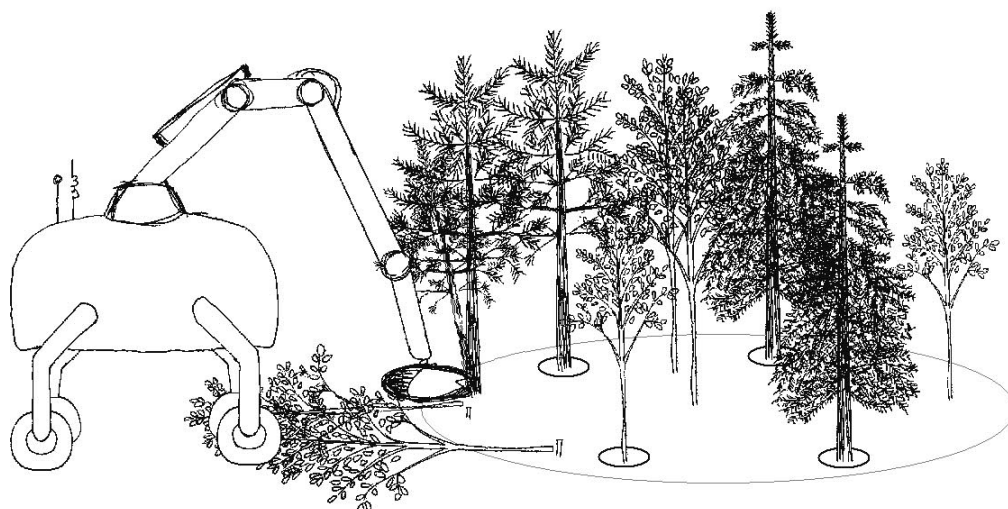


KARINVESTLUND

Kan robotar röja skog?

- Røjning anses idag vara dyrt. Kanske kan arbetet utföras med robotar?
- De främsta kraven på en røjningsrobot är att den på ett kostnadseffektivt, säkert och tillförlitligt sätt producerar ett godkänt røjningsresultat.
- Selektiv røjning föredras i Sverige, varför stamvalet måste kunna automatiseras. Ett beslutsstöd för praktisk røjning som bygger på trädslag, position, diameter och skada har därför utvecklats.
- Beslutsstödet kan även bli användbart som ett objektiva hjälpmedel vid traditionell motormanuell røjning.



Figur 1. En illustration av en robot som røjter ungskog. De fyra träden med cirklar är valda att stå kvar efter røjningen och övriga skattas bort.

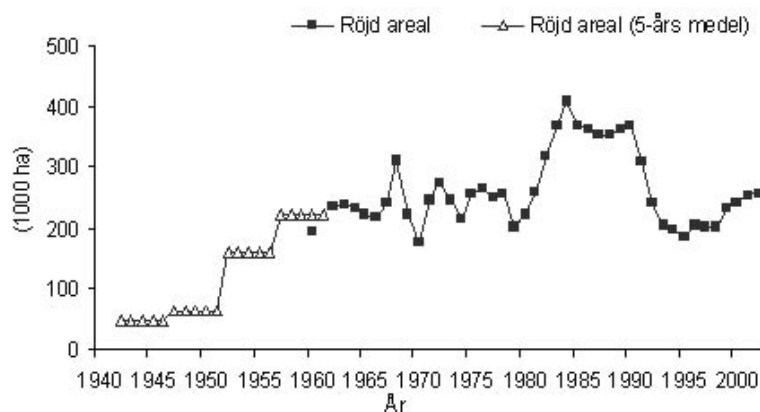
Några år efter att ny skog anlagts måste vanligtvis antalet träd reduceras genom röjning och i ett senare skede gallring, så att de träd som står kvar i beståndet får förbättrade tillväxtmöjligheter. Ett träds tillväxt påverkas av en mängd faktorer, och i täta bestånd ökar volymtillväxten per träd om antalet stammar per hektar minskas, eftersom kvarstående träd får en ökad tillgång på näring, vatten och ljus.

