ARBETSRAPPORT 963–2018

Gallring och slutavverkning av rotskott från hybridasp

Thinning and final felling of hybrid aspen suckers

Örjan Grönlund

skogforsk

Summary

Demand for biomass from trees is increasing, and this trend is expected to continue. One of the resources currently not fully utilised is biomass from small trees. These include trees from conventional forestry thinnings and trees planted on agricultural land for biomass production. This resource is not yet fully utilised because of the lack of efficient technology to enable a profitable management system.

There is currently good knowledge on what growth can be attained from hybrid aspen root suckers. However, a key issue to be resolved is the combination of management system and technical solutions that would enable utilisation of this volume production with good profitability.

The aim of the project was to compare productivity, costs and revenue in selective and geometric thinning and final felling of hybrid aspen at different ages. Another aim was to evaluate and propose how work methods and harvester heads can be modified to make them more suitable for harvesting biomass from hybrid aspen regenerated through root suckers.

This report presents the results from time studies of felling of second-generation hybrid aspen suckers using a Komatsu 901.4 fitted with a Bracke C16.c head. The study was based on an area of 1.1 hectares, divided between four treatments and 16 plots. Eight plots comprised 4-year-old hybrid aspen, where four plots were felled and four were thinned geometrically. The remaining eight plots comprised 8-year-old hybrid aspen that had been pre-commercially thinned in corridors four years earlier. Four of these were felled, while selective thinning was applied on the other four plots.

Felling method had no significant effect on total time per felled tonne dry matter (min/tonne DM) in each age class. However, there was a significant difference between the two age classes in terms of both time and stem size. The head used in the study was adapted for this type of felling, but because the felled stems were thin, and willingness to pay for the felled material is low, efficiency of both work method and felling technique must be improved before these measures can become profitable.

skogforsk

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se

©Skogforsk 2018
ISSN 1404-305X

Förord

Studien har genomförts med stöd från Stiftelsen Erik och Ellen Sökjer-Petersens stipendiefond som administreras av KSLA, kungl. Skogs- och Lantbruksakademien.

Uppsala 2017-12-20

Örjan Grönlund

Innehåll

Summary....2

Förord....3

Sammanfattning....6

Inledning....6
- Hybridasp i Sverige....6
- Skötsel av hybridasp....7

Syfte....7

Metod och material....7
- Försöksdesign....7
- Inmätning av försöksytor....9
- Studerat maskinsystem....10
- Statistiska analyser....11

Resultat....11

Diskussion....12
- Skillnader mellan metoderna....12
- Svårigheter i tillämpning av tilltänkt metod....12
- Ackumuleringsförmåga....13
- Lönsamhet....13
- Tidigare studier....14
- Utvecklingsbehov....14

Slutsats....14

Referenser....15

Bilaga A....17

Sammanfattning

Efterfrågan på biomassa från träd har ökat och förväntas fortsätta göra det även framöver. En resurs som i dag inte nyttjas fullt ut är biomassa från klena träd, vilket både kan vara träd från skogsbrukets konventionella gallringar och träd som planteras på jordbruksmark i syfte att producera biomassa. En kraftigt bidragande orsak till att dessa resurser inte nyttjas i större grad är de höga kostnaderna för uttagen.

I dag finns god kunskap om vilken tillväxt som kan uppnås i rotskott från hybridasp. Det man däremot inte har svar på är vilken kombination av skötselsystem och tekniska lösningar som möjliggör att ta tillvara på biomassan med god lönsamhet.

Projektets målsättning var att jämföra produktivitet, kostnader och intäkter vid selektiv respektive geometrisk gallring och slutavverkning av hybridasp vid olika ålder. Projektet syftade också till att utvärdera och föreslå hur arbetsmetoder och skördaraggregat kan modifieras för att bli bättre lämpade för biomassauttag i rotskottsföryngrad hybridasp.

Tidsstudier har genomförts när en Komatsu 901.4 utrustad med Bracke C16.c-aggregat avverkat andra generationens hybridaspskott. Studien omfattade totalt 1,1 hektar fördelat mellan fyra behandlingar och 16 försöksytor. Åtta försöksytor bestod av 4-årig hybridasp. Fyra av dessa totalavverkades och fyra gallrades geometriskt. Resterande åtta försöksytor hade 8-årig hybridasp som stråkröjts fyra år tidigare. Av dessa totalavverkades fyra, medan selektiv gallring genomfördes på de andra fyra försöksytorna.

Resultatet visar att avverkningsmetoden inte hade någon signifikant effekt på total tidsåtgång per avverkat ton torrsubstans (min/ton TS) inom respektive åldersklass. Däremot syntes en signifikant effekt av både stamstorlek och tidsåtgång mellan de två åldersklasserna. Aggregatet som användes var väl anpassat för denna typ av avverkning, men eftersom de avverkade stammarna var klena och betalningsviljan för det avverkade materialet är låg krävs ytterligare effektiviseringar av såväl arbetsmetod som avverkningsteknik för att uppnå lönsamhet i dessa åtgärder.

