

Arbetsrapport nr	566	År	2004
Titel	Tredje generationens röjningsteknik		
Titel 2	– Maskinell röjning i stråk kombinerat med motormanuell mellanzonsröjning		
Författare	Isabelle Bergqvist, Fredrik Johansson & Dan Glöde		
Programtillhörighet	Skogsskötsel och skogsbruksplanering		
Färdigställd av	Beba		
Anm.			
Framsidesbild nedan			
Foto/Illustration			

(Framsidan görs i PageMaker)

Ämnesord: Røjning

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

Skogforsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktions effektivitet. På de områden där Skogforsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien ARBETSRAPPORT dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från Skogforsk publiceras i följande serier:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	3
Bakgrund.....	3
Tidigare erfarenheter av stråkröjning.....	3
Syfte.....	4
Material och metoder.....	5
Bestånd.....	5
Maskin och studieled.....	6
Utläggning av försöksytor.....	7
Inventering av beståndet.....	8
Tidsstudie.....	8
Resultat.....	8
Biologiskt resultat.....	8
Areell fördelning av stammarna efter stråkröjning.....	10
Tidsåtgång och kostnader.....	15
Diskussion.....	16
Stråkröjning kontra selektiv röjning.....	16
Stråkröjningens potential.....	17
Selektiv maskinell röjning.....	20
Fiktiv röjning.....	20
Slutsatser.....	25
Litteratur.....	26
Fältblankett Bilaga 1.....	27

Sammanfattning

I ett samarbetsprojekt mellan Holmen skog, SCA skog, Sveaskog och Södra skogsägarna har Skogforsk under sommaren 2003 studerat maskinell geometrisk röjning i stråk. Syftet var att studera om metoden är en möjlig och acceptabel skötselmetod avseende stamfördelning och kvalitet i den kvarvarande ungdomsogen. Målsättningen är att de biologiska effekterna av metoden (t.ex. röjningseffekt, kvalitetsurval och skadegrad) ska vara likvärdig med motormanuell selektiv röjning.

Studien omfattade tre geografiskt skilda röjningsbestånd (Finspång, Sundsvall och Vindelns) där maskinell selektiv röjning, motormanuell selektiv röjning, samt maskinell stråkröjning kombinerat med motormanuell selektiv röjning i mellanzonerna jämfördes. Bestånden innehöll 6 500 – 16 000 stammar per hektar med en lövandel på 30–90 %, en medelhöjd på 2,3 – 2,8 m och en övre höjd på 5,4 – 6,7 m. Bestånden delades upp i ytor på ca $8,5 \times 100$ m där de olika metoderna studerades med 4–6 upprepningar av varje metod. Ett sampel av fasta provytor ($1 \times 8,5$ m per provyta) motsvarande 10 % av den behandlade arealen inventerades före och efter röjning. Före röjning inventerades samtliga stammar med avseende på träslag, kvalitet, höjd och diameter samt koordinater sattes för varje enskild stam. Röjning enligt de olika metoderna tidsstuderades på hela den behandlade arealen. Därefter inventerades de fasta provytorna igen och kvarvarande stammar samt eventuella skador registrerades.

Resultaten av studien visar att urvalsmöjligheten var sämre med stråkröjningsmetoden än med selektiv motormanuell röjning p.g.a. det tvingande uttaget i stråken. Stamfördelning och antal huvudstammar efter röjning i stråk bedömdes dock fullt tillräcklig för att bilda ett framtida slutavverkningsbestånd av god kvalitet.

I studien användes en maskin utvecklad för selektiv röjning med ett klippande aggregat som utvecklats för att selektivt avverka en eller ett fåtal stammar i taget. Trots detta var stråkröjningsmetoden (d.v.s. inkl. motormanuell mellanzonsröjning) konkurrenskraftig tidsmässigt och kostnadmässigt jämfört med motormanuell selektiv röjning. Analysen av studiedata indikerar att det krävs en maskin anpassad till röjning i stråk, gärna med ett breddavverkande aggregat, för att vidareutveckla stråkröjningsmetoden. Mot bakgrund av kanadensiska studier av röjmaskiner med breddavverkande aggregat bedöms de tekniska möjligheterna som goda att utveckla motsvarande röjningsteknik i Sverige. Sammantaget pekar studier och analyser på att en utveckling och anpassning av denna röjningsteknik till svenska förhållanden skulle kunna en halvera röjningskostnaden på en stor del av röjningsarealen.

Inledning

BAKGRUND

Uppgifter från inventeringar gjorda av bland annat Riksskogstaxeringen visar att allt mindre andel ungskog röjs (Anon, 2002). Den svenska skogen utgörs av ca 4,4 miljoner ha ungskog (skog som passerat föryngrings- och plantskogsfasen men ännu inte uppnått de dimensioner där gagnvirke kan tas ut). Av ungskogsarealen är ca 75 % orörd (Anon, 2002). I och med den växande andelen oröjda skogar och en befördad framtida brist på utbildad arbetskraft har man inom skogsbruket börjat undersöka möjligheten till en mekanisering av röjningen. Med anledning av detta har en ny liten beståndsgående röjmaskin utvecklats av Vimek. Vidare har beställningar på nya röjmaskiner av modell Rottne 2004 åter gjorts. Dessa maskiner är framtagna i huvudsak för selektiv röjning, vilket innebär att man återupptar en teknik som användes i början av 90-talet.

Studier av maskinell selektiv röjning i Sverige, Finland och Kanada har visat att de selektiva röjmaskinerna hade svårt att konkurrera kostnadsmässigt med den motormanuella röjningen (Glöde & Bergkvist, 2003; Mitchell & St-Amour, 1995; Kaivola, 1996). Den maskinella metoden innebär i stort sett samma arbete som i den motormanuella metoden, i båda fallen använde en förare/arbetare en klinga för att röja en stam i taget. Prestationen vid maskinell röjning ökade då inte tillräckligt vid normala stamantal (<10 000 stammar/ha) för att motivera användandet av den förhållandevis dyra maskinen. Detta var en av flera anledningar till att intresset för maskinell röjning avtog under mitten av 90-talet (Glöde & Bergkvist, 2003). För att den maskinella röjningen ska få större genomslagskraft i dag krävs förmodligen utveckling av både teknik och metod så att maskinens kapacitet kan utnyttjas på ett effektivt sätt. Pettersson (2001) visade att möjligheterna att påverka enskilda trädskvalitet vid praktisk ungskogsröjning är små. Hälften av stammarna i studien hade någon form av kvalitetsfel, men på grund av den areella fördelningen kunde kvaliteten (antalet träd med kvalitetsfel) endast minska med 5–6 procentenheter. Med detta som bakgrund formulerades en hypotes om att det borde finnas utrymme för någon form av geometrisk maskinell röjning i t.ex. stråk. Vid maskinell stråkröjning med ett breddavverkande aggregat kan många stammar röjas samtidigt under kontinuerlig framryckning och detta utnyttjar maskinens kapacitet på ett effektivt sätt. Om mellanzonerna röjs motormanuellt borde varken tillväxt, stabilitet i det framtida beståndet eller enskilda huvudstammars utveckling påverkas negativt vid maskinell stråkröjning.

TIDIGARE ERFARENHETER AV STRÅKRÖJNING

Redan under slutet av 70-talet studerades maskinell stråkröjning i Kanada. Resultaten visade att stråkröjning kombinerat med motormanuell röjning i mellanzonerna kunde bidra till sänkta röjningskostnader utan att urvalet av högkvalitativa stammar försämrades nämnvärt i det framtida beståndet (Hedin, 1982).

Sedan 1988 har stråkröjningsmetoden använts i praktisk drift i det kanadensiska skogsbruket. Ett flertal olika aggregat och maskiner har använts, bl.a. olika buskröjaggregat, trummor med lösa och fasta slagor samt roterande aggregat bakom jordbrukstraktorer (Ryans, 1988). Stråkbredd och avståndet mellan stråken varierar med beståndstätheten. Vid högre stamantal minskar avståndet mellan stråken. Man har även använt GPS-navigering vid stråkröjning med tillfredsställande resultat (Reynolds, 1997). Vid stråkröjning kombinerat med motormanuell röjning i mellanzonerna har man minskat kostnaderna för ungskogsröjning med 40 % (St-Amour, 1998a) Vidare har man uppmätt framryckningshastigheter på 10–35 m/min vid en beståndstäthet på 10 000 – 30 000 stammar per hektar och en medelhöjd mellan 1,5 och 3 m (St-Amour, 1998b)

Metoden har testats i mindre skala även i Sverige, bl.a. i täta bokföryngringar. I mitten av 80-talet studerade Pettersson (1986) tillväxt i självföryngrade tallbestånd efter enbart korridoröjning samt korridoröjning kombinerat med selektiv röjning. Studien gjordes med 2 – 2,8 m breda korridorer och 1,5 m mellanzoner. Resultaten visade att de kvarvarande träden i mellanzonerna helt utnyttjade effekten av röjningen vid korridoröjning kombinerat med selektiv röjning. Man kunde dock påvisa vissa förluster av den relativa tillväxten efter 10 år vid korridoröjning, förmodligen orsakade av de sämre urvalsmöjligheterna som denna metod innebär. Tillväxtförlusterna var dock måttliga (ca 6 %) om korridorbredden begränsades till 2 m och selektiv röjning genomfördes i mellanzonerna (Pettersson, 1986). Den totala volymproduktionen var högst i metoden med enbart korridoröjning.