Både röjning och gallring är således beståndsvårdande åtgärder som gynnar kvarvarande träd. Skillnaden mellan röjning och gallring är att stammar som avverkat vid gallring kan användas inom massa- och/ellersågverksindustrin medan avverkat stammar i röjning oftast lämnas kvar i skogen eller används för energiändamål. Skogsstyrelsen definierar röjning som en utglesning av skog där de avverkat stammarna har en medeldiameter mindre än 10 cm i brösthöjd.

Det finns flera olika sätt att utföra röjning, och en central fråga är det röjningsmönster som väljs. Det finns i princip tre olika röjningsmönster, selektivt, geometriskt och kombination av selektivt och geometriskt. Vid selektiv röjning, vilket är det vanligaste röjningsmönstret i Sverige, väljs vilka stammar som ska stå kvar i beståndet individuellt, till skillnad från geometrisk röjning där samtliga stammar i olika typer av korridorer röjs bort. Hur röjningen utförs beror på utgångsläget och vilka mål man har för beståndet.

Antalet stammar som ska stå kvar efter utförd röjning, och när röjningen ska ske, beror bland annat på hur beståndet ser ut, dess ålder, markens naturgivna virkesproducerande förmåga och risken för älgskador samt om beståndet sköts med inriktning på volym eller kvalitet. Svenska röjningsmanualer anger vanligtvis att barrbestånd bör ha mellan 1 400 och 4 000 stammar per hektar efter röjning då beståndet är ungefär tre meter högt. I skogar som sköts med andra mål än virkesproduktion kan efterfrågan på en viss typ av skog påverka röjningen.

De senaste åren har röjning utförts på ca 250 000 hektar i Sverige.



Figur 2. Total röjd areal i Sverige enligt Skogsstyrelsen 1942-2002.

Fram till 1994 var röjning reglerad i skogsvårdslagen och under 1980-talet var därför röjningsaktiviteten högre (Figur 2).

De flesta röjningsmanualer anger att röjning bör ske när beståndet är 3 meter högt, men trenden är att röjningarna oftare görs när bestånden blivit högre och äldre, vid ca 5 meters höjd. Detta beror till viss del på att man vill undvika älgskador men kan även bero på att röjningsåtgärden blivit eftersatt.

Vissa bedömare anser att det finns akut röjningsbehov på ca 300 000 ha idag. Undersökningar visar även att dagens röjningar kan betecknas som svaga, det vill säga bestånden innehåller fler stammar per hektar efter röjning idag än för 20 år sedan. Detta kan ha sin grund i att röjningarna anses dyra. Den genomsnittliga kostnaden har de senaste tio åren legat kring 2 000 kr per hektar.

Det betyder att röjningskostnaden reellt sett sjunkit, vilket har gjort att röjare idag anser att arbetet blivit mer stressigt. Det har också blivit allt svårare att rekrytera personal till det ansträngande arbetet vilket har ökat intresset att mekanisera arbetet. Røjmotorsågen introducerades under 1950-talet och försök att mekanisera röjningen skedde under 1970- och 80-talen, men mekaniserad röjning har hittills totalt sett visat osäker lönsamhet samt skapat stressig förarmiljö. Idag finns därför knappast någon röjningsmaskin i drift, utan röjning utförs alltjämt med røjmotorsåg och är således en personalintensiv åtgärd. Terränggående autonoma robotar kan vara

en lösning men då krävs nya kunskaper. Med autonom menas att "föraren" inte ska styra maskinen direkt utan arbetsleda en eller flera maskiner.

Vilka krav måste en framtida röjningsrobot uppfylla?

De viktigaste kraven på framtida röjningsrobotar är att de måste vara kostnadseffektiva samtidigt som de presterar ett godkänt röjningsresultat. De måste även vara tillförlitliga och säkra, det vill säga kunna arbeta dygnet och året runt självständigt utan kontinuerlig tillsyn under flera timmar i föränderlig och okänd skogsmiljö utan att haverera eller skada djur, människor och kvarstående skog. Röjningsrobotarna måste kunna navigera och orientera sig automatiskt, samt finna, välja och behandla träd i hela beståndet i enlighet med givna instruktioner.