Inledning

Uttaget av biomassa från skogen har ökat under lång tid och utgör i dag drygt 20 procent av den svenska energianvändningen (Energimyndigheten, 2016). Förväntningarna är att ökningen kommer att fortsätta och att användningen också breddas till nya produkter och marknader. Utvecklingen stämmer väl överens med internationella klimatöverenskommelser och nationella klimatmål (European Commission, 2015; IEA, 2013; Nordenergi, 2010). En outnyttjad potential är klena stammar som avverkas för energiändamål (Ebenhard m.fl., 2017; Fernandez-Lacruz m.fl., 2015; Rytter m.fl., 2015). Dessa volymer kan förenklat sägas komma från två olika källor:

1) avverkning av klena träd inom skogsbruket eller
2) energiskogsodling inom jordbruket.

En kraftigt bidragande orsak till att dessa resurser inte nyttjas i större grad är de höga kostnaderna för uttagen.

I skogsbrukets konventionella gallringar och avverkningar har de enskilda träden ett relativt stort värde. De kan därmed hanteras individuellt och bära den högre kostnad per träd som detta innebär. I tidiga gallringar är värdet på träden lägre och en individuell hantering riskerar att ge kostnader som är större än trädens värde. Åtgärder kan trots detta vara ekonomiskt försvarbara, eftersom de bidrar till en framtida värdeökning i det kvarstående beståndet.

HYBRIDASP I SVERIGE

I energiinriktad odling används främst två släkten av träd, *Salix* och *Populus*. De två släktena har olika möjligheter och utmaningar. I Salix-odling kan skörden av klena stubbskott genomföras med en skördetröska (Salix-skördare), som anpassats till Salix-planteringar där stubbskotten står i raka rader. För Populus-arter (hybridasp), som producerar väl utspridda rotskott, är existerande Salix-skördare inte lämpliga. Dessutom är rotskotten i ett hybridaspbestånd redan efter några års tillväxt för grova för att hanteras med skördetröska.

Planteringar av hybridasp (*Populus tremula × P. tremuloides*) har ökat i södra Sverige, delvis som en effekt av den ökade efterfrågan. Främst har ökningen skett på åkermark, men efter stormarna under 2005 och 2007 planterades även hybridasp på skogsmark. Trädslaget har en tidig och hög tillväxt och är ett av de mest snabbväxande i landet (Tullus m.fl., 2013; Elfving, 1986; Eriksson, 1984). Etableringskostnaden är relativt hög på grund av ett högt plantpris och att viltstängsel nästan alltid är nödvändigt. Efter avverkning av de planterade träden kommer däremot en andra generation upp av sig själv, genom en stor produktion av rotskott. Det blir ofta över 50 000 skott per hektar (Mc Carthy & Rytter, 2015).

SKÖTSEL AV HYBRIDASP

Att tidigt reducera stamantalet i täta hybridaspbestånd, helst i flera steg, är av stor vikt för den framtida utvecklingen av de kvarvarande träden och för att undvika självgallring. En första röjning eller gallring som reducerar antalet stammar med 60–90 procent redan ett par år efter avverkning kan medföra att de kvarvarande träden utvecklas till ett konventionellt skogsproduktionsbestånd med snabb diameterutveckling (Rytter & Rytter, 2017; Mc Carthy & Rytter, 2015). I de bestånd som röjts kan sedan en ytterligare röjning eller gallring genomföras efter några år för att skapa ett bestånd som senare kan producera stammar med timmerdimensioner.

Tillväxten per hektar kan vara väldigt hög i rotskottbestånd av hybridasp, men ett lönsamt skötselsystem är beroende av teknik som möjliggör uttag av biomassa till en rimlig kostnad. Tidigare tester av existerande teknik för avverkning av energiskog har visat på väldigt höga kostnader för maskinella åtgärder i de täta och klena beståndden vid förstaröjning. Detta har främst orsakats av låg kapacitet för ackumulering i avverkningsaggregaten (Di Fulvio m.fl., 2012; Bergkvist & Fogdestam, 2011; Bergkvist & Norden, 2005).

I dag finns god kunskap om vilken tillväxt som kan uppnås i rotskott från hybridasp. En central fråga som däremot kvarstår är vilken kombination av skötselsystem och tekniska lösningar som möjliggör att denna volymproduktion kan tas tillvara med god lönsamhet.

Syfte

Projektets målsättning var att jämföra produktivitet, kostnader och intäkter vid selektiv respektive geometrisk gallring samt slutavverkning av hybridasp vid olika ålder. Projektet syftade också till att utvärdera och föreslå hur arbetsmetoder och skördaraggregat kan modifieras för att bli bättre lämpade för biomassauttag i rotskottsföryngrad hybridasp.