Ett sätt att utveckla metoden ytterligare vore att anlägga bestånd i radförband. Detta skulle innebära att planterade stammar inte riskerade att röjas bort i stråken och att urvalet skulle öka i mellanzonerna. I mitten av 80-talet genomförde Skogsarbeten och SLU litteraturstudier, samt praktiska studier och teoretiska beräkningar av drygt 30 st anlagda försök med radförbandsplantering över hela Sverige. Resultatet visade att kostnadsbesparingar kunde göras både vid beståndsanläggningen och i skogsvården om radförband utnyttjades (Lindman m.fl., 1985). Vidare drog man slutsatsen att kvaliteten (kvistgrovlek och ovalitet) försämrades högst marginellt p.g.a. det ojämna förbandet mellan stammarna. Detta har även visats i ett senare examensarbete (Davidsson, 2002)

SYFTE

Syftet med projektet var att studera om maskinell geometrisk röjning i stråk är en framkomlig och acceptabel skötselmetod avseende stamfördelning, kvalitet och tillväxt i den kvarvarande ungskogen. Hypotesen var att de biologiska effekterna av metoden i stort sett är likvärdig med traditionell selektiv röjning. Studien omfattade: 1. Anläggning av försök i tre geografiskt spridda lokaler med olika stamtätheter och inmätning av dessa bestånd. 2. Tidsstudier av de olika metoderna. 3. Uppföljning och inmätning av kvarvarande bestånd.

4. Analys och teoretiska beräkningar av resultaten. 5. Redovisning och dokumentation.

Material och metoder

BESTÅND

Studien som finansierades av Holmen Skog, SCA Skog, Sveaskog och Södra Skogsägarna genomfördes på tre geografiskt skilda lokaler. Det sydligaste beståndet var beläget utanför Finspång på Holmen Skogs mark, SCA skog och Sveaskog bidrog med varsitt bestånd utanför Sundsvall respektive Vindeln. Samtliga områden utgjordes av 10–15 åriga bestånd med stort röjningsbehov. Trädslag, stamantal och kvalitet varierade mellan bestånden (tabell 1).

Beståndet i Finspång var barrdominerat, planterat i ett par omgångar och lövröjt en gång, vilket innebar att trädhöjd och diameter varierade en del. I samtliga tre bestånd bedömdes kvalitet. Barrstammar över halva medelhöjden utan kvalitetsnedsättande fel klassades som A-stammar. Lövträd, stammar under halva medelhöjden och stammar med kvalitetsnedsättande fel klassades som B-stammar. Sundsvallsbeståndet bestod till stor del av förväxande löv och ett underbestånd med planterad gran. I Vindeln hade tall planterats men beståndet har utsatts för både kraftig älgbetning och knäcksjuka. Detta medförde att beståndet vid röjningstillfället var lövdominerat och endast ett fåtal självförnygrade granar kunde klassas som A-stammar. Boniteten för samtliga tre bestånd var medelgod, markstatusen var frisk till frisk/fuktig och terrängen var relativt jämn med få större block, diken och andra hindrande element. Den maskinella röjningen påverkades ändå av de hinder som fanns och maskinstudien begränsades till områden i bestånden utan större block eller diken.

Tabell 1.
Beståndsförutsättningar. Data avser träd större än 1,3 m.

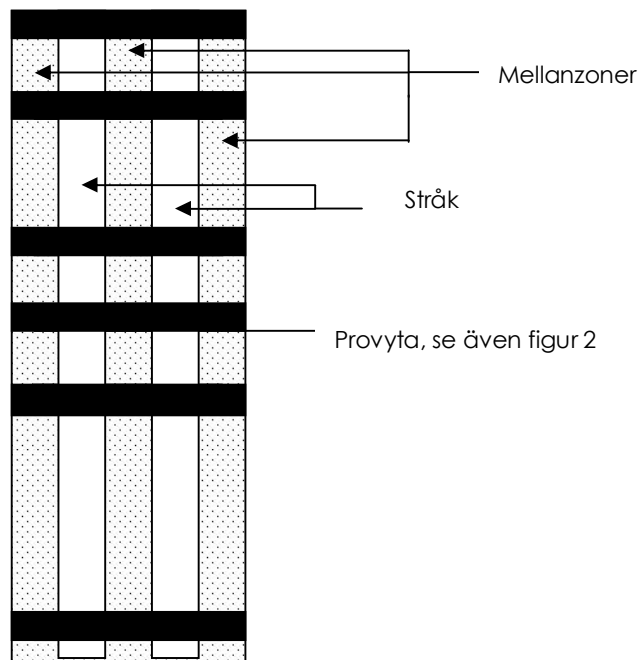
Studiebestånd	Finspång	Sundsvall	Vindeln
Stamantal (st/ha)	6 500	16 000	11 500
Tall (%)	25	0	12
Gran (%)	46	10	2
Löv (%)	29	90	87
Antal A-stammar (st/ha)	3 250	1 675	230
Andel A-stammar (%)	50	10	2
Övre höjd (m)	6,1	6,7	5,4
Medelhöjd (m)	2,3	2,8	2,4
Medeldiameter (cm)	3,4	2,7	3,0
Medelbonitet (H100)	G26	G24	T20

MASKIN OCH STUDIELED

All maskinell röjning utfördes med en Vimek 404 røjmaskin utrustad med ett klippaggregat. Maskinen är inte anpassad till en geometrisk røjmetod och framryckningshastigheten begränsas av att aggregatet är utvecklat för att selektivt fälla en eller ett fåtal stammar i taget. I dagsläget bedömdes dock ingen lämpligare maskin finnas på den svenska marknaden. Förare av Vimek 404 R var Lars Olofsson, Kvalitetsskog Norr AB. Den motormanuella røjningen utfördes av Magnus Lindholm, Kvalitetsskog Norr AB.

Studien inkluderade tre olika metoder med målet att lämna 2 200 – 2 500 stammar per ha efter røjningen:

1. Geometrisk røjning (stråkrøjning) kombinerad med selektiv motorrøjning i mellanzonerna. Metoden innebar att 2 m breda stråkar totalrøjdes. Mellan stråken lämnades 1,5 m breda mellanzoner som røjdes selektivt motormanuellt (figur 1). Mittlinjen på stråken snitslades och maskinföraren instruerades att totalröja en maskinbredd längs stråket på kortast möjliga tid. Vid slutet av försöksytan vände maskinen och røjde ytterligare ett stråk ca 1,5 m från det första stråket, även det på kortast möjliga tid. På var sida om de två stråken lämnades en 1,5 m bred mellanzon. Vid det praktiska genomförandet av studien överensstämde varken stråken eller mellanzonerna exakt med de planerade siffrorna. Inventeringen efter røjning av stråken visade att ca 40 % av ytan kalrøjts i 1,8 m breda stråkar. Detta innebär att maskinen i praktisk drift körde ungefär 2 000 m/ha. Dessa siffror har använts vid teoretiska beräkningar och analyser av studieresultatet.



Figur 1.
Principskiss över en del av en försöksyta med utlagda provtytor (svartmarkerade rektanglar).

2. Selektiv motormanuell röjning. Användes som referensmetod mot den geometriska röjningen. Metoden innebar konventionell selektiv röjning där lämpliga huvud- och bistammar sparades med jämn areell fördelning.

Resultatet av den praktiska motormanuella röjningen var p.g.a. variation i bestånden och ett alltför klen uttag inte jämförbar med stråkröjningen. Som referens gjordes i stället i efterhand teoretisk selektiv röjning av det inventerade materialet från stråkröjningsparcellerna (tabell 3). Uttaget i den fiktiva röjningen gjordes så att stamantalet efter röjning blev detsamma som efter stråkröjningen. Vidare prioriterades A-stammar, barrträd och en jämn fördelning av stammarna.

Det praktiska resultatet från den motormanuella röjningen användes i tidsstudien där tiden per stam beräknades, samt för att bedöma skadegrad efter röjningen.

3. Selektiv maskinell röjning. Maskinen slingrade mellan stammarna och röjde beståndet selektivt som i den motormanuella metoden.