Maskinellt seende samt radar- och lasersensorer är möjliga tekniker för att ta sig fram i terrängen, identifiera stammar och kontrollera röjningsaggregatet. Det är redan idag möjligt att, i bilder av ungskog framställda med hjälp av data från en laserscanner, hitta träd och mäta deras höjd och diameter. Det behövs dock utökade studier för att förbättra tillförlitligheten, eftersom toppen av träden till viss del missas och delar av grenar kan klassificeras som stam.

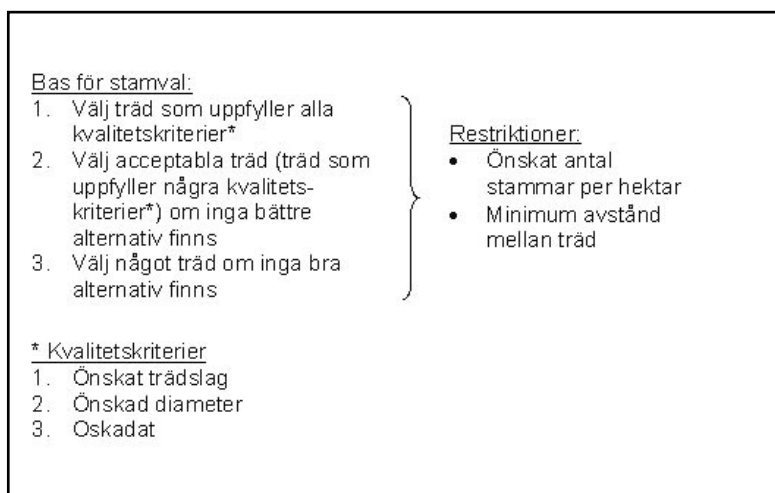
Ovan nämnda typer av sensorer kan troligen också användas för att skydda omgivningen, men därtill behövs bland annat lutningsmätare för att skydda maskinen från haveri. Kostnaderna kan förhoppningsvis hållas nere om lösningar från till exempel multimedia och bilindustrin kan nyttjas. Det finns redan autonoma system utvecklade inom andra områden. Det finns också några små skogsmaskiner och ett röjningsaggregat som skulle kunna användas för utveckling av ett autonomt röjnings-system.

Stamval idag

Förutom hårdvara krävs mjukvara. Vid selektiv röjning har man som tidigare nämnts stor möjlighet att välja vilka stammar som ska stå kvar. Frågan är vilka egenskaper som ska prioriteras. Stamval är ett kritiskt steg i automatiseringsprocessen och för att skapa datorbaserade röjningsregler måste dagens röjningsmanualer kombineras med röjarnas tysta kunskap. Intervjuer med röjare visade att instruktionerna som röjarna ges ofta är schablonartade, vilket gör att röjarna till stor del själva avgör hur arbetet ska utföras. Erfarna röjare uppger att valet sker "automatiskt", medan oerfarna röjare kan behöva tänka en kort stund.

Tiden för valet är dock begränsad, och röjare upplever att tidspressen har ökat eftersom betalningen legat still de senaste tio åren. Detta gör att de hela tiden ser sig om i beståndet för att värdera träden. Då oerfarna röjare känner pressen att prestera en viss röjd areal per dag resulterar detta ofta i att de lämnar för många träd. Samtidigt kan de ha svårare att upptäcka skadade träd.

Oavsett erfarenhet använder sig röjarna av likartade egenskaper hos stammarna för att välja vilka stammar som ska röjas bort respektive stå kvar. Detta trots att stamvalsinstruktionerna ofta är oklara. De föredrar raka, friska stammar av rätt trädslag och med rätt storlek och position i förhållande till övriga stammar, men även andra stammar som inte uppfyller dessa krav måste lämnas för att antalet stammar per hektar inte ska bli för få. Vid jämförelse mellan röjarnas implicita "regler" och publicerade instruktioner märks tydliga skillnader



Figur 3. Generella regler i det presenterade beslutsstödet för praktisk automatisk röjning.

när det gäller önskat stamantal och tillåten höjd på kvarvarande småstammar. Det finns även skillnader beträffande oönskade egenskaper. Uppföljning av gjorda röjningar är ganska generell, och det är sällan röjarna får ta del av den. Uppdragsgivaren och röjarna har idag inte mycket kontakt.