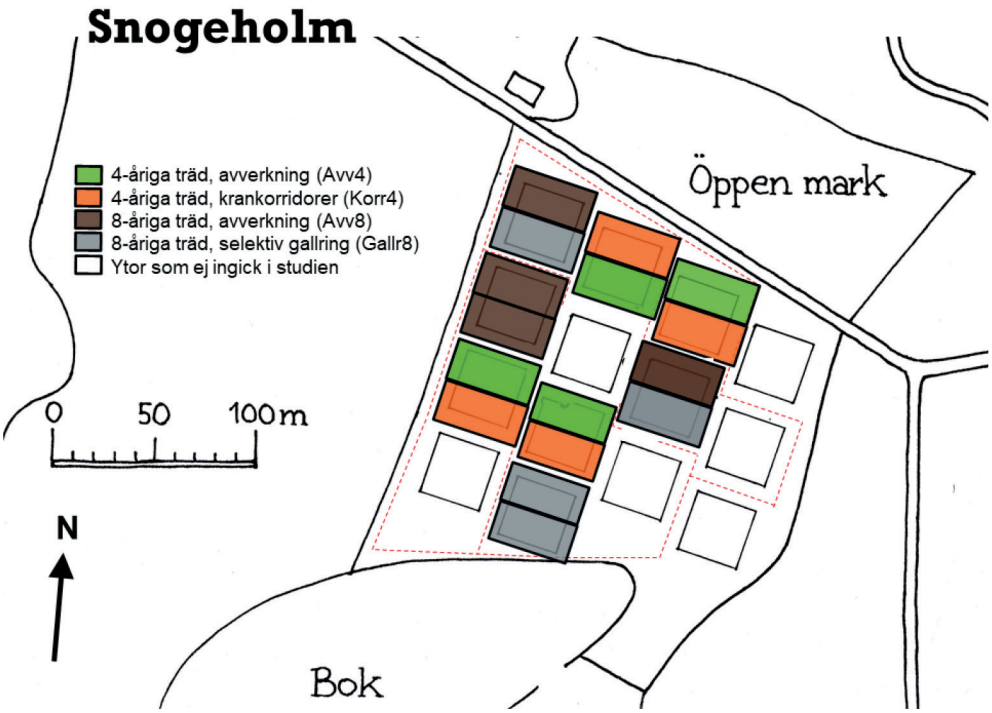
Metod och material

Studien gjordes på en lokal på godset Snogeholm i Sjöbo kommun, Skåne (55°33'N 12°43'E) i dagsljus 6–10 februari 2017. Temperaturen var mellan 0 och - 5°C med 0–15 cm snö, utan upplega. Vädret i kombination med den kraftiga rotbädden i beståndet gav marken hög bärighet. Inga körskador observerades i samband med avverkningen.

FÖRSÖKSDESIGN

Försöksbeståndet anlades 1998 då 1-åriga hybridaspplantor sattes i tre meters kvadratförband. Beståndet totalavverkades vintern 2008/2009, vilket var inledningen på ett tillväxtförsök på trakten. Beståndet omfattar 3,5 hektar som delats in i 14 ytor för att

utvärdera effekter på tillväxt av olika skötselsystem (Rytter & Rytter, 2017; Rytter & Mc Carthy, 2016). Varje nettoparcell i tillväxtförsöket var 30×30 meter, men ytorna hade även en buffertzon för att undvika kanteffekter, vilket ökade storleken på bruttoytorna till 40×40 meter. Vintern 2012/2013 stråkröjdes fyra av ytorna medan fyra totalavverkades. I denna rapport återges resultaten vid gallring och avverkning på dessa åtta ytor. Inför det försök som återges i denna rapport delades de åtta ytorna på mitten för att få totalt 16 rektangulära försöksytor (Figur 1). De 16 försöksytorna var i medeltal 27×19 meter.



Figur 1. Skiss över försökets 16 ytor och de behandlingar som ingick i försöket.

Försöksytorna delades in i fyra behandlingar, som vardera upprepades fyra gånger (Avv4, Korr4, Avv8, Gallr8) (Tabell 1 och Figur 2).

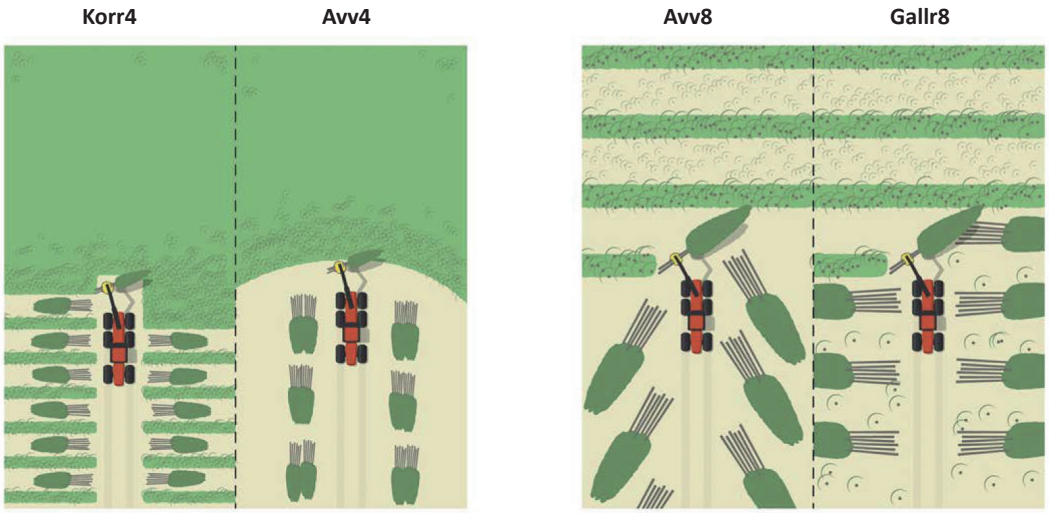
Tabell 1. Beståndshistorik för studerade behandlingar.