Utläggning av försöksytor

Försöksytor vars bredd motsvarade två stråk och tre mellanzoner, d.v.s. ca 8,5 m mättes in och lottades ut för respektive metod (figur 1). Längden på ytorna varierade med förutsättningarna i terrängen, men riktvärdet var ca 125 m. Störst vikt lades vid att få en tillräcklig areal för geometrisk röjning, samt för referensmetoden motormanuell selektiv röjning. Varje metod upprepades 4–6 gånger i respektive bestånd. Med 8–10 meters mellanrum lades fasta rektangelprovytor ut över hela försöksytans bredd (ca 8,5 m) och med 1 meters djup i stråkets längdriktning. Varje provyta delades i 5 delytor: Mellanzon 1, 2 och 3, samt Stråk 1 och 2 (figur 2).

Delyta M1	Delyta S1	Delyta M2	Delyta S2	Delyta M3
Mellanzon 1,5 m	Stråk 2 m	Mellanzon 1,5 m	Stråk 2 m	Mellanzon 1,5 m

Figur 2.
Provyta indelad i delytor, djup 1 m, bredd 8,5 m.

På varje enskild provyta (1 × 8,5 m) koordinatsattes stammarna i ett rutnät bestående av tre sektioner på djupet (stråkets längdriktning) och 29 sektioner på bredden (se figur 2 & bilaga 1). Den enskilda provytans nummer plus stammens placeringen på provytans djup (sektion 1–3) utgjorde stammens Y-koordinat och placering på provytans bredd (1–29) utgjorde stammens X-koordinat.

Upprepningen av försöksytor och provytor resulterade i den totala försöksareal och provyteareal som beskrivs i tabell 2. Metodernas inbördes placering i beståndet, samt startavståndet från försöksytetekanten till den första provytan slumpades.

Tabell 2.

Totalareal och provyteareal för respektive metod.

	Sel. Røjning (moma)		Stråkrøjning		Sel. Røjning (mask)	
	Areal	Provyta	Areal	Provyta	Areal	Provyta
Finspång	0,5 ha	0,05 ha	0,4 ha	0,04 ha	0,1 ha	0,01 ha
Sundsvall	0,5 ha	0,05 ha	0,5 ha	0,05 ha	0,1 ha	0,01 ha
Vindeln	0,5 ha	0,06 ha	0,4 ha	0,05 ha	0,1 ha	0,01 ha

INVENTERING AV BESTÅNDET

Innan røjningen koordinatsatte alla stammar över 1,3 m på en fältblankett med hjälp av de skalenliga rutnäten (se fältblankett, bilaga 1) på varje provyta. Varje stam fick på så sätt en koordinat som sedan kunde användas vid återskapande av beståndet i fortsatta analyser. Stammarna inom provytan inventerades med avseende på träslag och kvalitet där stammarna klassades som A-stam (möjlig huvudstam) eller B-stam (stam med kvalitetsnedsättande fel). I Finspång mättes höjd och diameter, medan enbart bedömda medel- och övrehöjdsträd mättes i Sundsvall och Vindeln.

Efter røjningen återinventerades provytorna och kvarvarande stammar markerades på blanketterna. Även skador på stammar och rötter noterades, samt var stråken faktiskt passerat genom provytan.

TIDSSTUDIE

Maskinrøjningen tidsstuderades i en cminstudie, både vid stråkrøjningen och vid den selektiva maskinella røjningen. I studien tidsattes fyra olika moment:

- **Förflyttning** innebar förflyttning av maskinen i beståndet utan att några stammar röjs.
- **Kranarbete under förflyttning** innebar røjning under förflyttning.
- **Kranarbete stillastående** innebar enbart røjning utan förflyttning.
- **Övrig verktid**, tid som inte kunde identifieras med något av ovanstående moment t.ex. forcering av hinder såsom tidigare röjda stammar, diken eller stenblock etc.

För den motormanuella selektiva røjningen mättes totaltiden för varje försöksyta. I den geometriska røjmetoden mättes tiden för att röja motormanuellt i samtliga mellanzoner.

Resultat

BIOLOGISKT RESULTAT

I beståndet i Finspång påverkades inte träslagsfördelningen efter røjning i någon större utsträckning av om metoden var selektiv manuell eller maskinell geometrisk (tabell 3). Skillnaden efter røjning berodde snarare på skillnader i beståndsförutsättningar än på metodval. Träslagsfördelningen påverkades inte heller av metodval i beståndet utanför Vindeln. Andelen gran ökade något efter

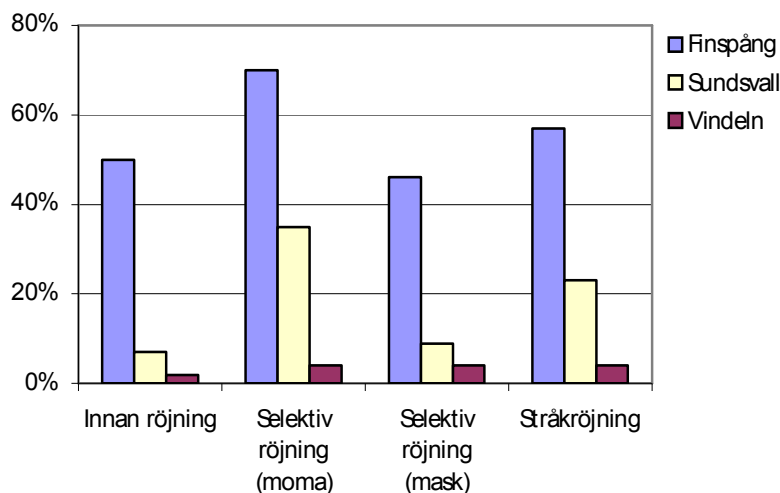
röjning oavsett metod. I Sundsvall ökade granandelen efter röjning både vid selektiv manuell röjning och efter stråkröjningen. Det tvingande uttaget i stråken medförde dock att möjligheten att röja fram barrträden minskade något efter stråkröjningen (tabell 3). Övre höjden minskade överlag efter röjning medan medelhöjd och medeldiameter ökade något. Den selektiva maskinella metoden gav ett mer ojämnt resultat, vilket kommenteras vidare i diskussionsavsnittet.

Tabell 3.
Bestånden före och efter röjning

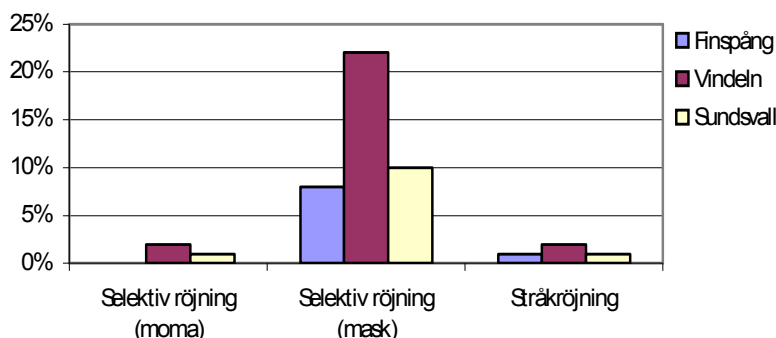
	Före röjning	Efter sel röjn. (man)	Efter stråkröjning	Efter sel röjan (mask)
Finspång				
Stamantal (st/ha)	6 500	2 700	2 700	1 625
Trädslagsfördelning (%)	25 46 29	31 46 23	32 51 17	15 46 38
Antal A-stammar (st/ha)	3 250	1 900	1 540	750
Övre höjd (m)	6,1	3,9	4,9	2,9
Medelhöjd (m)	2,4	2,7	3	2,6
Medeldiameter (cm)	3,4	3,9	4	4
Sundsvall				
Stamantal (st/ha)	16 000	2 700	2 700	4 400
Trädslagsfördelning (%)	0 7 93	0 37 63	0 24 76	0 9 91
Antal A-stammar (st/ha)	1 120	945	621	400
Övre höjd (m)	6,7	6,5	6,3	3,6
Medelhöjd (m)	2,8	3	3,2	3
Medeldiameter (cm)	2,7	3,8	3,9	2,9
Vindeln				
Stamantal (st/ha)	11 500	3 000	3 000	3 833
Trädslagsfördelning (%)	11 2 87	28 4 64	30 4 66	17 4 78
Antal A-stammar (st/ha)	230	120	120	150
Övre höjd (m)	5,4	5	5	4,8
Medelhöjd (m)	2,4	2,8	2,8	2,8
Medeldiameter (cm)	3,0	3,0	3,0	2,7

Andelen A-stammar i Finspång och Sundsvall var högst efter den selektiva manuella röjningen (70 respektive 35 %). I Finspång var andelen A-stammar efter stråkröjningen 57 % och efter maskinell selektiv röjning 46 %. Stamantalet per hektar var dock mycket lägre efter selektiv maskinell röjning. I Sundsvallsstudien var andelen A-stammar efter stråkröjning 23 % och efter maskinell selektiv röjning endast 9 %. I Sundsvall var stamantalet efter röjning betydligt högre efter den maskinella selektiva röjningen och andelen A-stammar hade förmodligen ökat om fler stammar röjts bort. Oavsett om metoden var manuell selektiv eller maskinell geometrisk ökade andelen stammar med A-kvalitet efter röjning jämfört med grundbeståndet (50 % A-stammar i Finspång

respektive 7 % i Sundsvall) (figur 3). I Vindeln ökade andelen A-stammar från 2 % i grundbeståndet till 4 % efter röjning vid samtliga metoder.



