

# Möjligheter och utmaningar inom maskinell röjning

Mechanised cleaning: Prospects and Challenges



## Summary

Motor-manual cleaning is still the dominant method in management of seedling stands in the Nordic region. Well-established method has enabled good results at, so far, an acceptable cost. However, costs of motor-manual cleaning have risen slightly in recent years due to an increasing labour shortage, so interest has once again turned towards mechanising silvicultural measures, including cleaning of seedling stands.

Up to now, it is primarily the high cost per hour of operating the base machine (usually harvester) that has prevented mechanisation of cleaning of seedling stands. The high cost level has not been compensated by better results; in fact, the outcome is worse when mechanisation is used.

In recent years, Nordic forest companies have invested in developing methods for cleaning seedling stands by removing unwanted saplings with their roots. The hypothesis is that removing the unwanted saplings with the roots prevents stump shoots so efficiently that, in the best-case scenario, the seedling stand only needs one cleaning. In such cases, the higher cost of mechanized cleaning is compensated by a better forestry outcome.

Is root removal the long-awaited breakthrough for mechanisation of cleaning of seedling stands? Our field study, supported by more recent scientific research, shows that the method has some potential. As root removal takes place during an early phase, the machine can straddle plants without damaging too many main (i.e. conifer) seedlings, while retaining a high level of productivity. In addition, at least short-term (i.e. soon after root removal) forestry results seem to be acceptable. However, seedling stands where the unwanted saplings have been removed with their roots must be followed up over many years before the improved results of the method can be scientifically verified.



## Förord

Detta projekt finansierades av Holmen Skog AB och av Skogforsks rammedel.

**På omslagsbild:** En förnygringsyta som planterats manuellt för sju år sedan i sydöstra Finland. Fotona är tagna precis före och efter den första manuella röjningen. Antal stammar före röjningen var ca 12 000 st. (till vänster) och efter ca 1 800 st. (till höger).  
Foton: Pekka Manner

Uppsala i december 2017

Jussi Manner, Robert Johansson, Erik Normark, Hagos Lundström, Petrus Jönsson

## Innehåll

Summary.....	2
Förord .....	3
Sammanfattning.....	5
Bakgrund .....	6
Beståndet ska röjas .....	6
Selektiv upptagning av røjstammar med rötterna .....	8
Naarva Uprooter .....	8
Pilottest av en provbänk .....	8
Sammanfattning och slutsatser av pilottestet .....	9
Rottryckning - Genombrott för maskinell vård av plantbestånd.....	10
Kunskapsbehov inom maskinell røjning .....	12
Ihållande røjningseffekt med rottryckning – fältstudier .....	12
Syssetsättningsgrad hos entreprenör vid maskinell røjning – simulering.....	12
Utvärdering av nya tekniska lösningar inom maskinell røjning .....	12
Referenser.....	13

## Sammanfattning

Den dominerande metoden för att sköta plantbestånd och ungskog i Norden är fortfarande motormanuell röjning. Idag gör väletablerade metoder att det är möjligt att få goda skogsvårdresultat, hittills till en godtagbar kostnad. Dock har en ökande brist på arbetskraft lett till en kostnadsökning för motormanuell röjning och därför har intresset för att mekanisera röjningen ökat igen.

Hittills är det i första hand basmaskinens (i de flesta fall skördarens) höga timkostnad som förhindrat en mekanisering av röjningen. I andra hand är det att den höga kostnadsnivån inte kunnat kompenseras med bättre skogsvårdresultat. Istället har läget snarare varit tvärtom, en högre kostnad med sämre resultat. Nordiska skogsföretag har under de senaste åren satsat på att utveckla metoder för att röja plantbestånd genom att rycka upp røjstammar med rötterna. Genom att avlägsna røjstammarna med rötterna, d.v.s. rot-rycka, förmodas uppkomsten av stubbskott förhindras och plantbeståndet behöver i bästa fall bara röjas bara en gång. Om det stämmer kan en högre røjningskostnad kompenseras med bättre skogsvårdresultat.