Beteckkning	Åtgärd 2008	Åtgärd 2012	Åtgärd 2017	Antal ytor
4-årig, avverkning (Avv4)	Avverkning	Avverkning	Avverkning	4
4-årig, korridor (Korr4)	Avverkning	Avverkning	Korridorgallring	4
8-årig, avverkning (Avv8)	Avverkning	Stråkröjning	Avverkning	4
8-årig selektiv gallring 8-10-årig (Gallr8)	Avverkning	Stråkröjning	Gallring	4

I respektive behandling var instruktionen, den använda arbetsmetoden och hanteringen av avverkade stammar följande (illustrerat i Figur 2):

- Avv4: Avverka samtliga stammar.
- Korr4: Avverka två meter breda korridorer vinkelräta mot stickvägen och lämna en meter breda trädstråk mellan korridorerna.
- Avv8: Avverka samtliga stammar.
- Gallr8: Selektiv låggallring i syfte att lämna mellan 600–800 jämnt fördelade stammar per hektar efter åtgärd.

Samtliga avverkade stammar lades okapade i högar längs stickvägen. Riktningen på högarna påverkades av behandlingen (Figur 2).



Figur 2. Schematisk skiss över försökets fyra behandlingar.

INMÄTNING AV FÖRSÖKSYTOR

Under hösten 2016 gjordes inmätningar av försöksytorna. På varje yta med 4-åriga träd mättes diameter på samtliga stammar i tre cirkelprovytor med 1,78 meters radie (3×10 m²). Inom respektive yta med 8-åriga träd registrerades diametrar på samtliga stammar inom sex rektanglar. Dessa rektanglar var tre meter långa i vågrät riktning enligt Figur 2. Bredden på rektanglarna var ca fem meter och täckte en trädrad och halva mellanrummet till intilliggande trädrader. Inmätningarna höll isär levande och döda stammar och i de 8-åriga ytorna särskildes träd som växte i de tidigare röjda stråken från de som växte i de tidigare oröjda trädraderna.

För att beräkna trädens torrvikt fälldes 20–30 träd av varierande storlek från respektive ålder. Stamtrissor togs ut på varannan meter med början i stubbskäret. Trissorna diameterbestämdes och deras volym uppskattades med våtdeplacementmetoden (Olesen, 1971). Trissorna torkades i 85°C varpå torrvikten noterades. Förfarandet gjorde det möjligt att bestämma skottens vikt med hjälp av deras volym och veddensitet. Mer detaljer om inmätning och volymbestämning återfinns i Rytter och Rytter (2017). I och med att inmätningarna registrerade växtplats, ålder och vitalitet på träden beräknades beståndsdata utifrån de typer av träd som till största del ingick i uttaget. För de 4-åriga träden presenteras alla stammar medan för de 8-åriga ytorna presenteras endast stammar som

lämnades kvar vid stråkröjningen 2008/2009, det vill säga stammar som vid avverkningstillfället var åtta år (Tabell 2). I de 8-åriga ytorna liknade övriga stammar underväxt i konventionella åtgärder. De begränsade sikten en aning och gjorde det svårare för föraren att sätta an stammarna.

Tabell 2. Beståndsegenskaper innan åtgärd.

Beståndstyp	4-årigt	8-årigt
Stamantal (st/ha)	82 715	12 430
Medeldiameter (cm)	1,82	4,45
Grundytevägd medeldiameter (cm)	2,30	5,25
Medelhöjd (m)	4,67	8,28
Grundyta (m²/ha)	34,2	26,0
Stående biomassa (ton TS/ha)	52,48	62,71
Torrvikt per träd (kg/stam)	0,63	5,04

Storleken på den totala avverkade arealen i varje delyta bestämdes med en högupplöst GPS (Topcon GRS-1 med mjukvaran Magnetic Field). Genom att förutsätta att inmätningens uppgifter om stamantal och stående biomassa var jämnt fördelade över ytorna användes den avverkade arealen för att bestämma det totala uttaget, även på de ytor som inte totalavverkades. Denna mätning användes också för att få fram stickvägslängd i respektive delyta. Vid behandling Korr4 användes GPS-utrustningen dessutom för att fastställa de avverkade korridorernas bredd och djup. I behandling *Gallr8* bestämdes det totala uttaget genom att volymen på samtliga kvarvarande stammar fastställdes och subtraherades från den volym som vid inmätningen bestämdes stå på ytan.