Figur 3. Andel av stammarna som var av A-kvalitet innan röjning, samt efter röjning med olika metoder.



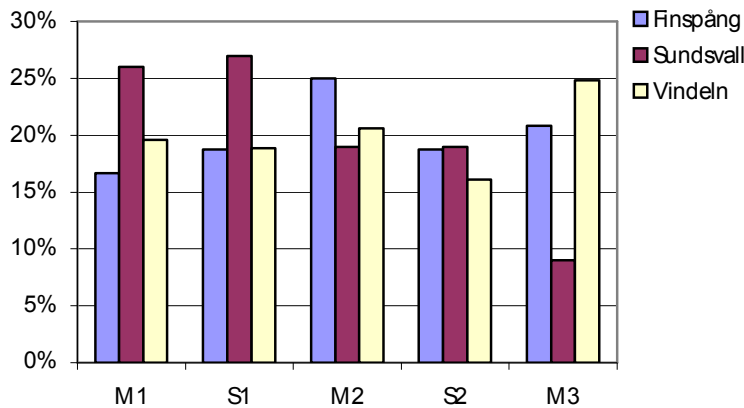
Figur 4. Skadegrad vid olika röjningsmetoder.

Skadegraden var klart högst vid selektiv maskinell röjning och lägst vid selektiv motormanuell röjning (figur 4). Vid selektiv maskinell röjning orsakades skadorna av kranarbete och påkörning av stammar när maskinen slingrade i beståndet. Vid stråkröjningen noterades skadorna på träd närmast stråken.

ARELL FÖRDELNING AV STAMMARNÄ EFTER STRÅKRÖJNING

Fördelningen av stammar var förvånansvärt jämn vid stråkröjning (figur 5). Det tyder på att stråken i praktiken inte gick där det var tänkt från början, eftersom delytorna S1 och S2 i så fall hade varit helt utan stammar. Vid den praktiska körningen kunde maskinen helt enkelt inte gå rakt genom beståndet, utan var

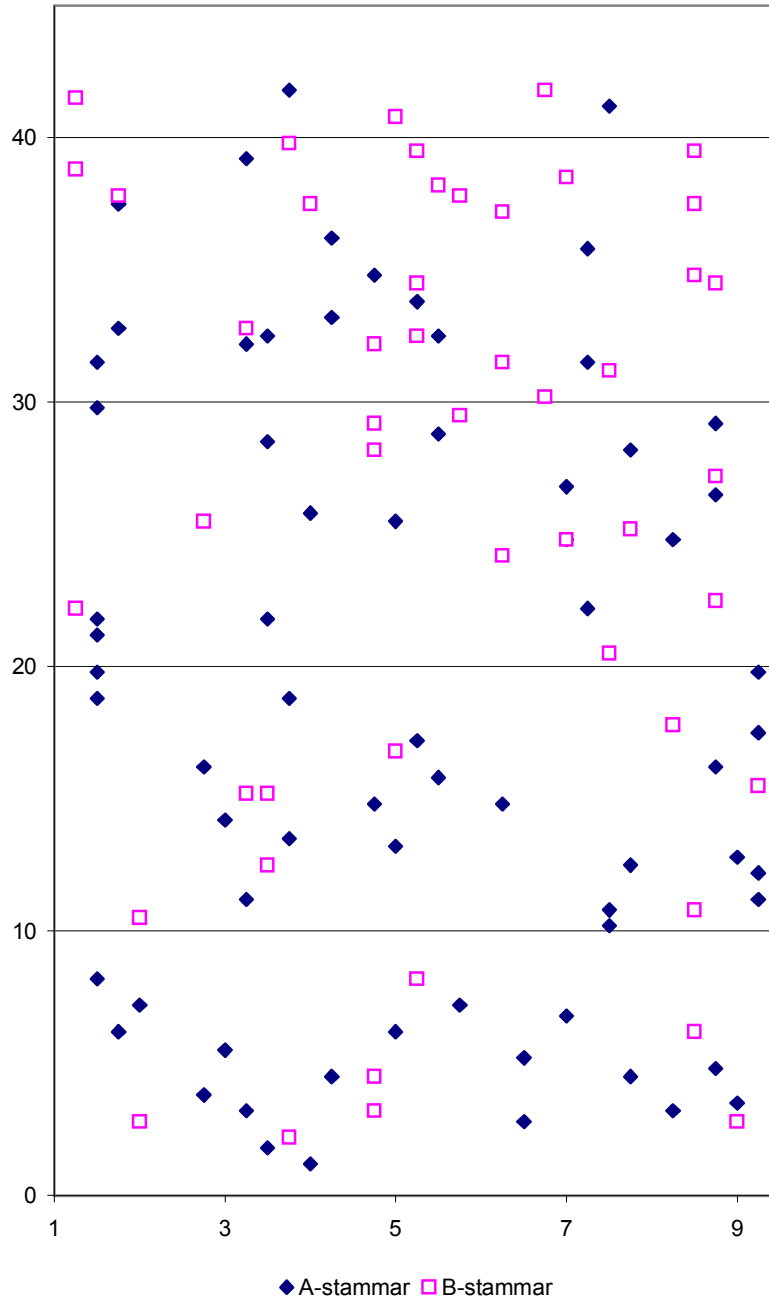
tvungen att svänga runt mindre hinder. Dessutom blev stråken i praktiken smalare än 2 m, vilket innebar att en del stammar i kanterna på stråkdelytorna ej röjdes.



Figur 5.
Andel av stammarna som återfinns på respektive delyta efter stråkröjning.
M = mellanzon, S = stråk.

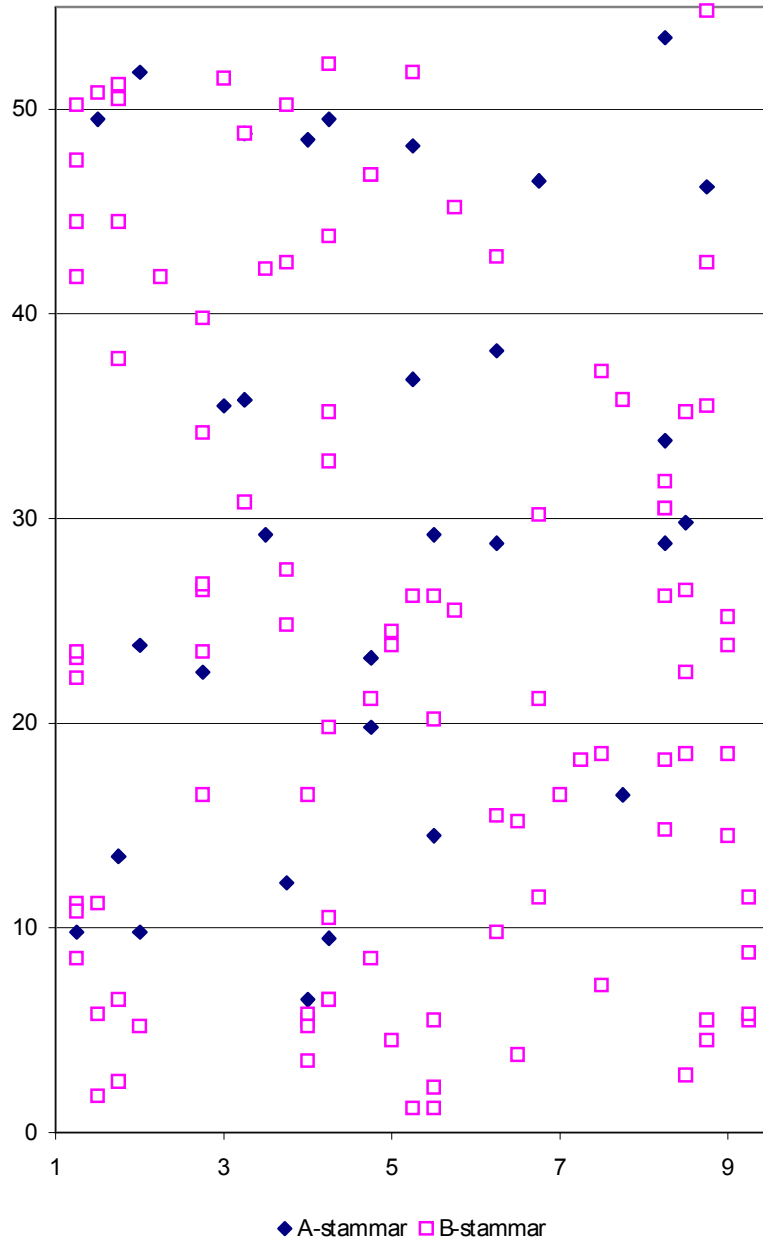
Fördelningen av stammarna över provytorna efter stråkröjning visas även i figur 6–8 där koordinaterna för samtliga inventerade stammar efter stråkröjningen har plottats. Även här märks att stråken inte gick rakt genom beståndet, samt att stamfördelningen var relativt jämn över beståndet efter stråkröjning. Diagrammen representerar ca 5 gånger så lång sträcka i Y-led som i X-led. Plottningen är inte helt skalenlig. X-axeln representerar bredden (8,5 m) på provytorna där mitten på stråken motsvaras av punkt 3 och 7 på X-axeln. Y-axeln motsvarar det sammanlagda djupet (1 m) på alla provytor. Ytorna som de visas i figur 6–9 är således, relativt sett, hoptryckta i Y-led och utdragna i X-led, vilket visuellt torde förstärka effekten av ev. stråk.

