

# Lönsamhetsanalys av biomassafokuserad skötsel för contortatall – En ekonomisk analys av olika skötselstrategier

*Profitability analysis of biomass-focused management for lodgepole pine – An economic analysis of various silvicultural regimes*

Gunnar Boglind & Karin Gyllengahm



Kandidatarbete • 15 hp

Jägmästarprogrammet

Kandidatarbeten, Nr 2

Umeå 2018

# Lönsamhetsanalys av biomassafokuserad skötsel för contortatall – En ekonomisk analys av olika skötselstrategier

*Profitability analysis of biomass-focused management for lodgepole pine – An economic analysis of various silvicultural regimes*

Gunnar Boglind & Karin Gyllengahm

**Handledare:** Tommy Mörling, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogens ekologi och skötsel

**Examinator:** Camilla Widmark, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsekonomi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i skogsvetenskap med företagsekonomisk inriktning

**Kurskod:** EX0593

**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för skogsekonomi

**Utgivningsort:** Umeå

**Utgivningsår:** 2018

**Omslagsbild:** Skogssverige 2009

**Serietitel:** Kandidatarbeten

**Delnummer i serien:** 2

**Elektronisk publicering:** <https://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Heureka, investeringsanalys, nettonuvärde, Pinus contorta, PlanVis, investment analysis, net present value, PlanWise

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
Fakulteten för skogsvetenskap  
Institutionen för skogsekonomi

# Sammanfattning

Contortatallens areal uppgår idag till 650 000 hektar i Sverige efter en storskalig etablering av trädslaget under 1970-talet. Trädslaget har en större volymproduktion än den inhemska tallen (*Pinus sylvestris*) och tidigare studier av Arshadi et. al 2013 visar att dess egenskaper gör att trädslaget lämpar sig väl för framställning av produkter vid bioraffinaderier.

Den här studien fokuserade på att utifrån ett ekonomiskt perspektiv med hjälp av investeringskalkyler betrakta utfallet av tre olika skötselalternativ för contortatall. Två av dessa hade för avseende att producera biomassa åt industrin i olika grad. Vid investeringsanalysen räknades nettonuvärde, internränta samt intäkt- kostnadskvot fram för samtliga skötselalternativ och jämfördes för att skapa en bild av skötselalternativens lönsamhet.

Följande skötselprogram analyserades;

1. Gallring och slutavverkning med uttag av massaved samt timmer
2. Gallringsfritt, endast biomassauttag i slutavverkningen
3. Gallring med uttag av biomassa följt av slutavverkning med uttag av massaved, timmer samt GROT

I studien användes beslutsstödsystemet Heureka PlanWise för att simulera de olika skötselprogrammen på tre ståndortsindex; T16, T20 och T24. Simuleringarna låg till grund för att maximera nettonu värdena för respektive program och därefter beräkna intäkt-kostnadskvot och internräntan som ingick i vår investeringsanalys. Sedan upprättades en känslighetsanalys med avseende på prispörändringar av biomassa för att se hur stor inverkan blev på lönsamhet och omloppstid.

Skötselprogram 1 uppvisade det högsta nuvärdet på två av tre ståndorter med dagens prisnivåer. Med en fördubbling av priset på biomassasortimentet gav skötselprogram 2 det högsta nuvärdet på ståndorterna T20 och T24. Skötselprogram 3 gav högst nuvärde och internränta vid mindre prishöjningar (25, 50 %). Resultatet visade att skötselprogram 3 kan vara ett bra alternativ för skogsägare med avseende på potentiell framtida avkastning samt risk.

**Nyckelord:** Heureka, investeringsanalys, nettonuvärde, *Pinus contorta*, PlanVis

# Summary

The total area of woodland planted with lodgepole pine (*Pinus contorta*) amounts to 650,000 hectares in Sweden following a large-scale establishment of the species in the 1970s. The tree species has a larger production of stemvolume than the domestic pine (*Pinus sylvestris*) and previous studies of Arshadi et al. (2013) already shows that its properties make the tree species suitable as a raw material in the production at biorefineries.

This study focused on evaluating the outcome of three different silvicultural regimes for lodgepole pine from an economic perspective using investment calculations. Two of these were for the purpose of producing biomass for the industry to a different extent. In the investment analysis, net present value, internal rate of return as well as benefit cost ratio were calculated for all silvicultural regimes and the profitability of the silvicultural regimes were compared. The following silvicultural regimes were analyzed:

1. Thinning and final felling, both pulpwood and sawtimber were harvested in two cuttings
2. No thinning and only biomass were extracted in the final felling
3. Thinning with biomass extraction and pulpwood, sawtimber, tops and branches were extracted in the final felling

In the study, the decision support system Heureka PlanWise was used to simulate the various silvicultural regimes on three site indexes; T16, T20 and T24. The simulations were then based on maximizing the net present value of the different regimes and then the benefit cost ratio and the internal rate of return included in our investment analysis were calculated. A sensitivity analysis was made with regard to price changes of biomass to determent the impact on profitability and rotation period.

Silvicultural regime 1 showed the highest net present value for two of three site indexes with current price levels. With the doubling of the price of the biomass assortment, silvicultural regime 2 resulted in the highest net present value on the site indexes T20 and T24. Silvicultural regime 3 generated the highest net present value and internal rate of return when the price increased with 25 and 50%. The result showed that silvicultural regime 3 could be a good option for forest owners with regard to potential future returns and risk.

**Keywords:** *Heureka, investment analysis, net present value, Pinus contorta, PlanWise*

# Förord

Det här kandidatarbetet är utfört på Institutionen för skogsekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng vilket motsvarar 10 veckors heltidsstudier.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare på SLU, Tommy Mörling, som med stort engagemang har handlett – och gett respons på kandidatrapporten under arbetets gång. Samt vill vi tacka medarbetarna på avdelningen för skoglig planering för stöd och hjälp i användandet av beslutsstödsprogrammet Heureka PlanWise.

Umeå, april 2018

Gunnar Boglind och Karin Gyllengahm

# Innehållsförteckning

<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>5</b>
1.1 BAKGRUND.....	5
1.2 CONTORTATALL SOM BIOMASSA .....	7
1.3 SYFTE.....	7
1.4 FRÅGESTÄLLNINGAR .....	8
<b>2 MATERIAL OCH METOD .....</b>	<b>9</b>
2.1 MATERIAL .....	9
2.1.1 Beståndsdata.....	9
2.1.2 Simulering av contortabestånd.....	9
2.1.3 Prissättning.....	10
2.1.4 Känslighetsanalys.....	11
2.2 METOD .....	11
2.2.1 Grundförutsättningar för skötselprogram.....	11
2.2.2 Skötselprogram att studera.....	12
2.2.3 Optimering och simulering av skötselprogram .....	12
2.2.4 Utförda analyser.....	13
<b>3 RESULTAT .....</b>	<b>15</b>
3.1 VOLYMUUTVECKLING OCH UTTAG I VOLYM FÖR RESPEKTIVE SKÖTSEL- PROGRAM OCH SI.....	15
3.2 LÖNSAMHETSANALYS .....	17
3.2.1 Intäkt-kostnadskvot.....	17
3.2.2 Kassaflödesanalys.....	18
3.3 KÄNSLIGHETSANALYS .....	19
<b>4 DISKUSSION .....</b>	<b>23</b>
4.1 LÖNSAMHET HOS SKÖTSELPROGRAMMEN.....	23
4.2 ICKE MARKNADSPRISSETTA NYTTIGHETER .....	24
4.3 RISK I EKONOMISKA KALKYLER.....	24
4.4 BRISTER I ANALYSEN .....	25
4.5 STUDIENS RELIABILITET .....	25
<b>5 SLUTSATSER .....</b>	<b>26</b>
<b>6 REFERENSER .....</b>	<b>27</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Skogen kan ses som en mångsidig tillgång som kan leverera många olika nyttigheter. Nyttigheterna kan bestå av att skogen utgör en bra plats för rekreation eller jakt, en viktig roll för att bevara den biologiska mångfalden eller en naturresurs som kan producera skoglig råvara. Med alla dessa möjliga nyttigheter i beaktande kan man förstå att det finns fler än ett sätt att sköta skogen och det är upp till markägaren att bestämma på vilket sätt den skall skötas, så länge lagar och regler efterföljs. En viktig aspekt för den privata markägaren, är att se hur stor lönsamheten är för olika skötselalternativ. Av den anledningen är investeringskalkyler och dess verktyg ett bra tillvägagångssätt att använda sig av för att jämföra hur lönsamheten förändras när man tillämpar olika skötselprogram. Den här studien fokuserar på att utifrån ett ekonomiskt perspektiv med hjälp av investeringskalkyler betrakta utfallet av tre olika skötselalternativ för contortatall (*pinus contorta*) med avseende på att producera biomassa åt industrin.

Det grundläggande verktyget som används vid investeringskalkyler är den så kallade nuvärdesprincipen (Wibe et.al 2009). Principen går ut på att alla kostnader, intäkter och investeringar som förekommer under investeringens tidsrymd diskonteras till ett nuvärde med hjälp av en satt kalkylränta, kalkylräntan sätts så att den motsvarar investerarens avkastningskrav på satsat kapital (Andersson, 2013). Olika alternativa investeringar och deras potentiella förräntningar skall också tas i anspråk vid resonemang kring hur kalkylräntan skall sättas, det kan dock vara mycket svårt att få fram sådan information vilket leder till förenklingar vid fastställandet av kalkylräntan (Andersson, 2013). Vid utvärdering av skogliga investeringar sätts ofta en relativt låg ränta, 2-3%, med tanke på den långa investeringstid som är i skogsbruket (Pearse, 1990). Vid investeringsbedömningar då kalkylräntan sätts antas att alla framtida intäkter och kostnader är kända, men i verkligheten finns ständigt en osäkerhet att ta hänsyn till. Osäkerheten kompenseras vanligtvis med en så kallad riskpremie, vilket är ett tillägg på en eller några procent på kalkylräntan för att kompensera för den risken investeringen medför om utfallet blir sämre än det förväntade. På så vis medför en högre risk en högre ränta (Wibe et.al 2009). Andra intressanta verktyg som används vid investeringskalkyler är intäkt-kostnadskvoten och investeringens internränta. Intäkt-kostnadskvoten ger en indikation om skötselprogrammet är lönsamt eller ej då den visar hur mycket man får tillbaka för varje investerad krona. Internräntan anger den lägsta tillåtna kalkylränta som investeringen klarar av utan att få ett negativt nettonuvärde.