STUDERAT MASKINSYSTEM

Avverkningen gjordes med en Komatsu 901.4 utrustad med ett Bracke C16.c (ca 50 timmars driftstid) och en tiometers kran med enkelt utskjut. Aggregatet har en 3/4” kedja fäst på en roterande skiva som skjuts fram för avverkning och, förutom konventionella griparmar, ett par ackumuleringsarmar. Kombinationen av roterande skiva och ackumuleringsarmar är anpassningar för att kunna genomföra avverkning och ackumulering av många klena stammar.

Föraren i studien hade lång erfarenhet av både avverkning och skotning. Under de senaste åren hade personen kört den studerade skördaren, utrustad med ett klippande aggregat, där det huvudsakliga arbetsområdet varit vägkantsröjning och avverkning av åkerkanter. Innan studien diskuterades arbetsmetodiken och föraren gavs tillfälle att prova olika metoder i en del av försöksbeståndet som inte ingick i studien.

Avverkningsarbetet tidsstuderades och delades in i sju arbetsmoment. Om mer än ett arbetsmoment pågick samtidigt registrerades det med högst prioritet (Bilaga A, Tabell 4). I analysen grupperades tidsåtgången för ett antal besläktade arbetsmoment för att underlätta presentationen av resultaten; arbetsmomenten Kran ut, Avverkning/ackumulering och Kran in samlades under benämningen *Kranarbete*, arbetsmomenten *Fälla/lägga* och *Övrigt* samlades under *Fällning* och *Förflyttning mellan uppställningsplatser* benämns *Förflyttning*. Under tidsstudien gjordes dessutom en uppskattning av antalet stammar som avverkades i respektive krancykel, men på grund av den höga stamtätheten, goda ackumuleringsförmågan och att många stammar var väldigt klena bedöms denna skattning som högst osäker.

Vid tidsstudien registrerades stillestånd och störningar, men i analyserna presenteras endast effektiv arbetstid utan stillestånd (G_0-tid). Tidsåtgången är angiven i minuter per avverkat ton torrsubstans (min/ton TS) och prestation i ton torrsubstans per effektiv arbetstimme (ton TS/G_0h).

STATISTISKA ANALYSER

Värdena i resultaten presenteras som minsta-kvadrat-medelvärden, där normering gjorts på medelstamsvikten i respektive åldersklass för de fyra ytorna som genomgått samma behandling. Rapportens statistiska analyser gjordes med SAS Enterprise Guide 6.1 och resultat med $p<0,05$ betraktades som signifikanta.

I och med att uttagsmetoderna inte tillämpades parvis gjordes de statistiska analyserna med ANCOVA-modellen, där den avverkade medelstamsvikten användes som kovariat. Analyserna bestod av tre huvudsakliga hypoteser som testades genom ANCOVA-modellen för skillnaden i tidsåtgång per avverkat ton torrsubstans:

1. Tidsåtgången för avverkning i Avv4=Korr4
2. Tidsåtgången för avverkning i Avv8=Gallr8
3. Tidsåtgången för avverkning i Avv4=Avv8

Resultat

Totalt avverkades/gallrades 1,11 hektar och tidsstudien omfattade 10,2 G_0h avverknings-arbete.

På *Korr4*-ytorna avverkades i genomsnitt 62 procent av arealen, vilket motsvarade 32,5 ton TS/ha. I zonen mellan stickvägarna avverkades i genomsnitt 51 procent av arealen. Det var mindre än de 66 procent som avsågs i instruktionen. I *Avv4*-ytorna var uttaget 54,48 ton TS/ha.

På *Gallr8*-ytorna avverkades i genomsnitt 94 procent av stammarna och 69 procent av den stående volymen, vilket i genomsnitt motsvarade 40,7 ton TS/ha. Här nåddes målsät-tningen (600–800 stammar/ha) från instruktionen angående antalet kvarstående träd. I medeltal lämnades 659 stammar per hektar. I *Avv8*-ytorna var uttaget 62,71 ton TS/ha.

Skillnaden i tidsåtgång mellan uttagsmetoderna inom respektive åldersklass var inte signifikant. Det enda undantaget var i *Korr4* där betydligt mer tid användes för *Förflytt-ning* än i *Avv4*. Den avverkade medelstamsvikten hade däremot en signifikant effekt på skillnaderna mellan alla arbetsmoment, förutom vid Läggning för båda åldersgrupperna (Tabell 3).

Tabell 3. Tidsåtgång i minuter per avverkat ton torrvikt för olika grupper av arbetsmoment och totaler, fördelat på försökets fyra behandlingar samt om medelstamsvikten har signifikant effekt på förklaringen av skillnaden. *=(p<0,05)

	Avv4	Korr4	Skillnad	Medelstamseffekt
Krankörning	23,68	22,20	-1,48	*
Läggning	1,26	1,25	-0,01	
Förflyttning	0,63	1,32	+0,69*	*
Total	25,58	24,77	-0,81	*
	Avv8	**Gallr8**	**Skillnad**	**Medelstamseffekt**
Krankörning	13,16	13,12	-0,04	*
Läggning	1,23	1,59	+0,36	
Förflyttning	0,60	0,78	+0,18	*
Total	14,98	15,49	+0,51	*

Skillnaden i tidsåtgång mellan åldersklasserna (*Avv4* och *Avv8*) var tydligt signifikant (p=0,01). Förutom de statistiskt signifikanta skillnaderna var den nominella skillnaden i tidsåtgång för *Krankörning* mellan uttagsmetoderna på de 4-åriga ytorna och för *Läggning* på de 8-åriga ytorna noterbar.