Kan rottryckningen bli det efterlängtade genombrottet för mekanisering av plantbestånd- och ungskogsskötsel? Vår fältstudie, med stöd av nyare vetenskaplig forskning, visar att metodiken har viss potential. Eftersom rottryckningsåtgärden sätts in i en tidig fas kan maskinen grensla plantor utan att skada alltför många huvudstammar och samtidigt bibehålla hög prestationsnivå. De kortvariga skogsvårdresultaten (d.v.s. strax efter rottryckningen) verkar godtagbara. För att metodiken ska kunna verifieras vetenskapligt måste dock plantbestånden följas upp under flera år.

# Bakgrund

## BESTÅNDET SKALL RÖJAS

Nuvärdesberäkningar av skogens nettovärde visar att plantbestånd skall röjas och att utebliven röjning leder till försämrad beståndsekonomi över en omloppstid (Hämäläinen m.fl. 2013). Valet av röjningsform, vilken metodik som ska användas, beror på förutsättningarna.

### Röjningsformer

Röjningen kan utföras enligt olika röjningsformer som grovt kan delas upp i två kategorier:

1. **Selektiv röjning** innebär att trädens egenskaper i första hand avgör vilka stammar som lämnas. I andra hand skall avståndet mellan träden vara jämnt. Idag är motormanuellt utförd selektiv röjning helt dominerande i Sverige.
2. **Schematisk (eller geometrisk) röjning** innebär att regelbundna stråk eller korridorer röjs i beståndet. Ingen hänsyn tas till trädens egenskaper utan trädens placering bestämmer vilka stammar som lämnas (Figur 1).

**Selektiv maskinell röjning** har traditionellt utförts med kranspetsmonterat röjningsaggregat genom att skära, slå, klippa, såga eller mala ned röstammarna (Figurer 2–3). Att använda skotare eller skördare som basmaskin innebär att röjningen bör utföras då huvudstammarna är ca en meter höga (Figur 4). Detta för att det är möjligt att grensla huvudstammarna med basmaskinen utan att skada dem. Vid denna höjd är också huvudstammarna väl synliga, något som underlättar arbetet (Kukkonen & Kukkonen 2013). Det relativt tidiga ingreppet innebär dessvärre att gynnsamma förhållanden skapas för en ny generation av lövsly, och risken ökar för att beståndet måste röjas en andra gång innan förstagallring. Det behövs dock oftast två röjningstillfällen även vid motormanuell röjning. Å andra sidan är motormanuell röjning i regel är billigare än maskinell röjning. Dessutom kan röjningstidpunkter väljas friare med motormanuell röjning jämfört med maskinell.

Alternativt kan maskinell röjning utföras senare, exempelvis vid ca 15 års ålder (Figur 2). Då måste stickvägar öppnas, något som riskerar att påverka beståndets produktionsförmåga negativt. Möjligheten att återanvända stickvägarna vid senare gallringar har dock diskuterats. Problemet är att maskinell röjning kräver tätare stickvägsnätverk, d.v.s. kortare stickvägsavstånd, än gallring (Kallioniemi 2011).

Den relativt låga kostnaden för motormanuell röjning har medfört att maskinell röjning inte fått något genombrott i Norden. Maskinell röjning är dock något vanligare i Finland än i Sverige och enligt finländska studier av Strandström och Poikela (2010) och Hämäläinen m.fl. (2013) kan UW40-slyröjare, monterad på en beståndgående miniskördare, vara ekonomiskt konkurrenskraftig gentemot motormanuell röjning under vissa förutsättningar.

**Schematisk (alt. geometrisk) röjning** utförs alltid maskinellt (Figur 1). Hittills har det inte funnits kommersiellt fungerande koncept för mekaniserad röjning på den nordiska marknaden (Pettersson m.fl. 2012; Hämäläinen m.fl. 2013). Bergkvist och Nordén (2004) samt Bergkvist (2006) har studerat några maskinprototyper för schematisk röjning. De här studierna har visat godtagbara resultat för schematisk röjning, i detta fall stråkröjning. Tyvärr har praktiska erfarenheter av stråkröjning i ett stort antal bestånd dock visat

att metoden i dagsläget inte kan konkurrera med motormanuell röjning. Dels är det inte billigare, och dels finns en utbredd ovilja mot att gå in med maskiner i röjningsbestånd för att utföra schematisk röjning. På grund av detta finns det idag inte några maskiner av denna typ i praktisk drift (Pettersson m.fl. 2012). Enligt simulering av Hämäläinen m.fl. (2013) genererar selektiva gallringsformer högre nettonuvärde över hela omloppstiden än de schematiska. Det beror på att produktion och kvalitet i beståndet blir sämre vid schematisk röjning på grund av tvingande uttag (Hämäläinen m.fl. 2013).