Finspång



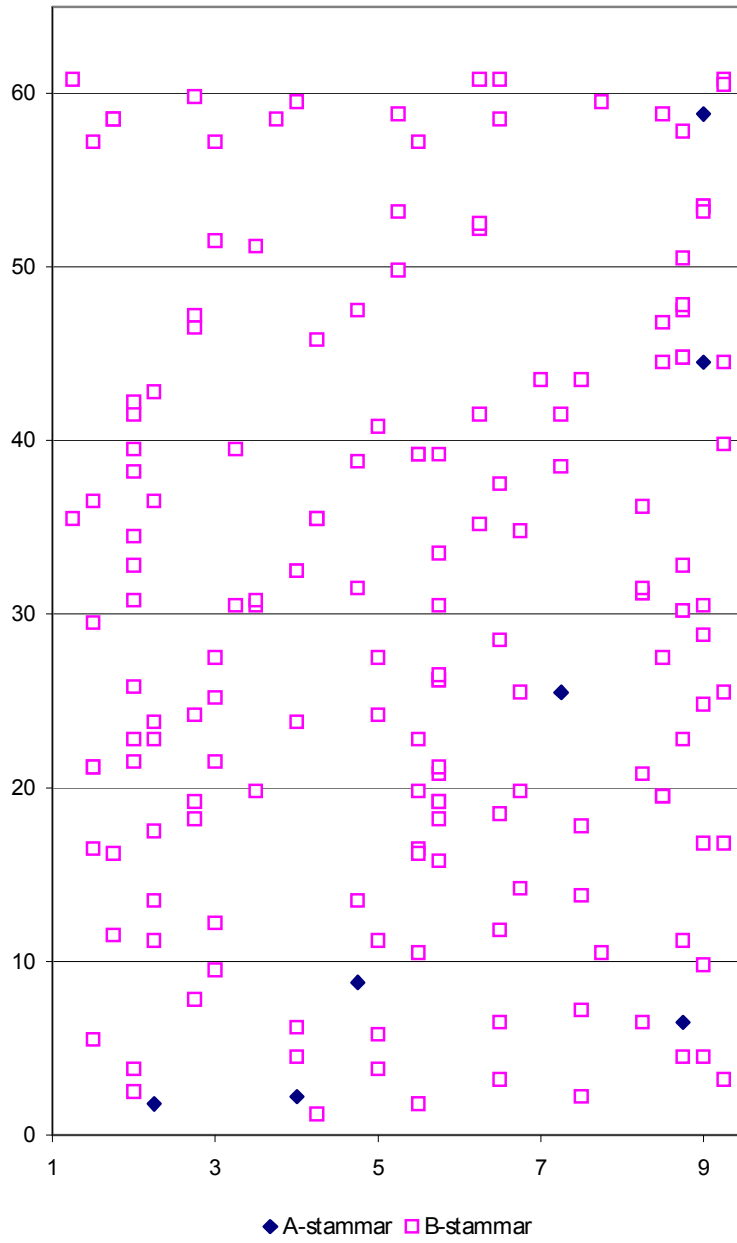
Figur 6.
Samtliga stammar på provytorna efter stråkröjning i Finspång.

Sundsvall



Figur 7.
Samtliga stammar på provytorna efter stråkröjning i Sundsvall.

Vindeln



Figur 8.
Samtliga stammar på provytorna efter stråkröjning i Vindeln.

TIDSÄTGÅNG OCH KOSTNADER

Stråkröjningsmetoden var relativt okänslig för stamantalet. Tvärt emot tidigare studier påverkades inte heller den motormanuella metoden av stamantalet i någon större grad. Den selektiva maskinella metoden påverkades däremot kraftigt av stamantalet (tabell 5). I stråkröjningsmetoden har fler stammar avverkats under förflyttning än i den selektiva maskinella metoden, vilket höjde maskinens prestation.

Tabell 5.

Tidsåtgång och kostnader för de olika metoderna i studien.

	FINSPÅNG			SUNDSVALL			VINDELN		
	Stråk	Mask	Moma	Stråk	Mask	Moma	Stråk	Mask	Moma
Röjstammar/ha, mask	2 600	4 000			13 500		4 600	9 000	
Röjstammar/ha, moma	1 400		4 000	7 100		13 500	4 400		9 000
cmin per stam									
Förflyttning	1,4	2,6		0,9	1,6		0,9	1,3	
Kranarb under föfl.	4,4	0,2		1,6	0,1		2,4	0,1	
Kranarb stillastående	1	6		1,1	6,3		0,9	6,3	
Justering	0,3	0,3		0,2	0		0,3	0	
Total tid/stam (cmin/st)	7,1	9,1		3,8	8		4,4	7,7	
Motormanuell	15,9	0	20	4,1	0	5,5	6,4	0	8
Tid/hektar (h) mask	3,1	6,0		4,0	18,0		3,4	11,7	
Tid/hektar (h) moma	3,7	0	13,3	4,9		12,4	4,7		12
Total tid/ha (h/ha)	6,8	6	13,3	8,8	18	12,4	8,1	11,7	12
Kostnad/h mask (kr/h)	500	500		500	500		500	500	
Kostnad/h moma (kr/h)	250		250	250		250	250		250
Kostnad/ha (kr/ha)	2 475	3 000	3 325	3 225	9 000	3 100	2 875	5 850	3 000

Den röjmaskin som användes i studien var inte anpassad till en stråkröjningsmetod och framryckningshastigheten begränsades av att maskinen var utrustad med ett aggregat som anpassats för att röja enskilda stammar (tabell 6).

Tabell 6.

Tidsåtgång och framryckningshastighet vid den maskinella röjningen i stråk.

Stammar/ha	6 500	11 500	16 000
Tid per ha (h/ha)	3,1	4,4	4
Tid per ha (min/ha)	186	264	240
Körsträcka/ha (m/ha)	2 000	2 000	2 000
Hastighet (m/min)	10,8	7,6	8,3

Diskussion

Stråkröjning kontra selektiv röjning

Möjligheten till ett selektivt urval av stammar med hög kvalitet minskar naturligtvis vid stråkröjning jämfört med selektiv röjning, eftersom man gör ett tvingande uttag i stråken. I Finspång och Sundsvall där det fanns en större kvalitetsvariation ökade andelen kvalitetsträd med i genomsnitt 24 procentenheter efter selektiv manuell röjning. Andelen kvalitetsträd ökade dock även vid stråkröjning i dessa två bestånd. Ökningen av andelen A-stammar efter stråkröjning var i genomsnitt ca 12 procentenheter. Trots de sämre urvalsmöjligheterna efter stråkröjningen bedöms antalet kvalitetsstammar i Finspång och Sundsvall vara fullt tillräckligt för ett högkvalitativt framtida slutavverkningsbestånd (ca 1 500 – 2 000 stammar/ha, tabell 3). De analyser som gjordes av stamfördelningen tyder på att fördelningen av A-stamarna var relativt jämn över bestånden efter stråkröjningsmetoden (figur 6–9). Maskinen körde inte rakt genom beståndet utan slingrade sig runt hinder etc. Detta kan leda tanken till frågan om det fanns möjlighet att öka urvalsmöjligheten i stråkröjningsmetoden genom att undvika kvalitetsstammar i stråken. Förmodligen är det orealistiskt och även metodmässigt felaktigt tänkt. Metoden bygger på att maskinens kapacitet ska utnyttjas maximalt i stråken, vilka ska avverkas i så hög hastighet som möjligt, maskinföraren bör och ska därför inte ta hänsyn till enskilda stammar. Skillnaden i urvalsmöjligheter mellan metoderna kan i stället tolkas som att stråkröjningsmetoden inte ska användas där målsättningen med beståndet är högsta möjliga kvalitet och kvalitetsspridningen är relativt stor. Självföryngringar med höga stamantal och liten individuell kvalitetspridning skulle däremot antagligen kunna röjas med stråkröjningsmetoden med godtagbart resultat. Antagligen passar dock metoden bäst i bestånd med normal till låg kvalitet där den viktigaste målsättningen med röjningen är att minska stamantalet och få till stånd en bättre diameterutveckling. Precis som vid förstagallring blir avvägningen mellan geometriskt och selektivt uttag (stickvägar/mellanzoner) en avvägning mellan åtgärdens kostnad i dag och framtida kvalitetsvinst/-förlust.