Diskussion

SKILLNADER MELLAN METODERNA

Skillnaden i tidsåtgång mellan de olika uttagsmetoderna inom respektive åldersklass var inte signifikant, vilket kan bero på att ett väldigt stort antal stammar avverkades på alla ytor. Uttaget var 9 630–86 064 stammar per hektar och som minst avverkades 57 procent av stammarna. Det stora uttaget gör att det fanns relativt få kvarstående stammar att ta hänsyn till och effekter som vanligtvis skiljer gallring och slutavverkning åt, såsom mer förflyttning av maskin och kran, blir marginella.

Den enda signifikanta skillnaden i tidsåtgång inom respektive åldersklass var *Förflyttning* inom de 4-åriga ytorna. En trolig förklaring till denna skillnad var arbetsmetoden på Korr4-ytorna som innebar att avverkningen gjordes vinkelrätt mot maskinen. Detta skapade en utmaning för föraren, både vad gäller att inleda avverkningen i respektive korridor och att genomföra läggningen av materialet. Delar av detta manövrerande kunde inte göras med kranen utan förutsatte att föraren backade med maskinen för att därefter kunna genomföra rörelserna.

SVÅRIGHETER I TILLÄMPNING AV TILLTÄNKT METOD

I planeringen av studien och inledande diskussioner med maskinföraren var förhoppningen att arbetsmetoden i *Korr4*-ytorna skulle innebära att avverkningen av träden kunde ske samtidigt som aggregatet fördes från maskinen och uppnå maximal ackumulering vid full kranlängd. Därefter skulle aggregatet kunna tippas samtidigt som kranen fördes mot maskinen. Men de väldigt täta bestånden gjorde denna metod svår att tillämpa. Lösningen blev istället oftast att en smal korridor avverkades till full kranlängd och att materialet efter en maskinförflyttning lades i en korridor som redan hade avverkats. Detta innebar ökad tidsåtgång jämfört med den planerade arbetsmetodiken i både *Läggning* och *Förflyttning*.

Möjligen skulle tidsåtgången kunna ha minskats om flera korridorer avverkades från samma uppställningsplats i det solfjädermönster som ofta testas vid krankorridorgallring, se exv. Grönlund m.fl. (2015) och Bergström m.fl. (2007). Invändningen mot solfjädermönster är att det leder till överlapp mellan korridorerna som ger ”tomkörning” av aggregatet samt att allt annat än arbete vinkelrätt mot maskinen sker på ”icke-maximalt” avstånd från stickvägen, vilket i sin tur leder till tätare stickvägsavstånd eller ogallrade mellanzoner.

I *Gallr8*-ytorna var det naturliga sättet att lägga de avverkade stammarna vinkelrätt mot stickvägen i de tidigare röjda stråk som fanns på ytorna. I och med att dessa stammar var så pass långa (i medeltal 8,3 meter men i många fall över 10 meter) ledde det till att topparna på stammarna nådde längre än kranens räckvidd och därmed kom utanför försöksytan. Detta orsakade ett överlapp med topparna från intilliggande stickväg, vilket kan ha medfört en negativ effekt på produktiviteten genom ökad tidsåtgång för arbetsmomentet *Läggning* och ökad tidsåtgång i skotningen.

Diameterspridningen i båda åldersklasserna var stor och ledde till vissa drivningstekniska utmaningar främst i de 8-åriga ytorna. De stammar som växt upp i de tidigare röjda stråken var klena, men skapade problem vid nerläggning av de avverkade stammarna. Detta gjorde att föraren använde fällhuvudet till att utföra röjning i de mest tätbevuxna delarna av dessa stråk. Denna röjning var mer behövlig i *Gallr8*-ytorna, eftersom de fällda träden lades i de tidigare röjda stråken. I *Avv8*-ytorna medförde de klena stammarna mindre problem. Aggregatet anses vara lämpat för röjning av klena stammar och bedömdes inte innebära en stor tidsåtgång.

ACKUMULERINGSFÖRMÅGA

Vid studien gjordes en ansats att registrera antalet stammar som avverkades för att uppskatta ackumuleringsförmågan i det använda fällhuvudet. Trots att hybridasp inte växer i stubbskott och grupper gjorde den höga stamtätheten och de små stammarna att det var väldigt svårt att skatta antalet träd i aggregatet. Jämfört med data från inmätningar av stamantal registrerades endast 39 procent av de avverkade 4-åriga stammarna och 98 procent av de 8-åriga stammarna i tidsstudien. Vid avverkning av de 4-åriga ytorna registrerades i genomsnitt 8,1 stammar per krancykel och motsvarande siffra för de 8-åriga ytorna var 1,9 stammar per krancykel. Utifrån tidigare resonemang borde ackumuleringen varit i genomsnitt 21 stammar per krancykel i de 4-åriga ytorna. Det högsta antal som registrerades var 60 stammar i en och samma krancykel. Vilka de faktiska siffrorna var är svårt att uttala sig om, men sammanfattningsvis var förmågan till ackumulering i det använda fällhuvudet god, vilket även tidigare studier har visat på, se exempelvis Di Fulvio m.fl. (2012), Iwarsson Wide (2009a) och Iwarsson Wide (2009b).