Som redan nämnt, är investeringskalkyler mycket användbart för att jämföra olika skötselprogram och dess lönsamhet. Ett begrepp som ingår i en sådan kalkyl, som kanske är mest erkänt inom skogsekonomi, är nettonuvärdet (NPV). Tack vare att diskontering används kan en rättvis bedömning mellan olika skötselalternativ där intäkter och kostnader infaller vid olika tidpunkter göras. Genom att beräkna fram NPV kan man göra en rättfärdig värdering om intäkterna från avverkningarna kan bära upp kostnaderna för skötselåtgärder som beståndsanläggning, röjning och avverkningskostnader (Persson, 2000). Om kalkylen för en investering ger ett positivt NPV är den värd att utföra. Men om kalkylen resulterar i ett negativt NPV betyder det nödvändigtvis inte att investeringen går med förlust, utan endast att det uppsatta förräntningskravet (kalkylräntan) inte uppnås (Håkansson et al. 1998).

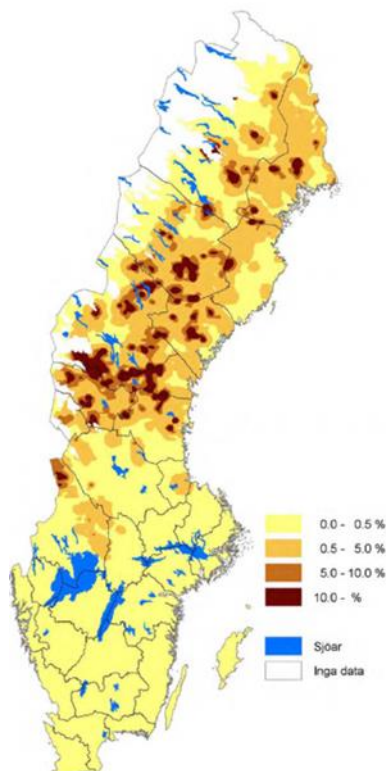
Ett osäkerhetsmoment vid användning av nuvärdeskalkyler är att ett av principens grundläggande antaganden är att alla framtida kostnader och intäkter antas vara kända. Under ett bestånds omloppstid kan givetvis pris- och kostnadsförändringar ske vilket kan leda till att

ett investeringsalternativ som vid kalkyleringen framstod som lönsamt visade sig bli en förlust. Vidare förutsätts att inlåningsräntan och utlåningsräntan är lika (Håkansson et al 1998).

Sverige hör till ett av världens mest skogrika länder med en produktiv skogsareal om 23 600 000 hektar vilket motsvarar ungefär 70 % av Sveriges landyta (Nilsson. et al., 2017. Sveriges skogsnäring är inte bara starkt bidragande till landets ekonomi, utan är även en stor källa av förnybar råvara vilket spelar en avgörande roll i strävan mot ett hållbart - och fossilfritt samhälle (Skogsindustrierna, 2015).

Vår inhemska tall motsvarar 39 % av det svenska virkesförrådet och granen motsvarar 41 %. Sedan 1955 har det svenska virkesförrådet ökat med ca 65 %, mycket tack vare förbättrad skötsel och förnygring (Nilsson et al. 2011), dock förutspåddes det under 1970-talet att Sveriges skogsindustri skulle stå inför en råvarubrist under 2000 talets början, den så kallade virkessvackan. Man såg en lösning hos den nordamerikanska tallen *Pinus Contorta* på grund av dess höga volymproduktion och högre grad av överlevnad i jämförelse mot vår inhemska tall i ungskogsfasen (Elfving et. al. 1993).

Contortatallen härstammar från västra Nordamerika och har ett utbredningsområde som sträcker sig mellan latituderna 30 och 64°N med altituder från 0 meter över havet till 3900 meter. Det finns tre huvudsakliga varianter av contortatall varpå *Pinus Contorta* var. *latifolia* som är den nordliga inlandsformen (Farjon, 2013), anses vara den mest lämpade arten att plantera i Sverige (Elfving et al. 2001). Man fann nämligen att denna variant av contorta hade en större tillväxt under försommaren. Dessutom fann man att inlandsformen hade en bättre förmåga att överleva skador som orsakas av klimatet och patogena svampar (Hagner, 2005).



Figur 1. Contortatallens arealandel av all skog på prod. Skogsmark, 2005-2009. (Skogsdata, 2010).  
Figure 1. The proportion of lodgepole pine dominated stands in Sweden, 2005-2009.

Initiativet till att etablera den nordamerikanska tallen storskaligt togs av skogsbolagen Iggesunds bruk (Holmen) och SCA. En storskalig etablering av trädslaget tog fart och idag



uppgår arealen contortatall till ungefär 650 000 hektar (Nilsson & Cory. 2010) och återfinns främst i norra samt mellersta Sverige (Figur 1). Den befarade virkessvackan är dock inget som skogsverige har drabbats av ännu. Av de 650 000 hektar contorta som finns idag, klassificeras ungefär 65 % av arealen idag som gallringsskog (Riksskogstaxeringen 2016). Den industriella användningen av contorta idag med avseende på sågning av timret har endast utförts i liten skala. Ett potentiellt stort framtida användningsområde för trädslaget kan ses i förädlingen av skogsbiomassa, i så kallade bioraffinaderier.

Användningsområdet för contortan när den introducerades till Sverige var först och främst tilltänkt som massaved, men man kom sedan att utforska möjligheterna med sågat virke av contorta (Persson, 1985). Studier som utvärderat contortans lämplighet som timmer har visat att trädslaget är användbart som sågad trävara (Boutelje et.al. 1986). I massaframställning och papperstillverkning spelar egenskaperna hos veden en stor roll beroende på vilket ändamål man ämnar att slutprodukten ska användas till. Provkokningar som studerats har visat att contortatallens tunna, långa fibrer motsvarar förväntningarna på sulfatmassa med avseende på egenskaper och utbyte (Persson, 1985).

## 1.2 Contortatall som biomassa

Biomassan från skogsindustrin består främst av grenar, toppar, stubbar, sågspån men även hela träd (Vattenfall 2017). Som ett rent biomassaproducerande trädslag har contortatallen fördelar gentemot vår inhemska tall då volymtillväxten på rätt ståndort är cirka 36 % högre hos contortan, vilket ur ett biomassaperspektiv är positivt (Norgren, 1995). Mängden extraktivämnen i veden är avgörande för råvaran hos bioraffinaderiet som använder extraktivämnena för att framställa sina produkter. Jämfört med den inhemska tallen har contortatallen generellt en lägre koncentration fett- och hartssyror men fördelningen av syror i stamveden är jämnare, vilket anses som en fördel i bioraffinaderiet. Den största fördelen är som tidigare nämnt den högre volymproduktionen som i ett slutavverkningsmoget bestånd skulle ge ca 150 kg fettsyror och 1 ton hartssyror per hektar (Arshadi et al. 2013).

Tidigare studier inom biomassauttag i contortabestånd har genomförts och uppvisat att det finns en god potential hos contortan att producera stora mängder biomassa. Framförallt studien från 2015 av Ulvcróna et.al påvisade att ett uttag av biomassa i unga år hos ett tätt contortabestånd borde gå att kombinera med senare uttag av massaved och timmer. I en lettisk studie utförd av Jansons. et al. (2013) visade sig contortan producera mer än dubbel mängd biomassa jämfört med *Pinus Sylvestris* på igenplanterad åkermark. Ur ett ekonomiskt perspektiv framstår en kombinerad skötsel med ett tidigt biomassauttag och senare uttag av timmer och massaved som intressant, vilket påvisas i en finsk studie av Heikkilä et. al (2009). I den studien uppvisade det kombinerade skötselprogrammet en god ekonomisk potential för gran och tall som ett alternativ till konventionell skötsel med uttag av enbart timmer och massaved, vid en jämförelse av nuvärden vid olika prisscenarion och räntenivåer.

## 1.3 Syfte

Arbetets huvudsakliga syfte var att upprätta en investeringsanalys för att undersöka huruvida det ekonomiska värdet i contortabestånd med olika ståndortsindex påverkas av olika skötselprogram med varierande målbild, med hjälp av simuleringsprogrammet Heureka PlanVis (SLU, 2017). Följande alternativ analyserades; konventionellt skötselprogram med uttag av massaved och timmer, skötselprogram med rent uttag av endast biomassa i slutavverkning samt skötselprogram med uttag av biomassa i helträdsgallring, därefter uttag av massaved och timmer i slutavverkning. Denna studie syftade till att undersöka om de olika

skötselprogrammen är ekonomiskt försvarbara i jämförelse mot ett konventionellt skötselprogram för contorta i avseende på lönsamhetsmått nettonuvärde, internränta och intäkt-kostnadskvot.

## 1.4 Frågeställningar

- Hur hävdar sig de olika skötselprogrammen med olika grad av biomassauttag gentemot ett konventionellt skötselprogram av contorta med avseende på; Nettonuvärde, Internränta och Intäkt-kostnadskvot?
- Hur påverkar eventuellt framtida prisfluktuationer på biomassa de olika skötselprogrammets inbördes konkurrenskraft?

## 2 Material och metod

### 2.1 Material

#### 2.1.1 Beståndsdata

Grundmaterialet som studien utgick efter var en fiktiv beståndsinformation som upprättats i Microsoft Excel som motsvarade ett contortabestånd vid 3 års ålder. I den fiktiva beståndsinformationen angavs platsens ståndortsegenskaper och därmed ståndortsindex. Därefter importerades informationen in i programmet Heureka PlanWise som CSV-fil. Programmet simulerade därefter ett contortabestånd utifrån den information som importerades in. Försök att anlägga bestånd direkt i Heureka gjordes men stamantalet efter förnyringen blev lägre än förväntat och därför valdes metoden att importera beståndsdata istället.

Vid arbetet valdes tre olika ståndortsindex ut för att studeras i landsdelar där andelen förnyringar med contortatall varit förhållandevis hög. De SI som valdes ut var T16, T20 samt T24 (Tabell 1). Enligt föreskrift 2:28 i skogsvårdslagen framgår det att ståndorter med högre SI än T24 inte får förnygras med contorta och därför utelämnades sådana. För att bestämma ståndortens egenskaper användes Heureka PlanWise. Med hjälp av en funktion i programmet angavs egenskaper för platsen och därefter gav programmet en prognos vilket ståndortsindex lokalen bör ha efter angivna parametrar. Den bästa ståndorten valdes att förläggas till Hälsingland och de två lägre till Härjedalen. Geografisk placering samt andra ståndortsparametrar valdes med stöd från en studie utförd av Backlund & Bergsten (2012), samt riksskogstaxeringens karta över contortatallens koncentration i Sverige (Figur 1).