Röjningsformerna kan också kombineras, och då skulle man först öppna schematiska stråk och därefter röja selektivt mellan de öppnade stråken (Pettersson m.fl. 2012; Olika sätt att röja 2016). För att en kombinationsmetodik ska vara realistisk i planteringar krävs i princip att plantorna är planterade i geometriska förband. På det viset slipper man röja bort planterade huvudplantor (Olika sätt att röja, 2016). För att vara ekonomisk konkurrenskraftig skulle metoden förutsätta stora objekt som dessutom ligger geografiskt nära varandra. Om förhållandena är annorlunda blir tidsandelen för förberedelse- och flytt mellan objekten för stor och eventuella prestationsfördelar jämfört med att röja hela plantbeståndet selektivt försvinner. Dessutom kan andra faktorer, exempelvis stenighet, försvåra plantering i regelbundna geometriska förband.



Figur 1. Referensram över metodikval för röjning av plantbestånd.

## Selektiv upptagning av röstammar med rötterna

Det huvudsakliga syftet med att dra upp röstammar med rötterna är det samma som med konventionell röstning: att minska närings- och ljuskonkurrens för de kvarvarande stammarna. Konventionell röstning utförs genom att skära, såga eller klippa röstammar. Effekten av den här lösningen är dessvärre kortvarig, eftersom röstammar växer tillbaka genom stubbskott, och plantbeståndet måste därför ofta röjas en andra gång. Genom att istället avlägsna röstammarna med rötterna skulle uppkomsten av stubbskott kunna förhindras. Två nordiska skogsföretag, Holmen Skog och UPM Skog har under de senaste åren satsat på att utveckla metoder för att röja plantbestånd genom att rycka upp röstammar med rötterna.

### NAARVA UPROOTER

UPM Skog har utvecklat ett kommersiellt röstaggregat, Naarva Uprooter, i samarbete med verkstaden Pentin Paja Oy. Det har funnits flera modellgenerationer på Uprooter, men i dagsläget används två varianter: liten (P25) och stor (P55). Oavsett åldersgenerationen är själva tekniken densamma och bygger på att röstammar kläms fast i ett kranspetsmonterat röjhuvud med en skördare som basmaskin. De fastklämda röstammarna dras upp med rötterna genom att lyfta kranspetsen (Figur 4). Uprooters prestation är väl studerad, både praktiskt och vetenskapligt (Hallongren & Rantala 2013). Intresset för tekniken baseras på antagandet att en andraröstning inte behöver utföras efter röstning med Uprooter. De långsiktiga effekterna på ungskogsbeståndet behöver dock undersökas mer utförligt. Mer om de långsiktiga effekterna finns i avsnittet ”Rotryckning – genombrott för maskinell vård av plantbestånd?”.

### PILOTTEST AV EN PROVBÄNK

Holmen Skog är involverade i utvecklingsprojektet ”Rotryckan” där en provbänk testats. Utvärderingen av Rotryckan genomfördes tillsammans med skogsmaskinföretaget Daniels Skogsentreprenad, som hittills använt Naarva Uprooter. Rotryckan saknar patentskydd vilket innebär att beskrivningen av den tekniska konstruktionen enbart kan ske på en övergripande nivå. Rotryckan är kranspetsmonterad på en skördare, precis som Naarva Uprooter. Skillnaden är att rottryckningen sker kontinuerligt utan att aggregat och kranspets behöver lyftas och sänkas mellan varje arbetsmoment (jmf. Uprooter, Figur 4). Hypotesen är att man genom att använda svepande kranspetsrörelser, i stället för att lyfta-sänka, skulle kunna öka prestationen avsevärt.

Skogforsk och Holmen Skog utförde våren 2017 ett pilottest av Rotryckan. Studien genomfördes i Hälsingland och syftet var att jämföra prestationen mellan Rotryckan och Uprooter. Det gick inte att arrangera en klassisk jämförande studie där båda aggregaten användes av samma förare under lika förutsättningar. Istället studerades Rotryckan var efter resultaten från studien jämfördes med erfarenhetstal från tidigare studier med Uprooter.