Skadenivån var något lägre efter selektiv motormanuell röjning än efter stråkröjning. En anledning till detta kan vara att det är svårare att upptäcka skador efter motormanuell röjning än efter stråkröjning där samtliga skador hamnar på träd närmast stråken. Totalt sätt var skadeandelen låg efter båda metoderna (under 3 % i medeltal, figur 4).

Tidshorisonten var för kort för att några tillväxtstudier skulle kunna utföras. Resultat från tidigare studier visar dock att tillväxten blir densamma eller marginellt sämre efter geometrisk röjning med de förband som användes i studien jämfört med selektiv röjning (Lindman m.fl., 1985; Pettersson, 1986)

STRÅKRÖJNINGENS POTENTIAL

Maskinen som användes i studien var inte anpassad till röjning i stråk. Detta medförde att framryckningshastigheten var låg (tabell 6). I kanadensiska studier av stråkröjning med röjmaskiner utrustade med breddavverkande aggregat har framryckningshastigheten 30–35 m/min uppmätts i ett bestånd med ca 3 m medelhöjd och stamantalet 10 – 15 000 st/ha (St-Amour, 1998b). Vid motsvarande framryckningshastighet i de tre studerade bestånden skulle tidsåtgången i stråken minska med 70–76 % (tabell 7).

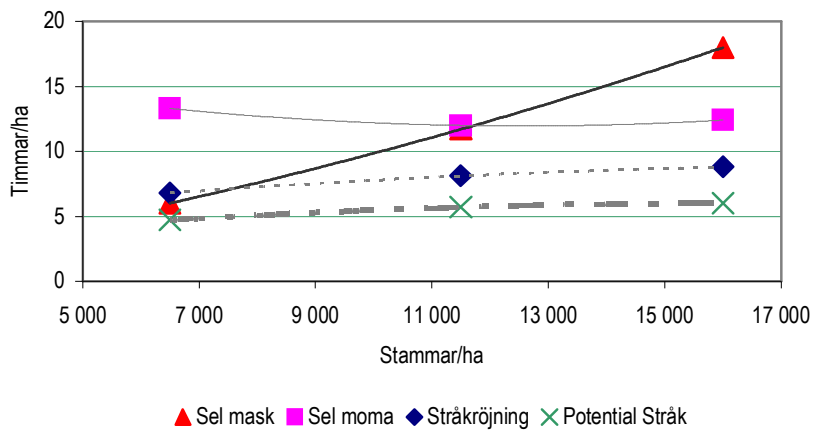
Tabell 7.

Tidsåtgång och framryckningshastighet i studien, samt potential vid ökad framryckningshastighet med ett aggregat anpassat för stråkröjning (St-Amour, 1998b).

Stammar/ha	6 500	11 500	16 000
Tid per ha (h/ha)	3,1	4,4	4
Tid per ha (min/ha)	186	264	240
Körsträcka/ha (m/ha)	2 000	2 000	2 000
Hastighet (m/min)	10,8	7,6	8,3
Pot. Hastighet (m/min)	35	32,5	30
Pot. tid per ha (h/ha)	0,95	1,03	1,11
Minskning av tidsåtgång	70 %	76 %	73 %

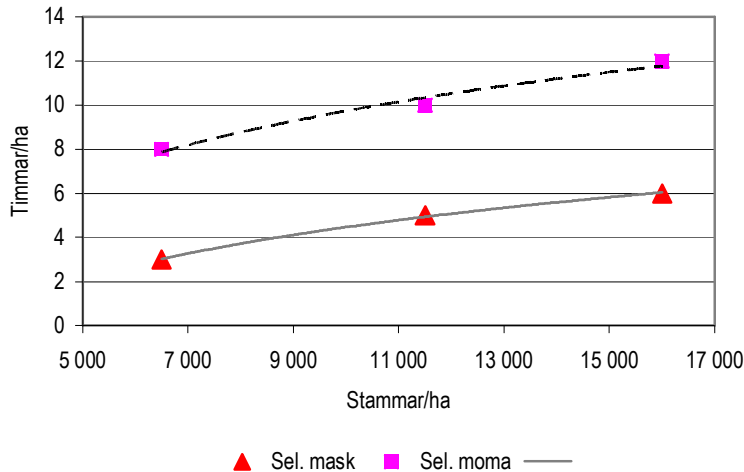
Minskningen av tidsåtgången för stråkkörningen hade inneburit en total tidsminskning, d.v.s. inklusive motormanuell mellanzonsfällning, på ca 30 % för stråkröjningsmetoden i studien. Potentialen för stråkröjningsmetoden är med dessa förutsättningar 50–65 % lägre tidsåtgång än för motormanuell röjning (figur 10).

Erfarenhetsmässigt borde den motormanuella röjningen visat en högre prestation vid det låga stamantalet i Finspång och lägre prestation vid de högre stamantalen i Vindeln och Sundsvall. Orsaken till detta kan vara att de enskilda røjstammarna i Finspång var relativt tidskrävande (många yviga granar) och att en stor andel av røjstammarna i Sundsvall och Vindeln var tätt stående kläna lövstammar som kunde röjas i hög hastighet med svepande rörelser.



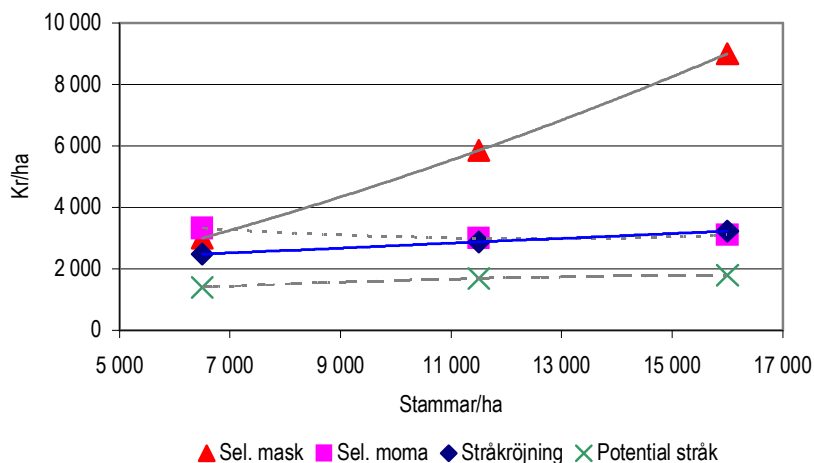
Figur 10.
Tidsåtgång per ha för de olika metoderna i studien jämfört med potentialen för stråkröjningsmetoden.

Prestationen för motormanuell och maskinell selektiv röjning stämmer inte överens med tidigare studier (se exv. Glöde & Bergkvist, 2003). Tidigare studier visade på ungefär halva tidsåtgången för motormanuell och maskinell selektiv i röjning vid motsvarande stamtal som i nu aktuell studie (figur 11).



Figur 11. Medelprestation vid maskinell och motormanuell selektiv röjning uppmätta vid studier som genomfördes under 80- och 90 talet (Glöde & Bergkvist, 2003)

Om man trots detta använder ingångsvärdena som uppmätts i den aktuella studien ligger kostnadspotentialen (d.v.s. med en framryckningshastighet på 30–35 m/min) för stråkröjningsmetoden under 2 000 kr/ha. Detta skulle innebära en kostnadsbesparing med ca 50 % jämfört med den motormanuella röjningen (figur 12).



Figur 12. Kostnad per ha för de olika metoderna i studien jämfört med potentialen för stråkröjningsmetoden.

SELEKTIV MASKINELL RÖJNING

Den selektiva maskinella röjningen gav sämst resultat i studien både vad avser stamval (tabell 3), skadenivå (figur 4), samt tidsåtgång och kostnad (figur 10 och 12). Det finns ett flertal förklaringar till det dåliga resultatet.

Arealen som röjdes selektivt maskinellt var relativt liten, vilket kan innebära att vissa ”extrema” stammar fått för stor vikt vid tidsstudien och inventeringen samt att den slumpmässiga variationen därmed är större.

Den maskinella röjningen påverkades negativt av försöksytornas utformning. Försöksytans bredd på 8,5 m var för bred för att bara köras igenom en gång, kranen nådde då inte ytterkanterna och dessa förblev oröjda. Alternativet att vända i slutet på försöksytan och köra ett slingerstråk tillbaka gav i stället ett för högt uttag.

Maskinen är dessutom relativt ny och det finns naturligtvis en viss potential att utveckla teknik och metod, samt vana hos föraren.

Prestationen för motormanuell röjning var som nämnts tidigare hög i de tätare bestånden. Detta medförde att skillnaden tidsmässigt och kostnadsmissigt mellan de två selektiva metoderna blev oväntat stor vid högre stamantal. Orsaken till den höga prestationen vid den motormanuella röjningen var förmodligen det stora antalet kläna röstammar som kunde röjas snabbt med svepande klingrörelser. Maskinen kunde dock inte dra nytta av de tätt stående kläna röstammarna på samma sätt. Det klippande aggregatet kan visserligen klippa en bunt med stammar, samtidigt men de måste passas in i aggregatet på ett relativt tidskrävande vis.