**Tabell 1.** Översikt över valda ståndorter (T16, T20 och T24) med deras respektive egenskaper

**Table 1.** Overview of selected stands (T16, T20 and T24) with their individual characteristics

SI	Höj (m)	Latitu	Län	Lutning (%)	Jorddjup (cm)	Vegetationstyp	Botten-skikt	Markfuktighe	Jordart	Rörligt markvatten
T16	400	62	Härjedalen	0-10	Tämligen grunt (20-70)	Kräkbär/ljungtyp	Vit moss-typ	Torr	Sandig-moig morän/mellansand	Sällan/aldrig
T20	450	62	Härjedalen	0-10	Mäktigt (> 70)	Blåbärstyp	Frisk-moss-typ	Frisk	Sandig-moig morän/mellansand	Sällan/aldrig
T24	200	62	Hälsingland	10-20	Mäktigt (> 70)	Smalbladig grästyp	Frisk-moss-typ	Frisk	Sandig-moig morän/mellansand	Kortare perioder

#### 2.1.2 Simulering av contortabestånd

Tre olika skötselprogram på tre olika ståndorter simulerades i beslutstödsprogrammet Heureka PlanWise för att få fram tillväxtdata för bestånden. För alla skötselprogram utfördes en

optimering av omloppstid med avseende på högsta nettonuvärde i programmet Heureka PlanWise.

Heurekasystemet är ett skogligt beslutsstödssystem som låter användare göra en stor mängd olika analyser och planeringsansatser för skogsbruk (SLU, 2017). Systemet kan riktas mot ett flertal mål och man kan göra både korta - och långsiktiga prognoser. Programmet vi har arbetat med i serien är Heureka PlanWise (PlanVis). PlanWise består av verktyg som gör det möjligt att analysera olika handlingsalternativ och därmed optimera lösningar utifrån den målsättning man har för skogsbruket. Typiska målformuleringar man sätter upp i programmet är exempelvis en hög ekonomisk avkastning, ofta i termer att maximera nettonuvärdet och därmed optimera omloppstiden för de olika bestånden (SLU, 2008).

### 2.1.3 Prissättning

Vid prissättningen av skogsåtgärder och virkessortiment utgick studien dels från värden som angivits i skogsstatistisk årsbok samt även från simuleringsprogrammet Heureka PlanWise egna kostnadsfunktioner. Prissättningen för markberedning och röjning angavs efter skogsstatistisk årsbok då markberedningen skedde på samma sätt för alla bestånd liksom antalet stammar som röjdes bort. Föryngringskostnader baserades på rekommendationer och exempel från Skogsstyrelsens skogsskötselserie. Gallring - och slutavverkningskostnader beräknades i PlanWise baserat på medelstam och avverkningsmetod. Prissättningen för de olika sortimenten som föll ut vid avverkning genererades i PlanWise hämtade från aktuella prislistor. Prissättningen har varit konsekvent för alla skötselprogram och ståndortsindex.

För att bestämma kostnaden för maskinell sådd i samband med markberedning fastställdes värden för följande parametrar; frögiva, frökostnad och markberedning. För skötselprogram ett sattes frögivan till 0,1 kg per hektar baserat på en tidigare studie (Bergsten & Sahlén. 2013). I studien gav sådden ett uppslag på 4000-5000 stammar per hektar efter fem år vid en frögiva om 0,1 kg per hektar. För skötselprogram två och tre sattes frögivan till 0,2 kg frö per hektar då ett högre uppslag plant eftersträvades. Kostnaden för fröna som såddes sattes till 16000 kr per kg efter samtal med Finnvid Prescher (personlig kommunikation, fröchef Svenska Skogsplantor). Kostnaden för markberedning är hämtad från Skogsstyrelsens statistikdatabas från 2016 där den uppgick till 2132 kr per hektar i norra Sverige.

Med dessa angivna värden kunde kostnaden för den maskinella sådden beräknas tillsammans med markberedning till 3732 kr per hektar för skötselprogram ett och tre. För skötselprogram två blev den totala anläggningkostnaden 5332 kr per hektar.

För att bestämma kostnaden för röjning utgick studien efter Skogsstyrelsens statistikdatabas från 2016 där kostnaden uppgick till 2503 kr per hektar i norra Sverige.

Avverkningskostnaderna för både gallring och slutavverkning baserades på Heurekas egna kostnadsfunktioner som redan fanns i programmet. Skötselprogram 3 innehöll en biomassagallring under omloppstiden. Vid biomassagallringen kommer flerträdshantering att tillämpas av skördaren och hela träd kommer att tas ut, det kommer att medföra en annan produktivitet vid avverkningen och därmed ändrade kostnader än vid traditionell gallring. I analysen kommer hänsyn till detta tas då Heureka använder sig av specifika kostnadsfunktioner för biomassagallringar framtagna av Sängstuvall et.al (2012). Samtliga bestånd har ett skotningsavstånd på 200 meter och GYL-förhållanden är identiska för att få ett så jämförbart resultat som möjligt.

### 2.1.4 Känslighetsanalys

I studien genomfördes en känslighetsanalys då en del utav arbetets frågeställning handlade om att räkna på vilka priser på biomassasortiment som behövdes för att de olika skötselprogrammen skulle vara lönsamma. Det vill säga hur kalkylresultatet påverkades vid nya värden på prisvariablerna och de olika skötselprogrammets konkurrenskraft. Utgångspriset på biomassa inklusive GROT var 380 kronor per tontorrssubstans. För skötselprogram 1 på samtliga ståndortsindex skedde ingen prisförändring då förändringen avsåg priset på biomassa och GROT. Prisökningen respektive prissänkningen lades in i Heureka PlanWise prislista för biomassa. Därefter resulterades nettonu värden för respektive prisförändring vid simuleringen.

## 2.2 Metod

### 2.2.1 Grundförutsättningar för skötselprogram

För alla skötselprogram har anläggningen av bestånden utförts på likadant sätt, det vill säga med markberedning kombinerat med sådd.

I samband med markberedningen kommer maskinell sådd att utföras som tillvägagångssätt vid förnyringen. Anledningen till att sådd valdes och inte plantering, var bland annat på grund av att man sett en ökning av sådd under de senaste åren i norra Sverige (Bergsten & Sahlén, 2013). I norra Norrland har inventeringar visat att såddandelen de senaste åren uppgått till 10 % (Skogsstyrelsen, 2017). Vi finner det därmed intressant att utforma skötselprogrammen efter rådande trend, se Tabell 2. Vi har även sett till de ekonomiska aspekterna då kostnaden för sådd beräknas vara 50 till 70 % lägre än för plantering. En stark motivering till att använda sådd är det positiva förnyrningsresultatet som påvisats (Bergquist et. al. 2010). De contortabestånd som anlades med sådd under 1980-talet har idag uppvisat användbara vedegenskaper och hög produktion av biomassa som vi i arbetet vill få ut. Som följd av sådd når vi en hög stamtäthet vilket i sin tur leder till en långsam diametertillväxt under de första åren. Det medför att vi får en liten andel juvenilverd i rotstocken som har inverkan på egenskaperna som fiberlängd - och bredd samt cellväggens tjocklek exempelvis. Dessa egenskaper blir högre vilket är eftersträvarsvärt i massaframställning exempelvis, om man eftersträvar en rivstark massa. Samtidigt får vi ett formstabilt virke då mikrofibrillvinkeln blir lägre och likaså träets förmåga att krympa. Ytterligare fördelar med sådd av contortatall är att vi undviker den krök som uppstår i stammens nedersta del när träden har blivit ett par meter. Denna krök är vanligt förekommande i planterade contortabestånd (Skogskunskap, 2016). Detta beror på att rotsystemet hos en planterad planta inte förgrenas och förankrar sig tillräckligt i marken, det leder till att plantans stabilitet försämras.

## 2.2.2 Skötselprogram att studera

Tabell 2. Skötselåtgärder för respektive skötselprogram (1 = konventionell skötsel med uttag av massaved och timmer, 2 = rent uttag av endast biomassa, 3 = uttag av biomassa i helträds gallring, därefter konventionell skötsel med uttag av massaved och timmer)

Table 2. Silvicultural management for each silvicultural regime (1 = conventional management harvesting pulpwood and timber, 2 = only extraction of biomass, 3 = harvest biomass true whole-tree thinning followed by conventional management harvesting pulpwood and timber)

Åtgärd/ skötselprogram	Markberedning och föryngringsmetod	Röjning	Gallring	Slutavverkning
<b>1 (konventionell)</b>	Markberedning i samband med maskinell sådd av 4500 frön.	Restriktion att 2200 stammar per hektar skall vara kvar.	Gallringstidpunkt bestämd med hjälp av PlanWise. Uttag av massavedsortiment.	Slutavverkningstidpunkt bestämd med hjälp av PlanWise. Uttag av timmersortiment.
<b>2 (biomassa)</b>	Markberedning i samband med maskinell sådd av 7000 frön.	Ej röjning.	Ej gallring.	Slutavverkningstidpunkt bestämd med hjälp av PlanWise. Uttag av biomassa och GROT.
<b>3 (kombinerad)</b>	Markberedning i samband med maskinell sådd av 4500 frön.	Ej röjning.	Gallringstidpunkt bestämd med hjälp av PlanWise. Uttag av biomassa.	Slutavverkningstidpunkt bestämd med hjälp av PlanWise. Uttag av massaved – och timmersortiment samt GROT.

## 2.2.3 Optimering och simulering av skötselprogram

Genom det fiktiva beståndsdatat som skapades med hjälp av Microsoft Excel och sedan behandlades i Heureka PlanWise och dess tillväxtmodeller för contorta kunde simuleringar utföras. För alla skötselprogram utfördes optimeringar i Heureka PlanWise för att maximera nettonuvärdet och därmed optimera, slutavverkningsålder, gallring och röjning när gallring och röjning var aktuellt. Gallringsstyrkan utgick efter beslutsstödsprogrammet grundinställningar för första gallring, 30 %.