Rotryckans prestation studerades, den var i genomsnitt 6,4 G<sub>0</sub>-h/ha under testet. Den röjda arealen var totalt 0,28 ha och maskinen kördes av två förare. Naarva Uprooter:s prestation beräknades genom att utnyttja en regressionsmodell (prestationsfunktion) av Hallongren och Rantala (2013). För att kunna beräkna prestationen samlades följande förklaringsvariabler in från plantbeståndet (före röstning) där Rotryckan testades: antal lövträd per hektar, längd på lövträd och årstid (Tabell 1). Modellen gav en grov uppfattning över hur Naarva Uprooter hade presterat under samma förutsättningar, men med svagheten att förarinverkan är nästintill omöjligt att kontrollera.



Tabell 1. Regressionsmodell (prestationsfunktion) av Hallongren och Rantala (2013) för Naarva Uprooter:s prestation i G<sub>0</sub>-timme/ha. Uppmätta variabler beskriver förutsättningar under pilottestet.

	Förklaringsvariabel [sort]	Koefficient	Uppmätt
1	Antal lövträd per hektar [1000 st/ha]	0,2	32 <sup>(a)</sup>
2	Längd på lövträd [cm]	0,04	110,6 <sup>(a)</sup>
3	Årstid [vår eller sommar]: <i>Vår</i> <i>Sommar</i>	0,898 0	1 (1 = "ja") 0 (0 = "nej")
5	Uprooter-modell [P25 eller P55]: <i>P25</i> <i>P55</i>	0 0,082	– –
6	Förare <sup>(b)</sup> [snabb eller långsam]: <i>Snabb</i> <i>Långsam</i>	0 0,783	– –
7	Konstant	-1,402	

<sup>(a)</sup> Medelvärde på flera stickprover.

<sup>(b)</sup> Om man antar medelförare är koefficienten  $(0+0,783)/2 = 0,392$

(-) Innebär att variabeln inte har uppmätts under pilottestet.

Värdena i Tabell 1 ska tolkas på följande sätt: arbetet under våren tar 0,898 G<sub>0</sub>-timmar/ha mindre än under sommarn. Förklaringen är att löven försvårar sikten, vilket försvårar arbetet. I praktiken finns det ingen prestationsskillnad mellan Naarva Uprooter:s två olika aggregatstorlekar, P25 behöver 0,082 G<sub>0</sub>-timmar/ha mindre än P55. En långsam förare behöver 0,783 G<sub>0</sub>-timme/ha mer än en snabb förare. I regressionsmodellen för P25 nedan [1] har vi antagit att en medelförare skulle behöva 0,392 G<sub>0</sub>-timmar/ha mer än snabb förare, eller omvänt 0,392 G<sub>0</sub>-timmar/ha mindre än långsam förare.

Följaktligen beräknas P25:s prestation, i G<sub>0</sub>-h/ha, på följande sätt (jmf. Tabell 1):

$$0,2 \times 32 + 0,04 \times 110,6 - 0,898 + 0,392 - 1,402 = 8,9 \quad [1]$$

### Sammanfattning och slutsatser av pilottestet

Naarva Uprooter P25 skulle behöva ca 40 % mer tid per röjd hektar jämfört med Rotryckan (8,9 mot 6,4 G<sub>0</sub>-h/ha). Metodiken som användes i vårt pilottest möjliggör dock bara en grov uppskattning av prestationsskillnaden. Resultaten bedöms dock som lovande för Rotryckan vars prestation är minst något högre än Naarva Uprooter.

Högre prestation är också ett krav på Rotryckan eftersom det är en mer komplicerad konstruktion än Uprooter, något som troligen också medför en högre driftkostnad. Även om Rotryckan skulle kosta betydligt mer än Uprooter har det höga inköpspriset, beräknad med 5 % internränta, enbart en marginell inverkan på lönsamheten. Högre avskrivningar påverkar lönsamheten måttligt. Analysen av pilottestet innebär ett antagande om lika skogvårdsresultat för de båda rottryckande aggregaten. (Källa: ej publicerad kostnads-kalkyl av artikelns författare.)

