

Avverkning med Flowcut i täta ungskogar på Hornsö

Örjan Grönlund, Henrik von Hofsten, Maria Iwarsson



Avverkning med Flowcut i en naturvårdsåtgärd där underväxande träd (främst gran) avverkas för att upprätthålla områdets biologiska mångfald. Foto: Örjan Grönlund.

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning.....	4
Inledning	5
Material och metod.....	5
Resultat	7
Diskussion	8
Referenser	10



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

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts den 6 september 2021 av Maria Iwarsson Wide, Programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 17 september 2021.

Redaktör: Hanna Andtbacka, hanna.andtbacka@skogforsk.se
©Skogforsk 2021 ISSN 1404-305X

Förord

Vi vill rikta ett stort tack till Lennart Jansson, Mekfab Engineering, som uthålligt drivit och praktiskt genomfört projektet – från vision till prototyper - med stöd och insatser från projektets testvärdar vid Sveaskog respektive SCA samt representanter från forskningen vid Skogforsk och SLU. Projektet har bestått av ett nära samarbete inom den mindre projektgruppen, men utgår från en ”beställning” som formulerats av en samverkansgrupp kring klenträdsteknik vid Skogforsk.

Projektet har genomförts av Skogforsk med ekonomiskt stöd från Energimyndigheten och egeninsatser främst från Mekfab Engineering men också från Sveaskog, SCA och Skogforsk. Studierna genomfördes under 2019 och var planerade som en del av ett mer omfattande arbete. Men på grund av sjukdom i projektgruppen försenades och slutligen avbröts projektet. Resultaten från det arbete som genomförts redovisas i stället i denna arbetsrapport.

Uppsala, september 2021

Örjan Grönlund, Henrik von Hofsten & Mia Iwarsson Wide

Sammanfattning

Aggregatet Flowcut har utvecklats i syfte att genomföra kontinuerlig avverkning och ackumulering av klena träd. Utvecklingen sker löpande och en ny studie har genomförts i syfte att beskriva dess funktionalitet och tillämpningsområde i nuvarande form. Tidsstudier av aggregatet har genomförts vid gallring på sex studietor fördelade på 0,7 hektar. Den effektivitet som observerades var högre än vad som tidigare visats med Flowcut och andelen skador i det kvarvarande beståndet var låg. Studien visar på att utvecklingen av aggregatet har kommit långt, men identifierar också vikten av en arbetsmetodik som är anpassad för åtgärden och aggregatet.

Inledning

Skördaraggregatet Flowcut har utvecklats för att utföra kontinuerlig avverkning och ackumulering av klena träd. Målsättningen är att aggregatet ska kunna användas både vid avverkning i krankorridorer, längs vägkanter och i gallring med mer selektiva inslag, även om det sker i form av ytavverkning, där en yta eller sektion i beståndet totalavverkas.

Den första testbänksversionen av aggregatet började konstrueras 2013. Inledningsvis undersöktes om matarband skulle kunna användas för kontinuerlig ackumulering. Denna teknik övergavs till förmån för ackumuleringsarmar anpassade för ackumulering av ett stort antal klena träd. Avskiljningen gjordes inledningsvis med ett fast monterat 700 millimeter sågsvärd med $\frac{3}{4}$ " kedja. Sedan 2015 har utvecklingen skett i två spår, med skillnaden gällande avskiljningen. Utöver modellen med sågsvärdsmodellen som har en öppning på 800 millimeter (Flowcut 800) har också en modell utvecklats med en sågklinga med 1000 millimeter diameter (Flowcut 1000).

De nya modellerna har utvecklats löpande och testkörts i perioder under 2018–2019, med samma förare, under olika förutsättningar för att kartlägga aggregatens funktionsområde samtidigt som en erfaren förare är en förutsättning för relevanta utvärderingar av den slutgiltiga produkten.

Flowcut har studerats tidigare; ett första test av den första prototypen i Grönlund *m.fl.* (2015), ett funktionstest av Flowcut 1000 (Grönlund *m.fl.* 2021) samt en uppföljning av effekter på beståndsegenskaper i samband med tidigare nämnda studie (Larsson Ekström 2018). Det övergripande syftet med alla dessa studier har varit att med hjälp av systematiska metoder observera aggregatets funktionalitet för att kunna ge underlag till den fortsatta utvecklingen.

Syftet med studien som presenteras i denna rapport var att kartlägga produktivitet för Flowcut 1000 vid tidig gallring i produktionsbestånd, samtidigt som fortsatta utvecklingsbehov identifieras.