Eftersom de olika skötselprogrammen krävde olika åtgärder och intensitet vid åtgärderna användes unika inställningar i Treatment Program Generator (TPG) vilket är den del av Heureka-programmet som sköter simuleringarna (Heureka Wiki 2014). Exempelvis gjordes TPG-inställningarna för det konventionella skötselprogrammet (1) med en restriktion att 2200 stammar per hektar skulle stå kvar efter röjningsåtgärden, konventionell gallring och slutavverkning utan biomassauttag.

Nettonuvärdet (NPV) för de olika skötselprogrammen beräknades av Heureka genom att alla nettointäkter samt nettokostnader under omloppstiden summeras och diskonteras till år 0 då beståndet anläggs. Vid diskonteringen används den kalkylränta som är satt av användaren, i denna studie 2 %. Sedan adderas markvärdet (MV) multiplicerat med diskonteringsfaktorn för det år den nya generationen anläggs.

$$NPV = \sum_{t=0}^s (1+r)^{-t} \times Rt + (1+r)^{-s} \times MV$$

S = Omloppstid för föregående simulering

Rt = Nettointäkt vid år t

r = Diskonteringsränta

Markvärde beräknas enligt följande formel:

$$MV = \alpha \sum_{t=0}^T (1+r)^{-t} \times Rt$$

T= Omloppstid för senaste generationen

$$\alpha = \frac{1}{1-(1+r)^{-T}}$$

### Faustmanns modell

Med hjälp av Faustmanns modell (Wibe et. al. 2009) kan vi beräkna markvärdet. Markvärdet definieras som beståndets värde vid den tidpunkt då marken är kal. Markvärdet kalkyleras genom att summan av alla framtida kostnader och intäkter diskonteras till den tidpunkt då marken är kal. Eftersom att markvärdet innehåller en upprepningsfaktor innebär det att skötselprogrammet antas upprepas i all framtid, på så vis kan skötselprogram med olika omloppstid jämföras.

#### 2.2.4 Utförda analyser

Simuleringarna kom sedan att ligga till grund för ekonomiska analyser för de olika skötselprogrammen med avsikt att maximera värdet. Genom att ändra prissättningen hos de olika sortimenten kunde en simulering utföras för att mäta de olika skötselprogrammets konkurrenskraft i olika framtidsscenarioer med olika prissättning på biomassa. Även de olika skötselprogrammets internränta och intäkt-kostnadskvot analyserades för att få en tydligare bild av de olika skötselprogrammets lönsamhet vid de olika scenarierna.

### Internräntemetoden

Metoden bygger på att man finner en räntesats som gör att investeringens nettonuvärde blir lika med noll, alltså den lägsta tillåtna kalkylränta som investeringen klarar av utan att få ett negativt nettonuvärde. För att få fram en internränta förutsätter det att man får en positiv nettointäkt under omloppstiden. Följande formel används vid beräkning av internräntemetoden:

$$\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+IR)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+IR)^t} = 0$$

T = omloppstid

B = bruttointäkt vid tidpunkt t

C = kostnad vid tidpunkt t

IR = internränta

När internräntan för investeringen är beräknad så jämförs den med investeringens kalkylränta, om internräntan är högre än kalkylräntan så innebär det att avkastningen är högre än avkastningskravet och det medför att investeringen är lönsam.

### **Intäkt-kostnadskvoten**

Intäkt-kostnadskvoten mäter förhållandet mellan diskonterade kostnader - och intäkter under skötselprogrammets omloppstid, det vill säga nuvärdet av intäkterna och kostnaderna. Kvoten ger en indikation om skötselprogrammet är lönsamt eller ej då den visar hur mycket man får tillbaka för varje investerad krona. Om intäkt-kostnadskvoten antar ett värde som överstiger 1, är investeringen lönsam och investeringsalternativet är därmed inte lönsamt om den understiger värdet 1. Kvoten räknas fram genom att dividera nuvärdet av intäkterna med nuvärdet av kostnaderna enligt formel nedan, MySmp (2018).

$$IKK = \left( \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1 + IR)^t} \right) / \left( \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1 + IR)^t} \right)$$

T = omloppstid

B = bruttointäkt vid tidpunkt  $t$

C = kostnad vid tidpunkt  $t$

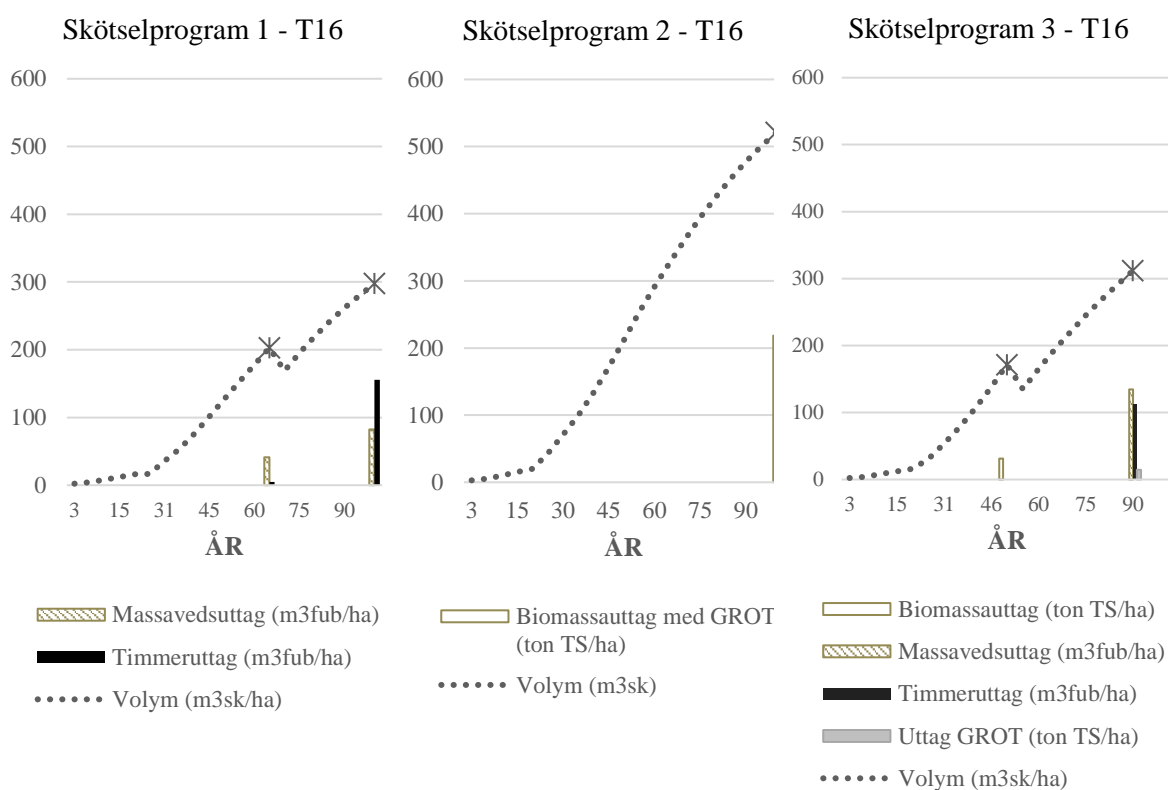
IR = internränta



## 3 Resultat

### 3.1 Volymutveckling och uttag i volym för respektive skötselprogram och SI

För ståndortsindex T16 uppgick virkesförrådet vid slutavverkningsålder till 290, 521 och 312 m<sup>3</sup>sk per hektar för respektive skötselprogram. Där virkesförrådet i skötselprogram 2 var högst och skötselprogram 1 antog det lägsta värdet. Uttaget av massaved i skötselprogram 1 och 3 var ungefär densamma medan uttaget av timmer var högre i skötselprogram 1 i jämförelse mot skötselprogram 3. Tidpunkten för gallring i skötselprogram 1 inträffade år 65 och för skötselprogram 3 vid år 46. Slutavverkningsåldern för skötselprogram 1 inträffade vid år 100 och år 90 för skötselprogram 3. Biomassagallringen i skötselprogram 3 gav ett uttag om 32 ton TS per hektar vid år 46. Uttaget av biomassa i slutavverkningen (skötselprogram 2) gav 216 ton TS per hektar år 100 (Figur 2-4).

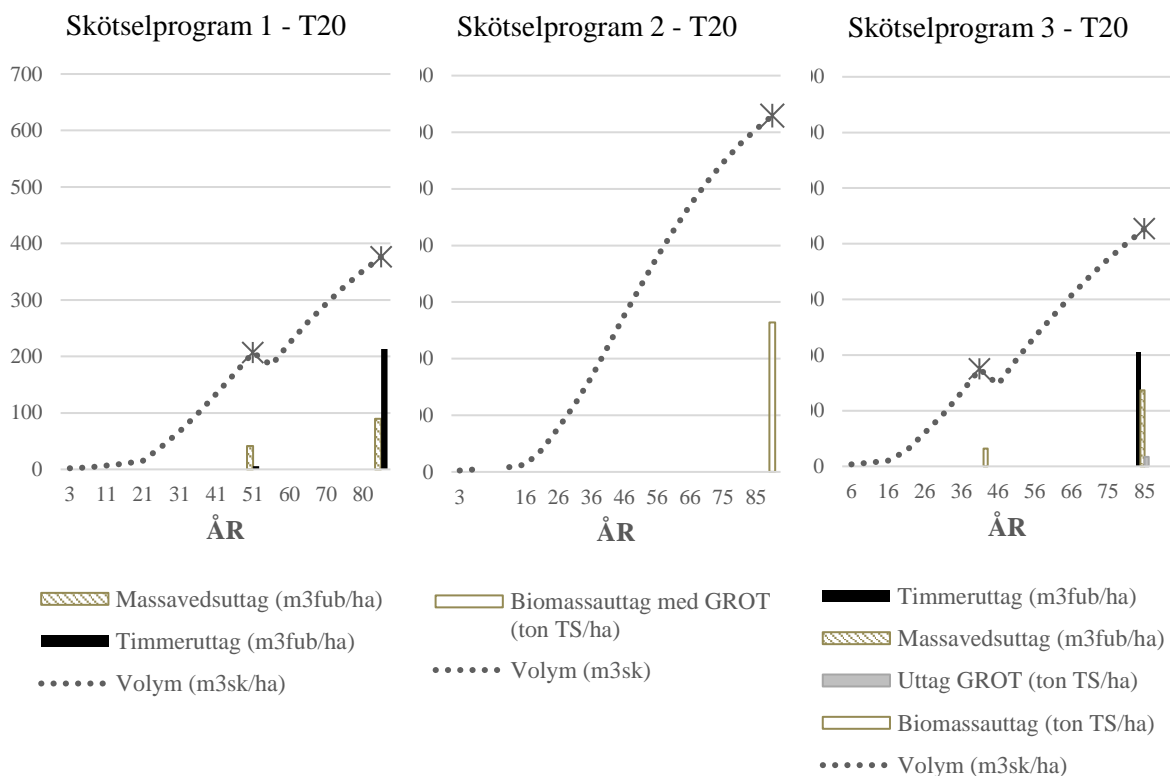


Figur 2-4. Samtliga skötselprogram på ståndortsindex T16. Virkesförrådets utveckling under omloppstiden samt uttagsvolymen för respektive sortiment vid gallring - och slutavverkning. Observera skillnader i enhet för de olika sortimenten.