Enligt befintlig litteratur är "måttliga" skador vid tidiga maskinella rönjningar ganska vanliga (Rantala & Kautto 2011; Hallongren & Rantala 2013; Peltoniemi 2016). Ett exempel är att plantbestånd rönjda med Uprooter ofta har skadats av däcken (Figur 4). Även om inga skadade plantor rapporterades under pilottestet av Rotryckan är risken för

skadade plantor förmodligen samma, oavsett om man använder Naarva Uprooter eller Rotryckan. Däremot är skaderisken avsevärt högre vid sena(re) maskinella röjningar, vid ca 15 års ålder (Figur 2). Då skadas vanligtvis plantorna som står närmast stickvägar av aggregatet, bommen eller basmaskinen (Kallioniemi 2011).

## ROTRYCKNING – GENOMBROTT FÖR MASKINELL VÅRD AV PLANTBESTÅND?

Rotryckningens (Naarva Uprooter) prestation jämfört med motormanuell röjning är välstuderad och dess röjningsresultat är av god kvalitet (Rantala & Kautto 2011; Hallongren & Rantala 2013; Hallongren m.fl. 2016). Maskinell röjning är dock en så pass dyr skogskötselåtgärd, p.g.a. hög kostnad för basmaskinen, att det oftast måste kunna motiveras med bättre arbets kvalitet, d.v.s., *ihållande röjningseffekt*. Tidig maskinell röjning, utförd med traditionell metodik (såsom kapning, klippning eller sågning), bidrar inte till att öka den ihållande röjningseffekten. Rotryckning kan däremot möjligtvis bidra till ökad ihållande röjningseffekt och i och med det vara ekonomiskt konkurrenskraftig (Rantala & Kautto 2011; Hallongren & Rantala 2013; Kukkonen & Kukkonen 2013; Peltoniemi 2016). En förenklad tumregel är att en rottryckningsåtgärd ska motsvara två konventionella motormanuella röjningar. I bästa fall behöver plantbeståndet då bara röjas en gång. Detta gäller speciellt för bestånd med högre bonitet där två röjningsingrepp är vanligare.

Sammanfattningsvis kan rottryckning vara nyckeln till en ekonomisk konkurrenskraftig maskinell röjning, men mer kunskap och bevis på rottryckningens ihållande röjningseffekt behövs.



Figur 2. Finländska Usewood Oy:s UW40-slyröjare (röjaggregat) utrustas antingen med såg eller bett. W40 monteras på en beståndsgående basmaskin och den marknadsförs både i Finland och i Sverige som ett paket med Usewood PRO -miniskördare (på foto) vars vikt är 1,8–2,3 ton och effekt 18–33 kW (Usewood Oy 2017; Terrängservice AB 2017).

Sen maskinell röjning förutsätter öppning av stickvägar.

Figuren är modifierad från foton av <http://www.puuntuottaja.com/>



Figur 3. MenSe RP40 -röjaggregat från MenSe Oy, Finland.  
Foto: <http://www.puuntuottaja.com/>



Figur 4. Naarva Uprooter från Pentin Paja Oy, Finland.

Vid tidiga maskinella röjningar kan maskinen grensla plantor och därmed behövs inga stickvägar.

Foto: Hannes Mäntyranta

## **Kunskapsbehov inom maskinell röjning**

Möjligheter att mekanisera skötsel av plant- och ungskog både i Finland och Sverige har studerats från 1980-talet och framåt. Det finns ett behov av att samla dessa erfarenheter för en aktuell lägesbeskrivning. En omfattande litteraturstudie av både arbetsrapporter och vetenskapliga studier skulle underlätta för att synliggöra erfarenheterna. Några tydliga kunskapsluckor kan kartläggas redan nu och nedan har vi gjort ett förslag till en prioritetsföljd.

### **IHÅLLANDE RÖJNINGSEFFEKT MED ROTRYCKNING – FÄLTSTUDIER**

Trots lovande inventeringsresultat strax efter Uprooter-röjning är långvariga effekter av rotryckning okända. Det behövs en kartläggning över vilka slags bestånd som är ekonomiskt lämpliga för rotryckning, t. ex. bonitetsklass, trädslags, använd föryngringsmetod (sådd, plantering, fröträdsställning) etc. Dessa frågor kan endast besvaras genom att inventera de gamla Uprooter-objekten.