LÖNSAMHET

Prestationen i avverkningen var i genomsnitt 2,38 ton TS/G_0h i de 4-åriga ytorna och 3,94 ton TS/G_0h i de 8-åriga ytorna. Om skördaren kostar 1 200 kronor per timme blir skördarkostnaden 504 respektive 305 kr per ton TS. Under antagandet att 1 ton TS lövstamved motsvarar 4,85 MWh (Skogforsk, 2016) och att det ej sönderdelade materialet vid vägkant är värt 65 kr/MWh, blir värdet på materialet 315 kr per ton TS. Det innebär att åtgärden inte är lönsam. I de 8-åriga ytorna täcker materialet kostnaderna för skördarens arbetstid i avverkningen men inte stillestånd, maskinflytt eller skotning. Möjligheten skulle i detta fall vara att de kvarstående stammarna på *Gallr8*-ytorna ger en framtida

intäkt som väger upp den kostnad som åtgärden innebär. Då det i dagsläget inte finns avsättning för asptimmer är detta inte att betrakta som ett troligt scenario.

TIDIGARE STUDIER

Den observerade prestationen för avverkning av hybridasp är jämförbar med vad som observerats i tidigare studier vid avverkning av snabbväxande trädslag. Beroende på stamstorlek och valet av utrustning har prestation mellan 0,3–6,7 ton TS/G_0h observerats (Di Fulvio m.fl., 2012; Bergkvist & Fogdestam, 2011). Effekten av storleken på de avverkade stammarna är i linje med vad som kan förväntas även i skogsbrukets konventionella gallringar (Brunberg, 1997).

I detta försök studerades inte skotningen av de avverkade träden. Detta beror på att tidigare studier av avverkning av klena stammar visat på att skotningen endast utgör en liten del av den totala avverkningskostnaden (Grönlund & Iwarsson Wide, 2015; Iwarsson Wide, 2009b) och att skotning av hybridasp inte bör skilja sig från skotning av små träd av andra trädslag, vilket är väl studerat.

UTVECKLINGSBEHOV

Utmaningen i avverkningar är att aggregatet och därmed skördaren ska användas för avverkning så stor del av tiden som möjligt. När de 4-åriga bestånden avverkades begränsades detta, dels av att aggregatets funktionalitet förutsatte att stammar greppades av ackumuleringsarmarna innan de kunde avskiljas och dels av att extra maskinförflyttningar och krankörning behövdes i *Korr4*-ytorna. I de 8-åriga ytorna gjorde de höga och tätt växande träden med yviga kronor ackumuleringsgraden betydligt lägre och försvårade krankörningen. I främst de 4-åriga bestånden skulle ett aggregat med än bättre ackumuleringsförmåga kunna bidra till ökad prestation. I dessa bestånd kan också en annan struktur för krankorridorernas placering övervägas.

Slutsats

Studiens slutsats är att uttagsmetoden inte hade en signifikant inverkan på prestationen, vilket däremot storleken på de avverkade träden hade. Maskinen som användes i studien var väl lämpad för ändamålet, men åtgärderna innebär trots detta en kostnad. Pågående utvecklingsprojekt av tekniska lösningar fortlöper och kan troligtvis bidra till att sänka kostnaderna och möjligtvis göra skötsel av hybridasp lönsamt.

Referenser

Bergkvist, I. & Fogdestam, N. (2011). Slutrapport - Teknik och metoder vid energiuttag i korridorer. (Arbetsrapport från Skogforsk, 752). Uppsala.

Bergkvist, I. & Norden, B. (2005). Geometrisk röjning i stråk – maskinstudier av tre koncept i stråkröjning. (Arbetsrapport från Skogforsk, 588). Uppsala.

Bergstrom, D., Bergsten, U., Nordfjell, T. & Lundmark, T. (2007). Simulation of geometric thinning systems and their time requirements for young forests. Silva Fennica, 41(1), p. 137.

Brunberg, T. (1997). Basic data for productivity norms for single-grip harvesters in thinning - Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. (Redogörelse från Skogforsk, 8). Uppsala.

Di Fulvio, F., Bergstrom, D., Kons, K. & Nordfjell, T. (2012). Productivity and Profitability of Forest Machines in the Harvesting of Normal and Overgrown Willow Plantations. Croatian Journal of Forest Engineering, 33(1), pp. 25-37.

Ebenhard, T., Forsberg, M., Lind, T., Nilsson, D., Andersson, R., Emanuelsson, U., Eriksson, L., Hultåker, O., Iwarsson Wide, M. & Ståhl, G. (2017). Environmental effects of brushwood harvesting for bioenergy. Forest Ecology and Management, 383, pp. 85-98.