Resultaten i studien visar att den selektiva maskinella röjningen precis som i tidigare studier under 80- och 90-talen (Glöde & Bergkvist, 2003) har svårt att konkurrera med den motormanuella röjningen och att det behövs nytänkande vad avser teknik och metod för att maskinens kapacitet ska kunna utnyttjas på bästa sätt i röjning.

Fiktiv röjning

Uppföljningen av var stråken hamnade på provytan visade att 1,5 m mellanzon var väl smalt för praktisk röjning. Trots att de var snitslade var stråken svåra för maskinen att följa och på vissa provytor gick stråken helt ihop för att på andra provytor ligga med ett avstånd på över tre meter. I medeltal körde maskinen ca 2 000 m/ha vilket innebär ca 2 m stråk och 3 m mellanzon. Dessutom lämnades fler stammar kvar efter röjning än vad som angetts i instruktionen.

Den maskinpark som finns i dagsläget inom skogsbruket indikerar att det kan vara svårt att hitta lämpliga maskiner som är så smala som 2 m och ändå klarar att manövrera ett breddavverkande aggregat. Om stråkbredden kan ökas till 2,5 m ökar urvalet av lämpliga maskiner betydligt. Frågan är om man klarar

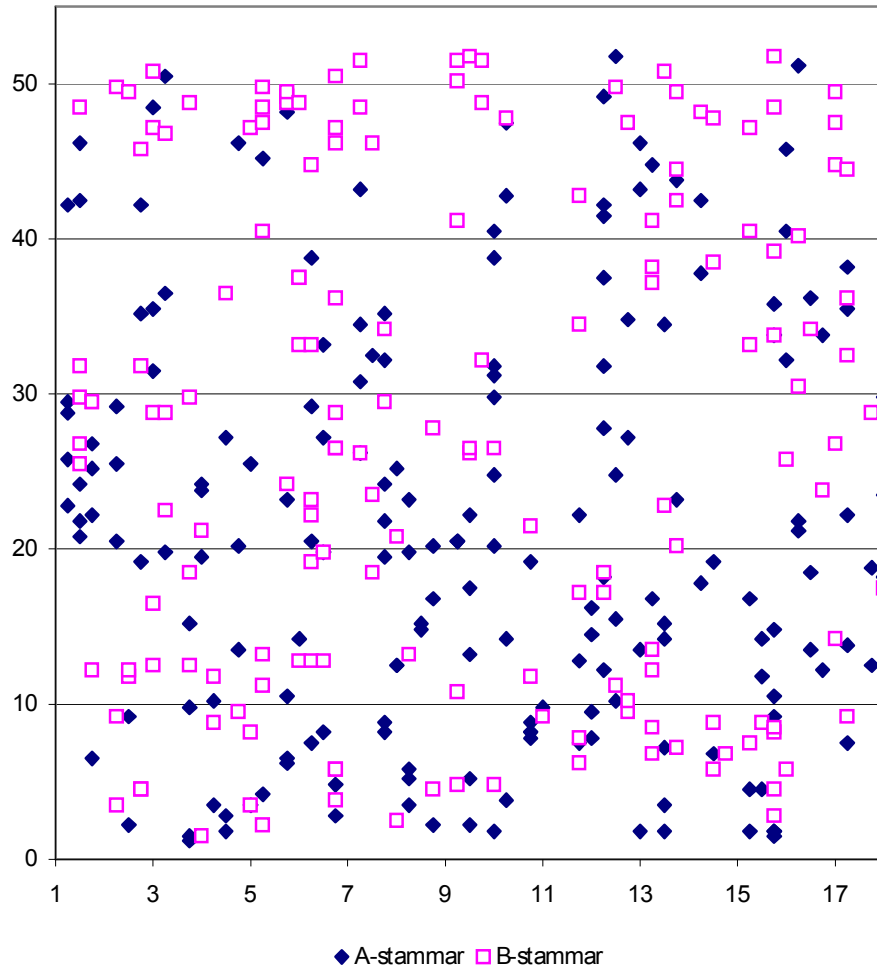
kravet på att de biologiska effekterna av röjningen ska vara likvärdiga med selektiv röjning.

För att kunna bedöma effekterna av stråkröjning kontra selektiv röjning vid lägre stamantal efter röjning och med bredare stråk- och mellanzoner skapades ett fiktivt bestånd med hjälp av koordinatnäten. De i studien inventerade stammarna före röjning plottades ut och fick utgöra grundbeståndet. För att få ett överskådligt material begränsades data till Finspångsförsöket (figur 13). Grundbeståndet röjdes teoretiskt i 2 m-stråk och 3 m mellanzoner (figur 14), samt 2,5 m-stråk och 3,75 m mellanzoner (figur 15) (mellanzonerna ökades för att den kalröjda arealen skulle bli densamma, ca 40 % av arealen). Kriterierna var att motsvarande 2 500 stammar per hektar lämnas efter röjning. Dessutom röjdes en B-stam före en A-stam i mellanzonen och kvarvarande stammarna efter röjning lämnades så jämt fördelat över beståndet som möjligt. I stort sätt blev resultatet detsamma efter de båda metoderna, 56–60 % A-stammar återstod efter röjning (tabell 8). Antalet A-stammar efter stråkröjningen skulle vara 1 400 – 1 500 stammar/ha, vilket bedöms vara fullt tillräckligt för ett framtida slutavverkningsbestånd.

Tabell 8.
Resultat av den fiktiva röjningen.

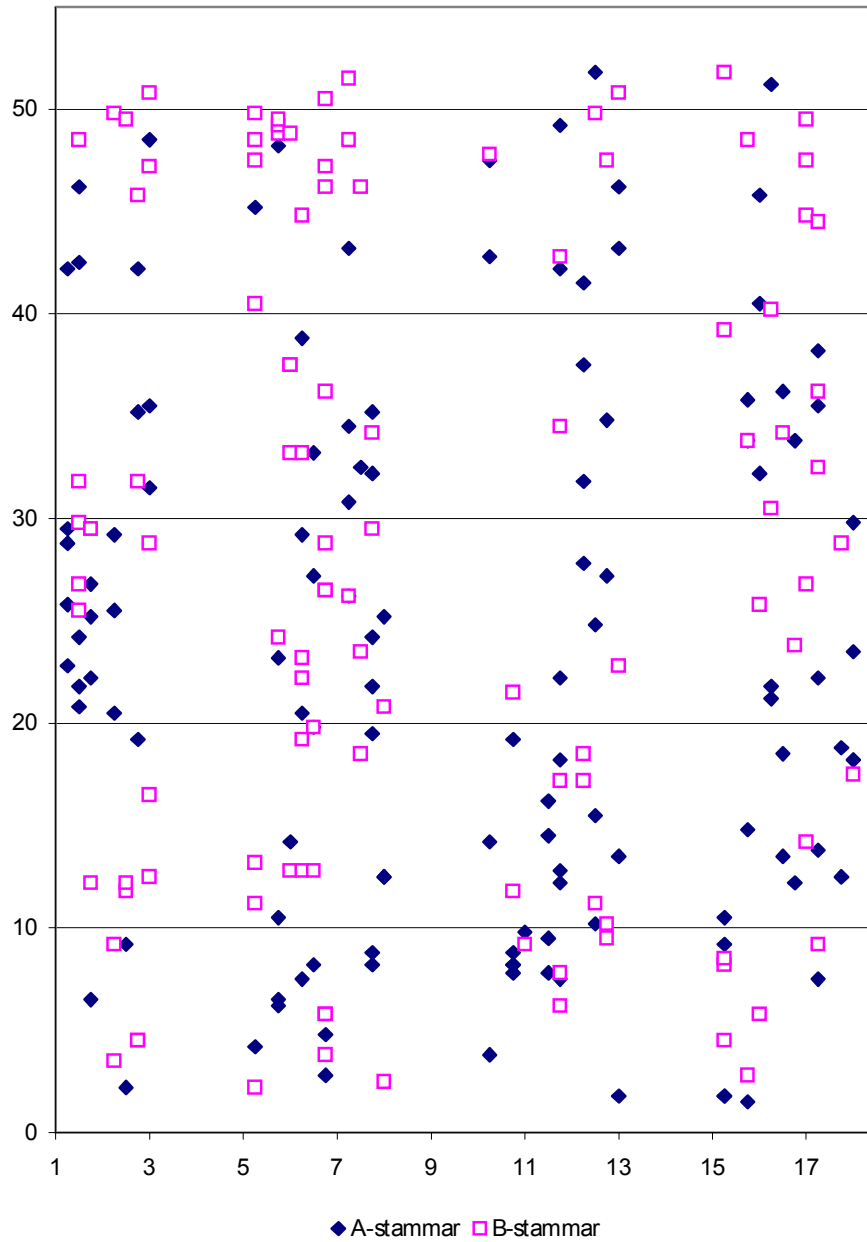
Areal 0,011 ha	Grundbestånd	2 m stråk, 3 m mellanzon	2,5 m stråk, 3,75 m mellanzon
Stamantal (st/ha)	6 500	2 500	2 500
Antal A-stammar (st/ha)	3 250	1 400	1 500
Andel A-stammar (%)	50 %	56 %	60 %