### **SYSSELSÄTTNINGSGRAD HOS ENTREPRENÖR VID MASKINELL RÖJNING – SIMULERING**

En röjningssäsong varar ca 6–10 månader. För att basmaskinen (entreprenör) skall kunna sysselsättas till en tillfredställande grad över en hel röjningssäsong kommer basmaskinen förmodligen att användas parallellt även vid drivningsarbete. För att arbetsplanering inte skulle försvåras orimligt är det viktigt att röjningsarbete (eller drivningsarbete) kan utföras i relativt långa sammanhängande perioder utan att entreprenören ständigt behöver växla mellan avverknings- och röjningsaggregat under röjningssäsongen. Det varierande utbudet av röjningsobjekt som är lämpliga för en tidig maskinell röjning, inom ett givet geografiskt område, kan simuleras. Själva utbudet av objekten är bara en del av problemet; faktorer såsom väder ska också inkludera i simuleringarna. Utmaning är att en tidig maskinell röjning måste utföras inom ett visst givet tidsfönster. Frågan är komplex men kan besvaras med hjälp av simulering.

### **UTVÄRDERING AV NYA TEKNISKA LÖSNINGAR INOM MASKINELL RÖJNING**

Rotryckning verkar vara ett lovande utvecklingsspår för mekanisering av röjning av plant- och ungskog. Utveckling av befintliga protyper/testbänkar samt helt nya tekniska lösningar kan naturligtvis pågå vid sidan av högre prioriterade forskningsspår. För att kunna utveckla konkurrenskraftiga produkter är det dock viktigt att få svar på forskningsfrågorna ovan.

## Referenser

- Bergkvist, I. & Nordén, B. 2004. Stråkröjning billigare och effektivare än selektiv röjning. Resultat nr 20 2004. Skogforsk
- Bergkvist, I. 2006. Praktisk uppföljning visar att stråkröjning har stor potential. Resultat nr 2 2006. Skogforsk
- Hallongren, H., Kankaanhuhta, V. & Kukkonen, M. 2016. Cleaning Scots pine seedling stands with mechanical uprooters – a work quality comparison of two related devices. *Silva Fennica* vol. 50 no. 3 article id 1514. 15 p.
- Hallongren, H. & Rantala, J. 2013. A search for better competitiveness in mechanized early cleaning through product development: evaluation of two Naarva uprooters. *International Journal of Forest Engineering* 24:91–100.
- Hämäläinen, J., Strandström, M., Saarinen, V-M., Hynynen, J., Saksa, T. & Hyyti, H. 2013. Koneellisen taimikonhoidon kustannustehokkuuden parantaminen. *Metsätehon raportti* 228.
- Kallioniemi, P. 2011. MenSe-raivauspäällä varustetulla metsäkoneella toteutetun koneellisen taimikonhoidon työnjälki ja puuntuotannolliset vaikutukset varttuneessa taimikossa. Helsingfors universitet. Magisteruppsats.
- Kukkonen, M. & Kukkonen, E. 2013. Koneellinen metsänhoito. Karelia -ammattikorkeakoulu. Rantala J. & Kautto K. 2011. Koneellinen kitkentä taimikon varhaisperkauksessa – työajanmenekki, kustannukset ja työjäljen laatu. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2011: 3–12.
- Olika sätt att röja 2016. Skogskunskap. <https://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/roja/rojningens-nar-var-hur/olika-satt-att-roja/> [hämtat 2017-10-20]
- Peltoniemi, T. 2016. Taimikon koneellisen varhaisperkauksen onnistuminen. Seinäjoen ammattikorkeakoulu (yrkeshögskola). Examensarbete.
- Pettersson, N., Fahlvik, N. & Karlsson, A. 2012. Röjning. Skogsskötselserien, Andra omarbetade upplagan. Skogsstyrelsens förlag.
- Strandström, M. & Poikela, A. 2010. UW40-risuravain koneellisessa taimikonhoidossa. *Metsätehon tulosalvosarja* 12/2010.
- Terrängservice AB 2017. <http://www.terrangservice.se/> [hämtat 2017-05-20]
- Usewood Oy 2017. <http://www.usewood.fi/index.php/fi/> [hämtat 2017-05-20]