Figure 2-4. All silvicultural regimes at SI T16. Standing volume during the rotation period and the harvested volume for each assortment in the case of thinning and final felling. Observe differences in units for the assortments.

För ståndortsindex T20 uppgick virkesförrådet vid slutavverkningsålder till 380, 630 och 427 m<sup>3</sup>sk per hektar för respektive skötselprogram. Där virkesförrådet i skötselprogram 2 var högst och skötselprogram 1 antog det lägsta värdet. Uttaget av timmer i skötselprogram 1 och 3 var ungefär densamma medan uttaget av massa var högre i skötselprogram 3 i jämförelse mot skötselprogram 1. Tidpunkten för gallring i skötselprogram 1 inträffade år 51 och för

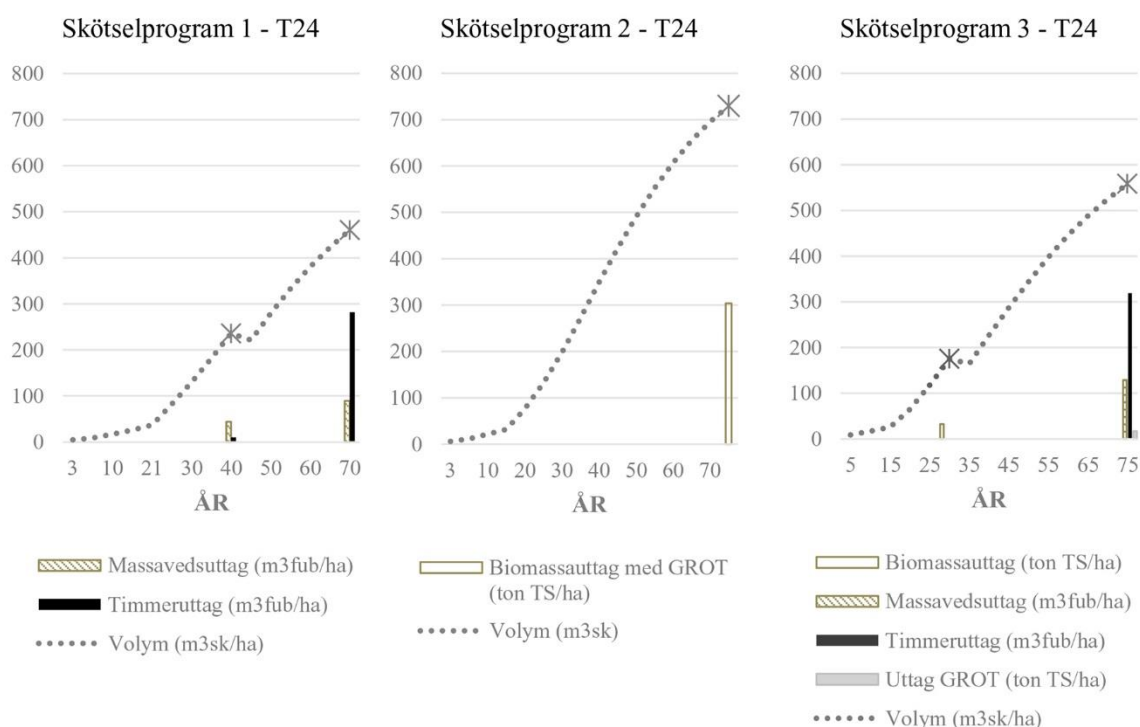
skötselprogram 3 vid år 41 och slutavverkningsålder för de båda inträffade år 85. Biomassagallringen i skötselprogram 3 gav ett uttag om 32 ton TS per hektar vid år 46. Uttaget av biomassa i slutavverkningen (skötselprogram 2) gav 264 ton TS per hektar år 90. (Figur 5-7)



Figur 5-7. Samtliga skötselprogram på ståndortsindex T20. Virkesförrådets utveckling under omloppstiden samt uttagsvolymen för respektive sortiment vid gallring - och slutavverkning. Observera skillnader i enhet för de olika sortimenten.

Figure 5-7. All silvicultural regimes at SI T20. Standing volume during the rotation period and the harvested volume for each assortment in the case of thinning and final felling. Observe differences in units for the assortments.

För ståndortsindex T24 uppgick virkesförrådet vid slutavverkningsålder till 460, 729 och 558 m³sk per hektar för respektive skötselprogram. Där virkesförrådet i skötselprogram 2 var högst och skötselprogram 1 antog det lägsta värdet. Uttaget av massa i skötselprogram 1 och 3 var ungefär densamma medan uttaget av timmer var något högre i skötselprogram 3 i jämförelse mot skötselprogram 1. Tidpunkten för gallring i skötselprogram 1 inträffade år 40 medan gallringstidpunkten i skötselprogram 3 inträffade år 30. Slutavverkningsålder för skötselprogrammen 1 och 2 inträffade år 70 respektive år 75. Biomassagallringen i skötselprogram 3 gav ett uttag om 32 ton TS per hektar vid år 30. Uttaget av biomassa i slutavverkningen (skötselprogram 2) gav 304 ton TS per hektar år 75 (Figur 8-10).



Figur 8-10. Samtliga skötselprogram på ståndortsindex T24. Virkesförrådets utveckling under omloppstiden samt uttagsvolymer för respektive sortiment vid gallring - och slutavverkning. Observera skillnader i enhet för de olika sortimenten.

Figure 8-10. All silvicultural regimes at SI T24. Standing volume during the rotation period and the harvested volume for each assortment in the case of thinning and final felling. Observe differences in units for the assortments.

Medeltillväxten var högst vid skötselprogram 2 för samtliga ståndortsindex. Medeltillväxten hos skötselprogram 1 för samtliga ståndortsindex var lägst i jämförelse mot de andra skötselprogrammen. Tillväxten ökade med bättre ståndortsindex för samtliga bestånd (Tabell 3).

Tabell 3. Medeltillväxt för de olika skötselprogrammen på respektive SI  
Table 3. Average growth for the various silvicultural regimes on each SI

SI	Skötselprogram 1 (m3sk/ha/år)	Skötselprogram 2 (m3sk/ha/år)	Skötselprogram 3 (m3sk/ha/år)
T16	3,0	5,2	3,5
T20	4,4	7,0	5,0
T24	6,5	9,7	7,4

## 3.2 Lönsamhetsanalys

### 3.2.1 Intäkt-kostnadskvot

Intäkt-kostnadskvoten för skötselprogram 2 vid ståndortsindex T16 antar det lägsta värdet om 0,62 vilket understiger värdet 1 och är därmed enligt definitionen för IKK ej lönsam.

Skötselprogram 2 antar de lägsta värdena i jämförelse mot resterande skötselprogram. Skötselprogram 3 antar de högsta värdena hos samtliga ståndortsindex i förhållande mot skötselprogram 1 och 2 (Tabell 4). Ett generellt samband kan ses att ett stigande SI ger en högre IKK.

Tabell 4. Intäkt-kostnadskvoten för respektive skötselprogram och SI

Table 4. Revenue cost ratio for each silvicultural regimes and SI

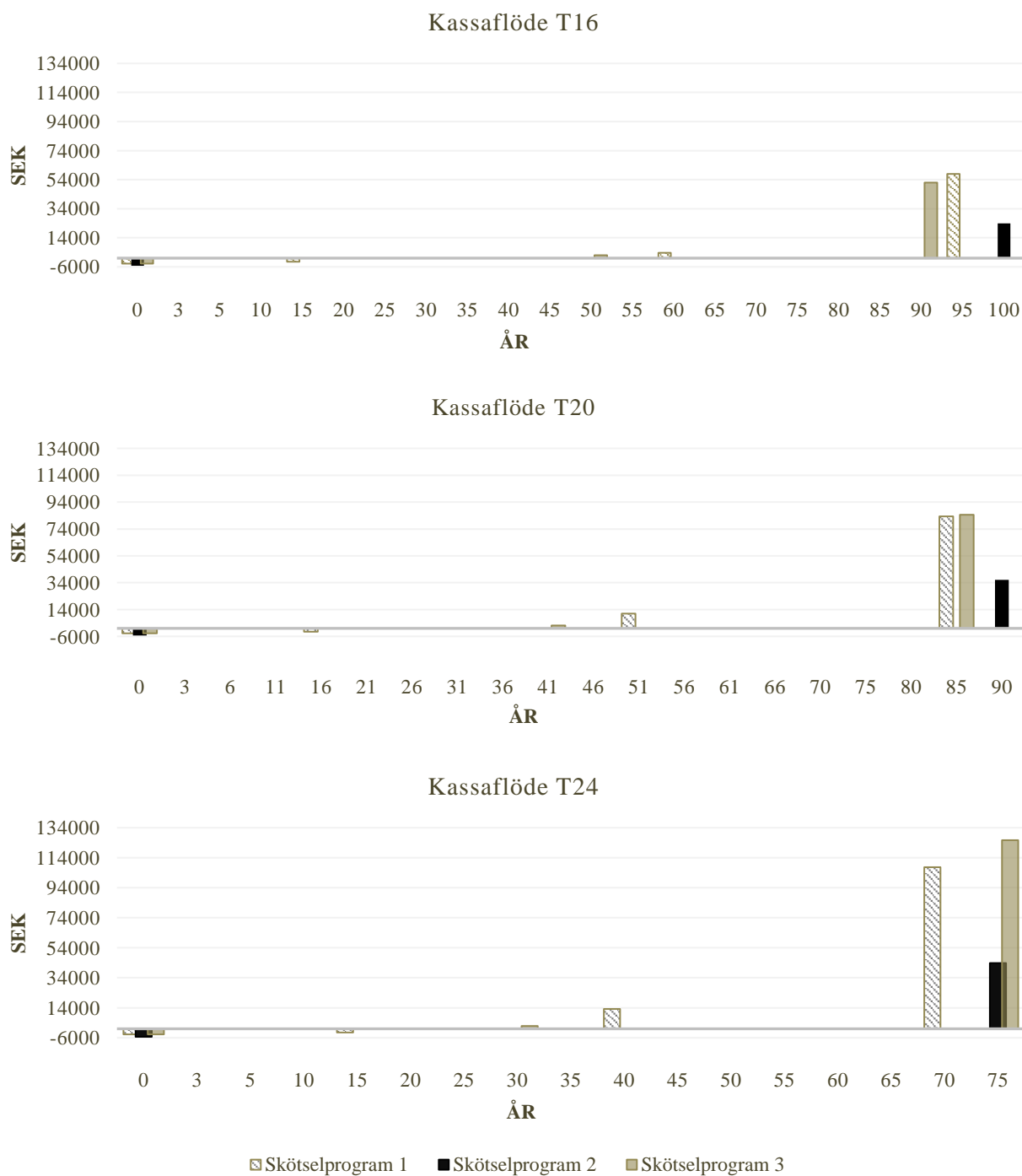
SI	Skötselprogram 1	Skötselprogram 2	Skötselprogram 3
T16	1,65	0,62	2,11
T20	3,51	1,14	4,45
T24	5,88	1,86	7,91

