest cover in Sweden. (Opubl).
- Stenlid, J. & Redfern, D.B. 1998 Spread within the tree and stand. In: Woodward, S. Stenlid, J. Karjalainen, R. Hüttermann, A. *Heterobasidion annosum* biology, ecology, impact and control, pp 125–141.
- Surakka, H., Sirén, M., Heikkinen, J. & Valkonen, S. 2011. Damage to saplings in mechanized selection cutting in uneven-aged Norway spruce stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26(3): 232–244.
- Swedjemark, G. & Karlsson, B. 2004. Genotypic variation in susceptibility following artificial *Heterobasidion annosum* inoculation of *Picea abies* clones in a 17-year-old field test, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19:2, 103-111.
- Sydow, von F. & Örlander, G. 1994. The influence of shelterwood density on *Hylobius abietis* (L.) occurrence and feeding on planted conifers. *Scand. J. For. Res.* 9 (1–4).
- Söderberg, U. 1986. Funktioner för skogliga produktionsprognoser: tillväxt och formhöjd för enskilda träd av inhemska trädslag i Sverige. Doktorsavhandling. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning, Avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning, Rapport 14. 251 s. ISBN: 91-576-2634-0.
- Tahvonen, O., Pukkala, T., Laiho, O., Lähde, E. & Niinimäki, S. 2010. Optimal management of uneven-aged Norway spruce stands. *For Ecol Manage.* 260: 106–115.
- Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. 2004. Räkna med rotröta – nytt hjälpmedel för skoglig planering. Resultat 13, Skogforsk, Uppsala, 4 s.
- Thor, M. Ståhl, G. & Stenlid, J. 2005. Modelling root rot incidence in Sweden using tree, site and stand variables. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 165–176.
- Thor, M. & Stenlid, J. 2005. *Heterobasidion annosum* infection of *Picea abies* following manual or mechanized stump treatment, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20:2, 154-164, DOI: 10.1080/02827580510008338
- Thor, M. 2011. Stubbehandling mot rotröta – beräkning av ekonomiskt utfall på Sveaskog, Skogforsk, Uppsala, 4 s.
- Tönnies, S., Karjalainen, E., Löfström, I. & Neuvonen, M. 2004. Scenic impacts of retention trees in clear-cutting areas. *Scand. J. For. Res.* 19. 387–357.
- Wallgren, M., Bergström, R., Danell, K. & Skarpe, C. 2009. Wildlife community patterns in relation to landscape structure and environmental gradients in a Swedish boreal ecosystem. *Wildlife Biology*, 15: 310–318.

- Wallgren, M., Bergström, R., Bergqvist, G., & Olsson, M. (2013). Spatial distribution of browsing and tree damage by moose in young pine forests, with implications for the forest industry. *Forest Ecology and Management* 305, 229–238.
- Wang, L. Gunulf, A. Pukkala, T. Rönnerberg, J. 2015. Simulated *Heterobasidion* disease development in *Picea abies* stands following precommercial thinning and the economic justification for control measures. *Scandinavian Journal of Forest Research* 30:2, 174–185, <http://dx.doi.org/10.1080/02827581.2014.978887>
- Westerberg, D. & Sikström, U. 1996. Skärnhuggning. Skogforsk, Uppsala. Resultat Nr. 6 s.
- Widenfalk, O. & Weslien, J. 2009. Plant species richness in managed boreal forests – Effects of stand succession and thinning. *Forest Ecology and Management* 257, 1386–1394.
- Wikström, P. 2000. A solution method for uneven-aged management applied to Norway spruce. *For. Sci.* 46(3): 452–463.
- Wikström, P. 2008. Jämförelse av ekonomi och produktion mellan trakthyggesbruk och blädning i skiktad granskog - analyser på beståndsnivå baserade på simulering. Rapport 2008: 24. Skogsstyrelsen, Jönköping. 59.s.
- Wilhelmsson, L. Arlinger, J. Spångberg, K. Lundqvist, S. O. Grahn, T. Hedenberg, Ö. & Olsson, L. 2002. Models for Predicting Wood Properties in Stems of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 17:4, 330–350.
- Youngblood, A. 2000. Damage to residual trees and advance regeneration from skyline and forwarder yarding in mixed-conifer stands of Northeastern Oregon. *Western Journal of Applied Forestry* 15(2): 101–107.
- Zhu, K., Wodall, C.W. & Clark, J.S. 2012. Failure to migrate: Lack of tree range expansion in response to climate change. *Glob. Chang. Biol.* 18. 1042–1052.
- Zobel, B. Buijtinien van J.P. 1989. Wood Variation it's Causes and Control. Springer series in Wood Science. Springer, 363 pp.



## 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 flerträdshalterande 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., Asmomarp, 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. 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. 38 s.
- Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk, M., Flisberg, Patrik & Rönnqvist 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 Willén, E. & Mohtashami, S. 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. och Brunberg, T. 2017. Utvärdering av sortimentsgripen i simulator. 15 s.
- Nr 925 Mc Carthy, R., Johansson, F. & Bergqvist, I. 2017. Högläggning med tre- och fyra-uddigt rivhjul. 15 s.
- Nr 926 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Wilhelmsson, L. 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå.– Continuous-cover silviculture at landscape level. 59 s.

## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, 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

Fyra forskningsområden:

- Driftsystem
- Förädling
- Skogsskötsel
- Värdekedjor

### 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.

Från Skogforsk nr. 926–2017



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