Material och metod

För att studera aggregatets prestation gjordes tidsstudier av Flowcut-aggregatet med sågklinga (Flowcut 1000) monterat på en EcoLog 560D (195 kW) med 11,5-meterskran (EcoLog 250 kran). Studien omfattade sex studieytor fördelade på två bestånd i östra Småland som gallrades 12–14 mars 2019. Avverkningen genomfördes i dagsljus och marken var snöfri vid studietillfället. De sex studieytorna bestod av stickvägar som var mellan 43 och 73 meter långa. Ytornas bredd bestämdes av maskinens räckvidd och var i medeltal mellan 18,2 och 22,6 meter. För att beskriva studieytorna inventerades fyra 50 m² cirkelprovytor i respektive yta innan åtgärd (Tabell 1). I varje cirkelprovyta registrerades diameter och trädslag på samtliga träd med brösthöjdsdiameter större än tre centimeter. Höjd mättes på provträd i förekommande diameterklasser i varje trädslag. Därutöver registrerades antalet träd för varje trädslag inom provytan med

brösthöjdsdiameter mindre än 3 centimeter. Denna inventering upprepades, dock inte på samma ytor, efter åtgärd.

Tabell 1. Beskrivning av studieytorna innan åtgärd.

Bestånd	1			2		
Studieyta	a	b	c	d	e	f
Aritmetisk medeldiameter (mm)	77	96	89	64	63	75
Träd per hektar, dbh >3cm	6 350	3 900	4 700	9 750	7 850	6 850
Träd per hektar, dbh <3cm	2700	950	2000	5100	2750	2700
Träd per hektar, totalt	9 050	4 850	6 700	14 850	10 600	9 550
Trädslagsfördelning (%) tall/gran/övrigt	0/58/42	0/70/30	1/85/14	0/22/78	0/31/69	0/50/50
Medelhöjd (dm)	102	105	117	108	106	119

Tidsstudier av skördaren gjordes genom att skördarens tidsåtgång detaljstuderas i samband med gallringen. Vid studierna delades arbetet in i följande fem arbetsmoment:

- Kran i rörelse från maskinen.
- Avverkning, från det att första trädet sattes an till det att kranen började röra sig mot maskinen.
- Kranens rörelse mot maskinen och fälla/lägga, från det att kranen började röra sig mot maskinen till det att träden upparbetats och aggregatet tiltats upp för att påbörja nästa krancykel.
- Förflyttning, tid då maskinen förflyttade sig utan att kranen var i rörelse.
- Övrig produktiv tid som inte ingick i de övriga momenten.

Efter åtgärden återupprepades inmätningen i cirkelprovytor och då registrerades också eventuella skador på kvarvarande träd. Skadorna delades upp i tre klasser:

- Lätt, synlig men obetydlig barkskada
- Måttlig skada, barkskav så att veden är synlig.
- Svår, barkskav så stort att vedyta större än en handflata är synlig.

Utöver inventering av cirkelprovytor mättes också studieytornas storlek och stickvägens bredd.

Utifrån provträdens höjder etablerades ett diameter-höjd-samband som användes för att skatta höjden på samtliga träd. Med detta som underlag beräknades trädvolymen på

samtliga träd i provytorna utifrån volymfunktioner framtagna av Brandel (1990). Den avverkade volymen beräknades genom att jämföra data från de inmätningar som gjorde innan åtgärd och de mätningar som gjordes efter åtgärden.

Skördarens prestation presenteras som avverkade träd per effektiv timme utan stillestånd, G_0 -tid.

Samtliga presenterade värden är medelvärden av data för respektive studieyta. Statistiska analyser gjordes i SAS Enterprise Guide 6.1.

Resultat

Totalt studerades avverkning av 5127 träd på 0,7 hektar och studien omfattade 7,3 G_0 -timmar.

Skördarens prestation, uttryckt som avverkade träd per effektiv arbetstimme, varierade stort mellan studieytorna (Tabell 2). Det fanns ett signifikant ($p=0,0066$) negativt samband mellan detta prestationsmått och medeldiameter på träden i respektive studieyta.

Tabell 2. Sammanställning av skördarens produktivitet och uttaget.

Bestånd	1			2		
Studieyta	a	b	c	d	e	f
Avverkade träd per G_0 h	630	325	597	840	789	763
Avverkade träd per krancykel	6,05	3,47	5,90	7,45	7,92	8,05
Tidsåtgång per avverkat träd, s	5,72	11,09	6,03	4,28	4,56	4,72
Uttag stamved, m^3 /hektar	109,9	59,0	61,5	116,5	79,9	142

Efter avverkning var 5,8 procent av de kvarvarande träden skadade. Inga statistiskt signifikanta samband som kan förklara skillnader i skadeandelen identifierades.

Diskussion

Denna rapport presenterar resultaten från en utvärdering av en prototyp av ett avverkningsaggregat. Studien har, i likhet med tidigare studier, fokuserat på att undersöka aggregatets funktionalitet, vilket gjort att resultaten inte primärt ska tolkas som en fullvärdig utvärdering av aggregatet, utan som en delavstämning som ger underlag för det fortsatta utvecklingsarbetet.

Effektiviteten i avverkningen, uttryckt som avverkade träd per effektiv timme, var i nivå med tidigare studier (bestånd 1) och väsentligt högre än vad som tidigare observerats (bestånd 2). Träden i bestånd 1 var samtidigt grövre än vad som tidigare studerats och i bestånd 2 var de jämförbara med vad som studerades under 2018 (Larsson Ekström 2018; Grönlund *m.fl.* 2021) och signifikant grövre än vid de första studierna (Grönlund *m.fl.* 2015). I och med att studierna varit relativt begränsade i sin omfattning är det svårt att säga med säkerhet vad som föranlett dessa skillnader. Men det är inte orimligt att den löpande utvecklingen av aggregatet har givit utdelning i form av ökande effektivitet.