### 3.2.2 Kassaflödesanalys

I kassaflödet för samtliga skötselprogram på ståndortsindex T16 hade skötselprogram 1 och 3 i stort sett samma värde av intäkter sett till hela omloppstiden. Skötselprogram 1 hade 3704 kr i gallringsintäkt och 57879 kr i intäkt efter slutavverkning respektive 1917 kr och 51936 kr i skötselprogram 3. Skötselprogram 1 hade en anläggningskostnad år 0 samt en röjningskostnad år 20, till skillnad från övriga skötselprogram där man enbart hade en anläggningskostnad. För skötselprogram 2 hade vi en högre etableringskostnad år 0 och en intäkt först då beståndet slutavverkades år 100, en intäkt om 23986 kr (Figur 11a).

I kassaflödet för samtliga skötselprogram på ståndortsindex T20 hade skötselprogram 1 högre intäkter sett till hela omloppstiden, med 11015 kr i gallringsintäkt och 83451 kr i intäkt efter slutavverkning. Skötselprogrammet hade en anläggningskostnad år 0 samt en röjningskostnad år 16, till skillnad från övriga skötselprogram där man enbart hade en anläggningskostnad. Skötselprogram 3 gav en intäkt efter biomassagallring år 51 följt av en slutavverkningsintäkt år 85 om 84542 kr. För skötselprogram 2 hade vi en högre etableringskostnad år 0 och en intäkt först då beståndet slutavverkades år 90, en intäkt om 36143 kr (Figur 11b).

I kassaflödet för samtliga skötselprogram på ståndortsindex T24 hade skötselprogram 3 högre intäkter sett till hela omloppstiden. Skötselprogram 1 gav en intäkt om 13193 kr i gallring och 107618 kr i intäkt efter slutavverkning år 70. Skötselprogrammet hade en anläggningskostnad år 0 samt en röjningskostnad år 14, till skillnad från övriga skötselprogram där man enbart hade en anläggningskostnad. Skötselprogram 3 gav en intäkt efter biomassagallring år 40 följt av en slutavverkningsintäkt år 75 om 125788 kr. För skötselprogram 2 har vi en högre etableringskostnad år 0 och en intäkt först då beståndet slutavverkades år 75, en intäkt om 43840 kr (Figur 11c).



Figur 11;abc. Nettointäkter och kostnader i kronor under en omloppstid för respektive skötselprogram på ståndort T16 (11a), T20 (11b) och T24 (11c).

Figure 11;abc. Net income and expenses in SEK during a rotation period for each silvicultural regimes at SI T16 (11a), T20 (11b) och T24 (11c).

### 3.3 Känslighetsanalys

På ståndortsindex T16, skötselprogram 2, blev nettonuvärdet negativt för alla prissänkningar samt det oförändrade utgångspriset (Tabell 5). Samtliga prisökningar gav ett positivt nettonuvärde, där omloppstiden blev kortare med högre priser. Den interna räntan ökade med prisförändringarna för både skötselprogram 2 och 3.

Tabell 5. Procentuella förändringar i pris samt förändringar i nettonuvärde och hur den interna räntan förhåller sig för respektive skötselprogram med SI T16. Kalkylräntan uppgick till 2 %. Scenarion där internräntan saknas uppstår inget positivt kassaflöde under omloppstiden

Table 5. Percentage changes in price as well as changes in net worth and how the internal interest rate relates to each silvicultural regime with SI T16. The calculation rate was 2%. In situations where IRR is missing there was no positive cashflow during the rotation period

T16	Skötselprogram 1			Skötselprogram 2			Skötselprogram 3			
	Förändring	NNV	IRR	Omloppstid	NNV	IRR	Omloppstid	NNV	IRR	Omloppstid
-50 %				-9662		100	3952	2,5	95	
-25 %				-6105		100	5457	2,82	95	
0 %	3946,09	2,5	100	-2548	1,51	100	6970	3,1	90	
25 %				1069	2,16	95	8504	3,3	90	
50 %				4965	2,63	90	10039	3,5	90	
100 %				1293	3,21	90	13109	3,96	90	

På ståndortsindex T20, skötselprogram 2, blev nettonuvärdet negativt för prisetförändringarna -50 % och -25 %. Omloppstiden blev kortare i takt med ökade priser för skötselprogram 2 och 3 där den lägsta omloppstiden blev 80 år. Nettonuvärdena för skötselprogram 3 var genomgående positiva och högst i jämförelse mot skötselprogram 2, med ett undantag för prisökningen om 100 %. Den interna räntan ökade med prisetförändringarna för både skötselprogram 2 och 3, där räntan var högst för skötselprogram 3 (Tabell 6).

Tabell 6. Procentuella förändringar i pris samt förändringar i nettonuvärde och hur den interna räntan förhåller sig för respektive skötselprogram och SI T20. Kalkylräntan uppgick till 2 %. Scenarion där internräntan saknas uppstår inget positivt kassaflöde under omloppstiden

Table 6. Percentage changes in price as well as changes in net worth and how the internal interest rate relates to each silvicultural regime with SI T20. The calculation rate was 2%. In situations where IRR is missing there was no positive cashflow during the rotation period

T20	Skötselprogram 1			Skötselprogram 2			Skötselprogram 3			
	Förändring	NNV	IRR	Omloppstid	NNV	IRR	Omloppstid	NNV	IRR	Omloppstid
-50 %					-8937		100	12329	3,3	85
-25 %					-4150	1,1	100	14285	3,6	85
0 %	16721,73	3,8	85	760	2,14	90	16241	3,8	85	
25 %				6699	2,86	80	18212	4,24	80	
50 %				12935	3,34	80	20213	4,5	80	
100 %				25406	3,96	80	24214	4,96	80	

På ståndortsindex T24, skötselprogram 2, blev nettonuvärdet negativt för prisförändringarna -50 % och -25 %. Omloppstiden blev kortare i takt med ökade priser för både skötselprogram 2 och 3 där den lägsta omloppstiden blev 65 år. Den interna räntan ökade med prisförändringarna för både skötselprogram 2 och 3, där räntan var högst för skötselprogram 3 (Tabell 7).

Tabell 7. Procentuella förändringar i pris samt förändringar i nettonuvärde och hur den interna räntan förhåller sig för respektive skötselprogram och SI T24. Kalkylräntan uppgick till 2 %. Scenarion där internräntan saknas uppstår inget positivt kassaflöde under omloppstiden

Table 7. Percentage changes in price as well as changes in net worth and how the internal interest rate relates to each silvicultural regime with SI T24. The calculation rate was 2%. In situations where IRR is missing there was no positive cashflow during the rotation period

T24	Skötselprogram 1			Skötselprogram 2			Skötselprogram 3			
	Förändring	NNV	IRR	Omloppstid	NNV	IRR	Omloppstid	NNV	IRR	Omloppstid
-50 %					-8506		95	28727	4,38	75
-25 %					-1804	1,7	95	31214	4,89	75
0 %	35258	5,1	70	6190	2,85	75	33702	4,97	75	
25 %				15539	3,65	70	36189	5,28	75	
50 %				25540	4,32	65	38774	5,97	65	
100 %				45738	5,1	65	44029	6,58	65	



## 4 Diskussion

### 4.1 Lönsamhet hos skötselprogrammen

Om man utvärderar lönsamheten utifrån IKK (Tabell 4) hos de olika programmen kan man se att det endast var ett fall där skötselprogrammet klassas som olönsamt enligt IKK, det var skötselprogram 2 på SI T16 där IKK uppgick till 0,62 vilket stämmer överens med de övriga lönsamhetsmått i studien. Ett intressant resultat från IKK jämförelsen är att skötselprogram 3 har en högre IKK på SI T24 än skötselprogram 1 men ett lägre nettonuvärde (Tabell 7). Det kan förklaras av att skötselprogram 3 saknar en röjningskostnad vid år 15 som belastar skötselprogram 1, vilket är förhållandevis tidigt i omloppstiden och därför väger tungt i beräkningen av IKK och dess utfall.

Det generella sambandet som kan ses i resultatet är att högre SI ger både högre NNV samt IRR hos samtliga program (Tabell 5-7), vilket kan förklaras av att de högre ståndorterna ger en ökad tillväxt och därmed högre virkesutbyte samt avverkningsnetto men kostnaderna var i stort sett samma (anläggnings- och röjningskostnad). Skötselprogram 3 med biomassauttag i gallringen visade sig vara konkurrenskraftigt gentemot det konventionella skötselprogrammet, nuvärdena var inte de högsta jämfört med skötselprogram 1. Skillnaderna i IRR var liten, på SI T20 var IRR densamma mellan de två programmen, på SI T16 var IRR lägre hos skötselprogram 1 och högre på SI T24. Det resultatet var inget vi hade förväntat oss men påvisar en viss potential hos programmet.