Elfving, B. (1986). Odlingsvärdet av björk, asp och al på nedlagd jordbruksmark i Sydsverige. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift, 5, s. 10.

Energimyndigheten Statistik om energiproduktion. Available at: http://www.energimyndigheten.se/statistik/energibalans/?currentTab=1#mainheading [2016-09-14].

Eriksson, H. (1984). Yield of aspen and poplars in Sweden [Populus tremula, Populus tremula × Populus tremuloides]. Papers dedicated to Professor Gustaf Sirén for his contributions in the field of biomass research. (Report). Uppsala.

European Commission (2015). The Paris Protocol – A blueprint for tackling global climate change beyond 2020. Brussels.

Fernandez-Lacruz, R., Di Fulvio, F., Athanassiadis, D., Bergström, D. & Nordfjell, T. (2015). Distribution, characteristics and potential of biomass-dense thinning forests in Sweden. Silva Fennica, 49(5).

Grönlund, Ö., Bergström, D., Iwarsson Wide, M. & Eliasson, L. (2015). Flowcut aggregat för klenträd - ett första test. Skogforsk.se, 2015(145). Tillgänglig på: http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2015/forsta-falttestet-av-flowcut-ett-fallaggregat-for-kontinuerlig-avskiljning-och-ackumulering-av-klentrad/

Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. (2015). Uttag av skogsbränsle vid avveckling av lågskärmar av björk - Harvest of forest fuel in birch shelterweood removal. (Arbetsrapport från Skogforsk, 875). Uppsala.

IEA (2013). Nordic energy technology perspectives – Pathways to a carbon neutral energy future. (IEA publication. Paris.

Iwarsson Wide, M. (2009a). Skogsbränsleuttag i vägkanter, prestationsstudie – uttag av skogsbränsle i vägkant med Bracke C16. (Arbetsrapport från Skogforsk, 695). Uppsala.

Iwarsson Wide, M. (2009b). Skogsbränsleuttag med Bracke C16. Bränsleuttag med Bracke C16 i tall- respektive barrblandskog. (Arbetsrapport från Skogforsk, 682).

Mc Carthy, R. & Rytter, L. (2015). Productivity and thinning effects in hybrid aspen root sucker stands. Forest Ecology and Management, 354, pp. 215-223.

Nordenergi (2010). A CO2-neutral vision for the Nordic countries for 2050 – The Nordic perspective. (Nordenergi Secretariat. Frederiksberg.

Olesen, P.O. (1971). The Water Displacement Method a Fast and Accurate Method of Determining the Green Volume of Wood Samples: Akad. forl. Tillgänglig på: https://books.google.se/books?id=Lil-XwAACAAJ

Rytter, L., Andreassen, K., Bergh, J., Ekö, P.-M., Gronholm, T., Kilpeläinen, A., Lazdina, D., Muiate, P. & Nord-Larsen, T. (2015). Availability of Biomass for Energy Purposes in Nordic and Baltic Countries. Baltic Fores, 21(2), p. 15.

Rytter, L. & Mc Carthy, R. (2016). Uthållig produktion av hybridasp efter skörd - Slut-rapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. Sustainable production of hybrid aspen after harvest - Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346. (Arbetsrapport från Skogforsk, 898). Uppsala.

Rytter, L. & Rytter, R.-M. (2017). Productivity and sustainability of hybrid aspen (Populus tremula L.×P. Tremuloides Michx.) root sucker stands with varying management strategies. Forest Ecology and Management, 401(Supplement C), pp. 223-232.

Skogforsk (2016). WeCalc. [Datorprogram]: Skogforsk. Tillgänglig på: https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/wecalc/

Tullus, H., Tullus, A. & Rytter, L. (2013). Short-rotation Forestry for Supplying Biomass for Energy Production. In: Kellomäki, S., Kilpeläinen, A. & Alam, A. (eds) Forest BioEnergy Production: Management, Carbon sequestration and Adaptation. New York, NY: Springer New York, pp. 39-56. Tillgänglig på: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8391-5_3

Bilaga A

Tabell 4. Definition och prioritet av arbetsmoment som användes vid tidsstudie av avverkning.

Arbetsmoment	Definition	Prioritet
KRANARBETE		
Kran ut	Från det att kranen inleder rörelsen ut från maskinen tills det att arbetsmoment med högre prioritet inleds eller att kranrörelsen stannar.	1
Avverkning/ackumulering	Från det att aggregatet är ca 1 meter från första stam som ska avverkas tills det att sista ackumuleringen i denna krancykel avslutats.	2
Kran in	Inleds då sista stammen avverkats och kranen inleder en rörelse mot maskinen.	2
FÄLLNING		
Fälla//lägga	Inleds då aggregatet inleder tiltning och avslutas då materialet lagts på marken och griparmarna åter stängts.	1
Övrigt	Effektiv arbetstid som inte ingår i ovan nämnda arbetsmoment.	3
FÖRFLYTTNING		
Förflyttning mellan uppställningsplatser	Då hjulen rullar och inget moment med högre prioritet pågår.	4
Störning	Icke-produktiv tid, inkluderas inte i analysen	-