Antalet observerade skador var för litet ($n=27$) för att möjliggöra statistiska analyser av skadornas orsaker eller om det fanns träd- eller beståndsegenskaper som ökade sannolikheten att ett träd skulle vara skadat.

Föraren som genomförde studien har medverkat i de testkörningar som pågick under 2018–2019 och är den som har mest erfarenhet av att manövrera aggregaten. Avsikten med att engagera en förare under så pass lång tid var att undvika inläringseffekter. Purfürst (2010) konstaterade att även om variationen är stor så sker den huvudsakliga inläringen för en skördarförare under de första 8 månaderna. Föraren i den genomförda studien är erkänt duktig och har deltagit i testkörningarna av Flowcut med stort engagemang. Men vid studietillfället blev det trots detta tydligt att de genomförda testerna har fokuserat mer på funktionalitet än arbetsmetod. Det visade sig svårt att genomföra krankorridorgallring på det sätt som modellerats av exempelvis Bergström *m.fl.* (2007), vilket har varit en av utgångspunkterna för utvecklandet av Flowcut. Anledningen till att arbetsmetoden inte tillämpades var troligtvis en kombination av beståndsegenskaper och föraren. Studietorna innehöll relativt grova träd, vilket försvårar tillämpningen av arbetsmetoden eftersom aggregatet då blir ”fullt” snabbt. Därtill är det möjligt att föraren, som har mångårig erfarenhet av konventionell förstagallring, av vana tillämpade en arbetsmetod som mer liknade konventionell selektiv gallring.

Flerträdshanteringen i aggregatet var väl fungerande men, såsom visats i tidigare studier med konventionella aggregat (Brunberg & Iwarsson Wide 2013), är flerträdshantering mest effektivt och bidrar främst och i högst grad till ökad produktivitet i klenare bestånd.

Maskinkonfigurationen som användes vid testerna var inte optimal för avverkning med Flowcut. Krankorridorgallring bygger på att aggregatet hålls i ständig rörelse, på ett jämnt avstånd till marken. Den studerade maskinen var inte utrustad med en parallellförande kran vilket försvårade förarens arbete och gav en ej kvantifierad negativ effekt på produktiviteten.

Utmaningen i tidiga gallringar är att de enskilda träden har ett lågt värde, vilket ställer väldigt höga krav på effektivitet om åtgärden ska bli lönsam. Den genomförda studien har dock observerat nivåer av effektivitet, givet de avverkade trädens volym, som möjliggör lönsamma uttag.

Sammanfattningsvis har denna studie visat på att Flowcut har potential att genomföra effektiv avverkning i tidiga gallringar. Effektiviteten var bitvis väldigt hög även om den tilltänka arbetsmetoden, geometrisk ytavverkning, tillämpades i begränsad omfattning. Studien indikerar att aggregatets primära användningsområde bör vara väldigt klana gallringar och att även om fortsatt teknisk utveckling behövs är det viktigt att samtidigt utbilda förare om dessa arbetsmetoder ska tillämpas framgångsrikt.

Referenser

Bergström, D., Bergsten, U., Nordfjell, T. & Lundmark, T. (2007). Simulation of geometric thinning systems and their time requirements for young forests. *Silva Fennica*, 41(1), article id 311.

Brandel, G. (1990). Volymfunktioner för enskilda träd: tall, gran och björk = Volume functions for individual trees : Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pendula* & *Betula pubescens*). Garpenberg: Institutionen för skogsproduktion, Sveriges lantbruksuniversitet. Avhandling nr. 26. 183 s.

Brunberg, T. & Iwarsson Wide, M. (2013). Underlag för prestationshöjning vid flerträdshantering i gallring - Productivity increase after multi-tree handling during thinning. Uppsala: Skogforsk. Arbetsrapport 796–2013. 14 s.

Grönlund, Ö., Bergström, D., Iwarsson Wide, M. & Eliasson, L. (2015). Flowcut aggregat för klenträäd - ett första test. Uppsala: Skogforsk. Webbartikel 145–2015.

Grönlund, Ö., Larsson Ekström, A. & Bergström, D. (2021). Studier av avverkning med Flowcut, ett klenträdsaggregat. Uppsala, Sverige: Skogforsk. Arbetsrapport 1095–2021. 10 s.

Larsson Ekström, A. (2018). Diameter, höjd och stamantal före och efter krankorridorgallring i ett sydsvenskt tallbestånd. Diameter, height and number of stems before and after Boom-corridor thinning in a Scots pinestand in Southern Sweden. Växjö, Sverige: Institutionen för Skog och träteknik, Linneuniversitetet. Kandidatarbete. 31 s.

Purfürst, T. (2010). Learning Curves of Harvester Operators. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32, 89–97.