Skötselprogram 2 presterar mycket låga resultat överlag och specifikt på de svagare ståndorterna. Utifrån känslighetsanalysen kan slutsatsen dras att det krävs en mycket kraftig prishöjning i form av en fördubbling på biomassasortimentet för att lönsamheten ska bli högre i jämförelse mot konventionell skötsel. En prisförändring på biomassasortimentet gav ett högre nettonuvärde för skötselprogram 2 på SI T20 och T24 i jämförelse mot skötselprogram 3, men IRR var fortfarande lägre. Vid studerande av Tabell 5-7 kan man se att internräntor saknas för vissa prisscenarion i skötselprogram 2. Det beror på att slutavverkningen inte genererade en nettointäkt utan en förlust, vilket leder till att ingen möjlig ränta finns för att täcka de initiala anläggningskostnaderna. Vid studiens inledande skede hade vi förväntat oss ett bättre resultat för skötselprogram 2 än vad som faktiskt blev fallet men om man analyserar resultatet framstår det som logiskt av flera skäl. Dels har skötselprogrammet en högre anläggningskostnad då frögivan var större än för de övriga alternativen samt att den enda intäkten under omloppstiden är förnygringsavverkningen. Även prisbilden på biomassa är generellt låg sett till övriga sortiment.

Med avseende på omloppstid, resulterar en studie av Kari Hyytiäinen et. al. 2002 i att omloppstiden blir längre med gallringsingrepp och högre gallringsintensitet. Detta hade i vår studie, betytt att vi borde haft en kortare omloppstid för skötselprogram 2, då vi inte utfört någon gallring. Vårt resultat visade motsatsen. Detta kan förklaras av att skötselprogram 2 har en högre anläggningskostnad som väger tungt på nettonuvärdet då kostnaden kommer tidigt i omloppstiden, vilket även påvisats i en studie från 2017 av Vadim Saraev et. al. I samma studie konstaterar man att positiva prisförändringar leder till att omloppstiden blir kortare vilket överensstämmer med denna studies resultat om man ser till kassaflödesanalyserna där skötselprogram 2 ständigt har en lägre summa intäkter under omloppstiden. Detta påvisas specifikt för T20 och T24 mellan skötselprogram 1 och 2, då omloppstiden för skötselprogram 2 är längre med 5 år vilket kan härledas till skötselprogrammets högre anläggningskostnad.

## 4.2 Icke marknadsprissatta nyttigheter

Skogen har, som benämndes i inledningen av studien, många olika värden men här har endast de strikt ekonomiska värdena tagits i beaktning. Just täta bestånd som håller en hög mängd biomassa kan av rekreations skäl ses som mindre attraktiva (Hannerz et.al. 2016), då framkomligheten kan bli försvårad i dessa bestånd. Även det faktum att contortan har långsammare kvistrensning än den inhemska tallen (Skogsstyrelsen, 2009) kan bidra till att rekreationsvärdet försämras.

En annan aspekt av markutnyttjandet är renskötselns användning av skogsmark som kan försvåras vid användning av contorta, något som för oss inte är irrelevant eftersom våra studier utgick från ståndorter i Härjedalen samt norra Hälsingland. Enligt en studie gjord av Fjellgren Walkeapää 2016 är inställningen gentemot trädslaget och då främst täta bestånd kritisk och renskötseln försvåras. Den försvåras på så sätt att förflyttningen av renar blir problematisk genom de täta bestånden. Vidare har studier gjorda av Lars Kardell och Lars Eriksson (2009) påvisat att mängden renlav som renarna dels livnär sig på, försvann med 88 procent i contortabestånden motsvarande 52 procent i tallbestånden.

## 4.3 Risk i ekonomiska kalkyler

I ekonomiska kalkyler finns det en mängd osäkerheter och risker, det kan ske skador i skogen och priserna kan falla i framtiden för att nämna ett par exempel. Man kan beakta osäkerheter och risker på olika sätt i former som att lägga in stokastiska som deterministiska variabler. När man använder stokastiska variabler, antar man att exempelvis priser eller skador på skogen inte kan förutses, utan man gör ett antagande att de varierar slumpmässigt. De deterministiska variablerna är kortfattat sagt ett antagande om att exempelvis priserna är kända med säkerhet, vanligtvis att priserna bygger på ett medelvärde av dagens priser på timmer - och massaved och dess förväntade utveckling (Ekvall et. al. 2009). I denna studie valde vi att använda deterministiska variabler vid prissättningen av de olika sortimenten, medelvärden hämtade från Skogsstyrelsens årsstatistik senare följt av en känslighetsanalys. Med tanke på investeringens långa tidshorisont, 65-100 år, är det mycket svårt att förutspå den framtida marknadens efterfrågan vilket blir en stor osäkerhetsfaktor Skogforsk (2002).

I känslighetsanalysen då prisförändringar av biomassa beaktas, bör man reflektera över att prisutvecklingen för massaved, timmer och biomassa hitintills har följt varandra om man ser till årsstatistiken mellan 1995-2017 (Skogsstyrelsen 2017 & Energimyndigheten 2018). Vilket det i detta arbete inte gör då endast priserna för biomassa justeras. Om timmer - och massavedspriserna har följt samma utveckling vad gäller priserna, hade resultatet blivit annorlunda. Nettonu värdena och de interna räntorna hade blivit högre än vad den kom att bli i denna studies resultat. Gemensamt för skötselprogram 3, på samtliga ståndortsindex, hade teoretiskt sett detta skötselprogram stärkt sin konkurrenskraft om timmer - och massavedspriserna följt den positiva prisjusteringen. Då uttaget av massaved volymmässigt var högre för skötselprogram 3 i jämförelse mot det konventionella skötselprogrammet 1. Man bör även tillägga att virkespriser kan fluktuera mycket över tid och att tidpunkten för avverkning kan förflyttas, framåt eller bakåt i tiden, beroende på de rådande priserna. Skogsägaren kan själv upprätta så kallade reservationspriser, det vill säga det lägsta priset skogsägaren är villig att sälja respektive sortiment för. Om marknadspriset överstiger reservationspriset är det förmånligt att avverka vid den tidpunkten. På så sätt kan en kortare, alternativ längre omloppstid, vara det optimala beslutet istället för att strikt följa optimeringsmodellerna som baseras på att maximera nettonu värdet.

Det vi inte har beaktat i denna studie, är bland annat klimatförändring och abiotiska - samt biotiska skador. De abiotiska skadorna, de "icke-levande", är skador som uppstår av klimatfaktorer som temperatur och vind. Skogen kan drabbas av stormskador och kalla - som varma temperaturer kan leda till frostsprickor - och torkskador hos träden. Abiotiska skador samverkar på flera sätt med de biotiska skadorna, då en skadad skog löper en större risk att angripas av skadegörare och patogena svampar i och med att trädens försvar är nedsatt (Witzell et. al. 2009). Om vi skulle komma att beakta detta i studien, utöver den naturliga avgång som simuleringsprogrammet använder, hade vi med största sannolikhet fått ett annat resultat, som ett lägre virkesförråd och därmed lägre uttag som i sin tur har en negativ effekt på lönsamhetsmåten vi analyserat.

#### 4.4 Brister i analysen

I och med att studien grundar sig utifrån ett fiktivt beståndsdata blir tillförlitligheten något lidande än om vi hade använt oss av ett faktiskt existerande bestånd i våra simuleringar. Samtidigt ville vi i våra simuleringar etablera ett bestånd från grunden varav en import av det fiktiva beståndsdata ansågs vara lösningen i beslutstödsprogrammet. Med avseende på medeltillväxt per hektar och år, antas ändå våra bestånd vara rimliga om man jämför våra resultat med de produktionsmodeller som återfanns i Ola Rosvalls m.fl.(2007) studie för respektive ståndsorsindex. När vi jämförde mängden torrsubstans per hektar i våra bestånd med Ingegerd Backlunds studie från 2012, överensstämde denna studies volymer relativt bra med Ingegerds studie. Våra volymer ligger något högre i jämförelsen.

#### 4.5 Studiens reliabilitet

För skötselprogram 1 som innefattar en röjning har ett schablonmässigt belopp använts för att simulera kostnaden för röjning. Kostnaden är förvisso baserad på data från skogsstatistisk årsbok och torde därför vara någorlunda realistisk, men röjningskostnader är starkt beroende på tidsåtgången vid utförandet av åtgärden och därför borde det vara dyrare att röja en trakt med högre SI då det medför grövre stammar och större uppslag. Det resonemanget borde straffa ett högre SI med en högre röjningskostnad och på så vis påverkat resultatet i vår investeringsanalys något, men detta har vi valt att bortse från i analysen.

Om man ser till tillståndet i contortaskogarna idag och hur stor andel av innehavet som klassificeras som gallringsskog, är en tillämpning av skötselprogram 3 intressant. Då vi gör en biomassagallring och därefter sköter skogen konventionellt. I en studie av Persson (2008), undersöktes kvalitén i gallringsmogna bestånd för vår inhemska tall och contorta. Studien visade att 55 % av huvudstammarna i contortabestånden hade en krök och 30 % av huvudstammarna hade dubbeltoppar. I de avseendena hade ett uttag av biomassa i gallringen varit motiverat, då en hög andel av träden inte lämpar sig som timmersortiment.

## 5 Slutsatser

Vid studiens inledande fas ställdes frågeställningarna upp till hur de olika skötselprogrammen står sig ur en ekonomisk synpunkt jämfört med varandra samt hur prisfluktuationer påverkade skötselprogrammets konkurrenskraft. De slutsatser vi kan dra från denna studie är främst att skötselprogram 2 ej är lönsamt i vår jämförelse i det stora hela. På ståndortsindex T20 och T24 krävs en fördubbling av priset för biomassasortimenten för att skötselprogram 2, med liten marginal, ska resultera i högre nettonuvärde och därmed högre lönsamhet. Att skötselprogram 3 visade sig vara lönsammare än vad vi hade förväntat oss går i linje med studien av Heikkilä et. al 2009. I vår studie visade skötselprogrammet högst lönsamhet på den svagare boniteten, T16. Dock var skötselprogram 1 mest lönsamt på resterande ståndortsindex vid oförändrad prissituation. På övriga ståndorter (T20 och T24), krävdes endast mindre prishöjningar för att skötselprogram 3 skulle konkurrera ut det konventionella skötselprogrammet. Studien visar att det finns en potential till ekonomisk lönsamhet för skogsägare av contorta att utföra en biomassagallring och därmed förse växande bioraffinaderier med råvara.