Grundbestånd



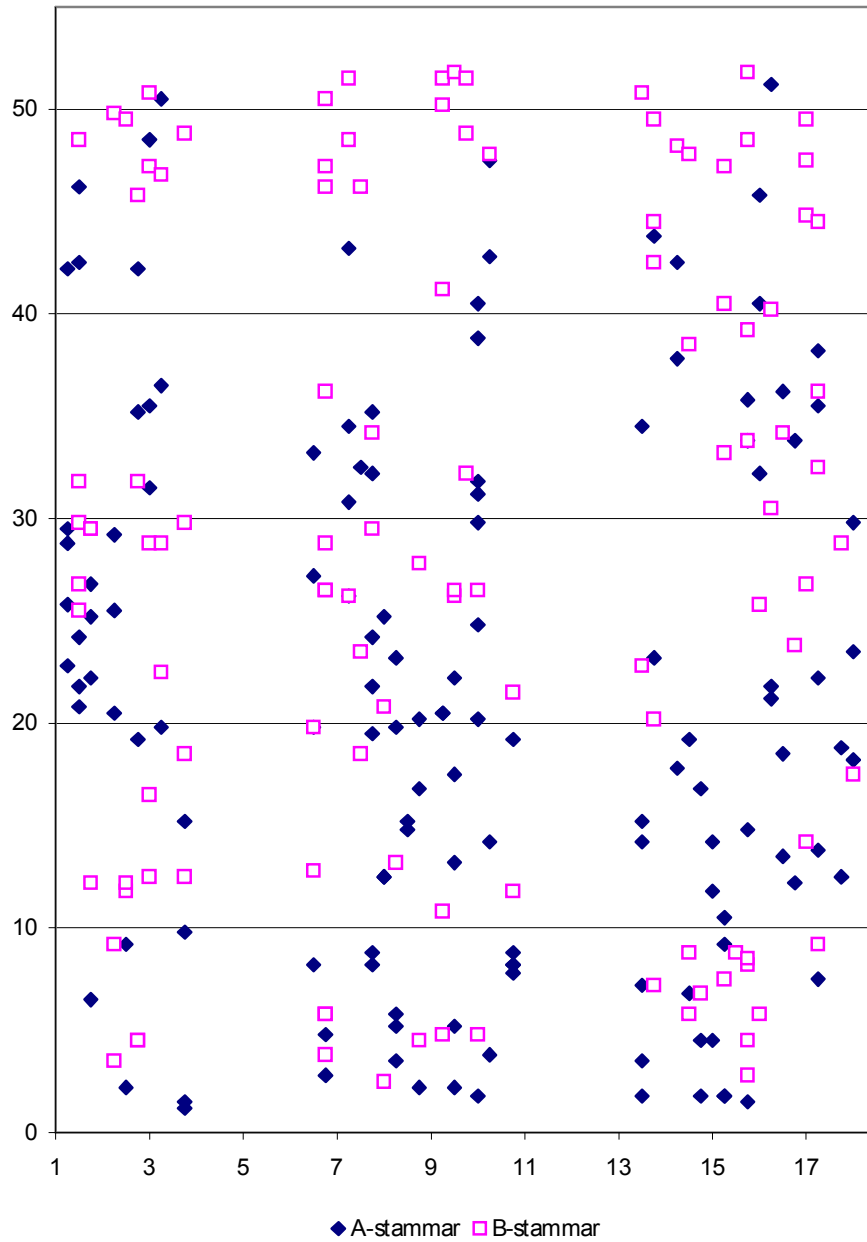
Figur 13.
Fiktivt grundbestånd före röjning.

2 m stråk



Figur 14.
Fiktivt bestånd efter röjning av 2 m breda stråk och 3 m breda mellanzoner.

2,5 m stråk



Figur 15.
Fiktivt bestånd efter röjning av 2,5 m breda stråk och 3,75 m breda mellanzoner.

Slutsatser

Urvalsmöjligheterna vid stråkröjning är sämre än vid selektiv röjning, men det biologiska resultatet (vad avser huvudstammarnas antal och fördelning, samt andel skador) bedömdes vara fullt acceptabelt med stråkröjningsmetoden.

I studien var stråkröjningsmetoden konkurrenskraftig jämfört med den motor-manuella metoden både vad avser tidsåtgång och kostnad.

Utvecklingspotentialen är hög för stråkröjningsmetoden (d.v.s. inkl. mo–ma mellanzonsröjning). Anpassas maskintekniken till metoden kan kostnaden sänkas med 50 % jämfört med motormanuell röjning.

Om metoden i framtiden blir allmän och vedertagen kan förmodligen vidareutveckling av teknik och metod, samt en större marknad för maskintypen ytterligare bidra till reducering av tidsåtgång och kostnader.

En möjlig utveckling av metoden kan vara att anpassa stråkförbandet efter stamtätheten. I glesa bestånd där den manuella röjningen är effektiv lämnas bredare mellanzoner än i täta förband där den motormanuella röjningen är mer tidskrävande.

I områden med attraktiva priser på skogsbränsle kan ett alternativ där mellanzonerna lämnas helt oröjda vara aktuellt i bestånd med förväxande löv. Lövet kan sedan tas sedan ut vid en tidig gallring som ett rent bränslesortiment.

För att stråkröjningsmetoden ska vara aktuell för vidareutveckling måste ett lämpligt aggregat tas fram som kan monteras på en relativt smal och billig basmaskin.

Litteratur

- Anon. 2002. Skogsdata 2002, Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. Rapport, SLU. Umeå
- Davidsson, A. 2002. Utvärdering av granplantering i rektangelförband jämfört med kvadratförband. Examensarbete, SLU inst. för skogsskötsel. Umeå.
- Franklin, C. & Lloyd, T. 1997. Mechanized precommercial strip thinning of Loblolly pine in North Carolina, Report, USDA Forest Service, North Carolina
- Glöde, D. & Bergkvist, I. 2003. 30 år med maskinell röjning. Redogörelse nr 4, 2003. Skogforsk, Uppsala.
- Hedin, I. B. 1982. Five case studies of precommercial thinning in British Columbia and Alberta, Technical note no 62, FERIC, Vancouver.
- Kaivola, A. 1996. Trends in the tending of young stands and its mechanisation in Finland, Report no 2, Skogforsk, 1996. Uppsala.
- Lindman, J., Näslund, B. Å., Olsson, P. & Samuelsson, H. 1985. Radförband. Redogörelse nr 8, 1985. Skogsarbeten, Kista.
- Mitchell, J. L. & St-Amour, M. 1995. Silvana selective/ Ford Versatile cleaning machine working in Western Canada, Technical note nr 225, FERIC, Vancouver.
- Pettersson, F. 2001. effekter av olika röjningsåtgärder på beståndsutvecklingen i tallskog. Redogörelse nr 4, 2001. Skogforsk, Uppsala. ISSN 1103–4580.
- Pettersson, N. 1986. Korridoröjning i självsådd tallungskog, Report no 17, 1986. SLU, Garpenberg.
- Reynolds, R. D. 1997. Evaluation of a GPS navigation system in mechanized precommercial strip thinning. Field note no 98, FERIC, Vancouver.
- Ryans, M. 1988. Mechanized precommercial thinning methods, Special report, FERIC, Vancouver.
- St-Amour, M. 1998a. A trial of the Gyro-trac brushcutter in precommercial strip thinning, Field note no 113, FERIC, Vancouver.
- St-Amour, M. 1998b. Evaluation of the Brushco 742C Brushcutter in precommercial strip thinning, Field note no 102, FERIC, Vancouver.

Bilaga 1

Fältblankett

	M1					S1							M2					S2							M3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5
1																													
2																													
3																													

X kord. X kord.

YKord..... YKord.....

Efter avverkningen

ID	Ruta	T	G	L	Planterad/ Självför. P/S	Kval. A/B	Höjd Dm	Dia. cm	Höjd dm	Dia. cm	Avv.	Avverkningsskada Stam/Rot

Behandling, S, K el. M
 Belägenhet, N, S el. M
 Upprepning 1-3
 Avstånd 0-250 m

ID: Ex N mo 01 105 01
 N= norra Sverige
 01= första upprepningen
 105 = 105 m från blockkant
 01 = stammens löpnummer

 Ruta: Ex M1 1/3
 M1 = mellanzon 1
 1/3 = ruta 1 vertikalt och 3 horisontellt

 Höjd/ diameter: före och efter avv
 Mät ÖH samt medelstam för barr samt för löv