Vidare vore det intressant om framtida studier genomfördes där mer tillförlitliga tillväxtdata från faktiska bestånd låg till grund för de ekonomiska beräkningarna och även analyser för hur kortare omloppstider påverkar resultatet.

# 6 Referenser

## Litteratur

- Andersson, G., 2013. Kalkyler som beslutsunderlag 7., [rev.] uppl., Lund: Studentlitteratur.
- Arshadi, M., Backlund, I., Geladi, P., Bergsten, U., 2013. Comparison of fatty and resin acid composition in boreal lodgepole pine and Scots pine for biorefinery applications. *Industrial Crops & Products*, 49, pp.535–541.
- Backlund, I. & Bergsten, U. 2012. Biomass production of dense direct-seeded lodgepole pine (*Pinus contorta*) at short rotation periods. *Silva Fennica* 46(4): 609–623.
- Bergsten, U., Sahlén, K., 2013. *Skogsskötselserien. 5, Sådd 2.,* omarb. uppl., Jönköping: Skogsstyrelsen
- Bergquist J., Claesson A., Eriksson A. & Fries F., 2010, Polytax 5/7 återväxttaxering, Jönköping, Skogsstyrelsen, Rapport 6, 2010.
- Boutelje, J.B. & Brundin, J., 1986. *Egenskaper hos sågat virke av svensk contortatall. En förstudie = Properties of sawn timber of pinus contorta planted in Sweden. A preliminary study*, Stockholm: Träteknikcentrum.
- Ekvall, H., Bostedt, G. & Skogsstyrelsen, 2009. *Skogsskötselserien. 18, Skogsskötselns ekonomi*, Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Elfving, Ericsson, & Rosvall. (2001). The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden — a review. *Forest Ecology and Management*, 141(1), 15-29.
- Elfving, B. & Norgren, O. (1993a). Volume yield superiority of lodgepole pine compared to scots pine in Sweden. I: Lindgren, D. (red), *Pinus contorta from untamed forest to domesticated crop, Proceedings of the IUFRO meeting and Frans Kempe Synopsium 1992, on Pinus contorta provinces and breeding*. Umeå: SLU Repro, ss. 69-80.
- Energimyndigheten (2018) <http://www.energimyndigheten.se/statistik/energiprisutveckling/?currentTab=1#mainheading> [Hämtad 2018-04-12]
- Farjon, A. 2013. *Pinus contorta. The IUCN Red List of Threatened Species 2013*: e.T42351A2974612. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42351A2974612.en>
- Fjellgren Valkeapää, Anja, 2016. Skogsbrukets hänsyn till rennäringen som riksintresse : contortatall i flyttleder = The consideration of Swedish forestry to reindeer herding as a national interest : lodgepole pine in migration routes. *Skogsbrukets hänsyn till rennäringen som riksintresse : contortatall i flyttleder = The consideration of Swedish forestry to reindeer herding as a national interest : lodgepole pine in migration routes*.
- Hagner, S., Pettersson, R., & Kungl. Skogs- och lantbruksakademien. (2005). *Skog i förändring : Vägen mot ett rationellt och hållbart skogsbruk i Norrland ca 1940-1990* (Skogs- och lantbrukshistoriska meddelanden, 34). Stockholm: Kungl. Skogs- och lantbruksakademien.
- Hagner, S., 1983. *Pinus contorta*: Sweden's third conifer. *Forest Ecology and Management*, 6(3), pp.185–199.
- Hannerz, M. & Skogsstyrelsen, 2016. *Skogsskötselserien . 15, Skogsskötsel för friluftsliv och rekreation*, Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Heureka Wiki (2014). *Users guide to PlanWise*. [https://www.heureka.slu.se/wiki/User%27s\\_guide\\_to\\_PlanWise](https://www.heureka.slu.se/wiki/User%27s_guide_to_PlanWise) [Hämtad 2018-04-05]
- Hyytiäinen, K. & Tahvonen, O., 2002. Economics of forest thinnings and rotation periods for Finnish conifer cultures. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17(3), pp.274–288.
- Håkansson, M., Larsson, M., Gutekunst, K., & Forskningsprogram Privatskogsbruk. (1998). *Skogsbrukets ekonomi*. Stockholm: LT.
- Heikkilä, J., Sirén, M., Ahtikoski, A., Hynynen, J., Sauvula, T. & Lehtonen, M. 2009. Energy wood thinning as a part of the stand management of Scots pine and Norway spruce. *Silva Fennica* 43(1): 129–146.
- Jansons, A., Neimane, U., Rieksts-Riekstins, J., 2013. Biomass production of young lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) stands in Latvia. *IForest*, 6 (2013), pp.10–14.
- Kardell, L., Eriksson, L. & Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig landskapsvård, 2009. *Contorta och bärris : analys av några försök 1981-2008*, Uppsala: Institutionen för skoglig landskapsvård, Sveriges lantbruksuniversitet.
- MySmp (2018). *Benefit Cost Ratio*. <http://www.mysmp.com/fundamental-analysis/benefit-cost-ratio.html> [Hämtad 2018-03-20]
- Nilsson, P. & Cory, N. (2010). *Skogsdata 2010, aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen.[Forestry statistics 2010]*. Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet.

- Nilsson, P. et al., 2017. Skogsdata 2017 : aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. Tema: Skogsmarkens kolförråd, Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Nilsson, P. et al., 2011. *Skogsdata : aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. 2011, Tema : Fält- och bottenskietsvegetation i Sveriges skogar*, Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU.
- Norgren, O., 1995. Growth differences between *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*. *Growth differences between Pinus sylvestris and Pinus contorta*. Sveriges lantbruksuniversitet 1995.
- Persson, A. & Norsk Forstmansforenings Temakonferanse "Contorta i Norsk Skogbruk" 1985. , pp.Contorta i norsk skogbruk. Norsk Forstmansforenings temakonferanse [np], 1985 s. 76–94. Contorta i norsk skogbruk. Norsk Forstmansforenings temakonferanse.
- Persson, Cecilia, 2008. Tillväxt och potentiell sågtimmerkvalitet i gallringsmogna jämförelseplanteringar med *Pinus contorta* och *P. sylvestris* = Growth and potential saw timber quality in comparison plantations with *Pinus contorta* and *P. sylvestris* at the stage of first thinning. *Tillväxt och potentiell sågtimmerkvalitet i gallringsmogna jämförelseplanteringar med Pinus contorta och P. sylvestris = Growth and potential saw timber quality in comparison plantations with Pinus contorta and P. sylvestris at the stage of first thinning*.
- Persson, O. & LRF skogsägarna, 2000. *Studiehandledning för lönsamt familjeskogsbruk*, Stockholm: LRF skogsägarna.
- Rosvall, O. & Skogforsk, 2007. *Tillväxthöjande skogsskötselåtgärder i privatskogsbruket : underlag för lönsamhetsberäkningar*, Uppsala: Skogforsk.
- Saraev V., Edwards D., Valatin G. (2017). *Timber, carbon and wind risk: towards an integrated model of optimal rotation length. A prototype model*. Forestry Commission Research Report.
- Skogforsk (2002). *Investeringskalkylering – metodbeskrivning*.  
<https://www.skogforsk.se/contentassets/d3e91f490b424ad08fd65cabb1ae15a2/arbetsrapport-500-2002.pdf> [Hämtad 2018-03-20]
- Skogskunskap (2016) Contortatall <https://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/foryngra/valj-tradslag-i-barrskogen/contortatall-pinus-contorta/>
- Skogsindustrierna (2015) <http://www.skogsindustrierna.se/skogsindustrin/skogsindustrin-i-korthet/skogsindustrins-betydelse/> [Hämtad 2018-02-20]
- Skogsstyrelsen. (2009). Regler om användning av främmande trädslag. Meddelande 2009:7.
- Skogsstyrelsen (2017). *Statistikdatabas*.  
<http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas/?rxid=45b507c1-e05a-4016-ab24-dedf3f181aab> [Hämtad 2018-03-02]
- SLU (2008). *About PlanWise*. [https://www.heureka.slu.se/wiki/About\\_PlanWise](https://www.heureka.slu.se/wiki/About_PlanWise) [Hämtad 2018-02-27]
- SLU (2017). *PlanWise*. <https://www.slu.se/institutioner/skoglig-resurshushallning/programprojekt/sha/heureka/heureka/planwise/> [Hämtad 2018-04-03]
- Sverige. Skogsstyrelsen, 2017. *Skogsvårdslagstiftningen : gällande regler 1 april 2017*, Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning, 2010. *Skogsdata : aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. 2010, Tema: Contortatall i Sverige*, Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU
- Sängstuvall et al., 2012. Simulation of harvester productivity in selective and boom-corridor thinning of young forests. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(1), pp.56–73.
- Ulvcrona, K.A. et al., 2015. Beslutsstöd för produktion av biomassa och uttag av bioenergi i unga skogar : slutrapport till Energimyndigheten(2011-003472) och Skogssällskapet [1112-95/154-10; LOMOL], Umeå: Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Vattenfall (2017). *Biomassa*. <https://corporate.vattenfall.se/om-energi/el-och-varmeproduktion/biomassa/> [Hämtad 2018-03-25]
- Wibe, S., Carlén, O. & Ekvall, H., 2009. *Skogsekonomi : en introduktion* Ny utg., Umeå: Institutionen för skogsekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Witzell, J. & Skogsstyrelsen, 2009. *Skogsskötselserien . 12, Skador på skog : Jönköping*: Skogsstyrelsen.

## Personlig kommunikation

Finnvid Prescher, fröchef på Svenska Skogsplantor. Via telefon. 2018-03-13.

Kandidatarbeten / Bachelor Thesis  
Inst. för skogsekonomi / Department of Forest Economics

1. Hallström, P. & Nylander, G. 2018. Ekonomisk analys av olika metoder att transportera flisad GROT från skogen till industrin via NLC Storuman. *An economic analysis of different methods of chipped logging residues transportation from the forest to the industry through NLC Storuman*
2. Boglind, G. & Gyllengahm, K. 2018. Lönsamhetsanalys av biomassa-fokuserad skötsel för contortatall – En ekonomisk analys av olika skötselstrategier. *Profitability analysis of biomass-focused management for lodgepole pine – An economic analysis of various silvicultural regimes*