Tidigare ordnade skogsbolagen utbildningsdagar då röjare fick direkt respons av en expert efter utförd röjning. Erfarna röjare säger sig inte sakna denna typ av återkoppling, men bristen på respons gör att röjarna får svårt att veta om deras resultat är bra eller dåligt, vilket också gör att de får svårt att lära sig av erfarenhet.

Således kan och bör stamvalen inte baseras på röjarnas implicita "regler", utan de bör istället baseras på de träd-egenskaper som lyfts fram i röjningsinstruktioner.

Beslutsstöd – automatiserat stamval

Det utvecklade beslutsstödet använder egenskaperna trädslag, position, diameter och skada för att välja stammar. Egenskaperna är valda för att vara möjliga att mäta automatiskt. Eftersom sikten i bestånden vanligen är runt fem meter arbetar beslutsstödet med data inom en avgränsad yta. I stora drag väljs i första hand önskvärda träd inom denna yta, men även andra träd kan tillåtas för att målen om stamantal och lövandel i hela beståndet ska kunna uppnås (Figur 3).

Utvärdering av beslutsstödet

Resultatet av sex simuleringar i 17 olika skogsbestånd med olika instruktioner i beslutsstödet visar att beståndens ursprungliga tillstånd påverkar resultaten men att målen generellt kan nås. Stamantalet efter de simulerade röjningarna avvek från målvärdet med -20 till +6 %. Lövandelen ändrades mot målvärdet, och andelen skadade stammar minskade från 14–90 % till 4–13 %. Medeldiametern ökade med 40–56 % efter de olika simuleringarna, och minimiavståndet mellan stammar överskreds aldrig.

Denna traditionella utvärdering visar att beslutsstödet fungerar och att det verkar ge acceptabla resultat i flera typer av skog.

För att ytterligare utvärdera beslutsstödet gjordes en jämförelse mellan tolv röjare och två simuleringar i sex olika skogsbestånd. Först kördes en simulering med generella inställningar och sedan en som anpassats för att likna röjarnas resultat. Det visade sig att resultaten påverkades mer av bestånden än av huruvida röjningen utförts av röjare eller dator.

Andelen skadade stammar och lövandelen påverkades av lokalen. Röjarna hade högre skade- och lövandel än den "generella" simuleringen. Beslutsstödet valde dock till mer än 80 % samma stammar som minst en av röjarna. Denna utvärdering visade också att olika röjare väljer olika träd och att de i stor utsträckning lämnar fler träd än vad som föreskrivs i den instruktion de fått.

Beslutsstödet utvärderades även på så sätt att några personer utan skoglig bakgrund fick röja i enlighet med de förslag beslutsstödet gav. De uppnådde ett mycket homogent resultat, vilket indikerar att beslutsstödet verkar vara användbart, flexibelt och robust. Det kan anpassas så att det ger resultat som liknar røjarnas och det bör kunna användas som ett objektvt hjälpmedel vid motormanuell røjning.

För att användas av människor bör dock beslutsstödet anpassas så att det blir mer användarvänligt. I detta fall kan även andra egenskaper som till exempel höjd användas, då inget krav finns att de valda egenskaperna måste kunna mätas automatiskt.

Robotar i framtidens ungskog?

Kommer framtidens ungskogrøjning att utföras av robotar? Kanske, men det är en lång väg kvar att gå. Fördelarna med ett autonomt røjningssystem måste upplevas vara så stora att man är beredd att satsa på utvecklingsarbete. Några av de autonoma maskiner som utvecklats för andra ändamål bör kunna vidareutvecklas till arbetsmaskiner för skogsbruket, men för att detta ska kunna ske krävs både resurser och tvärvetenskaplig forskning.

Troligen krävs även en uttalad önskan från skogsbolagen för att en förändring ska komma till stånd. De viktigaste kraven framtida røjningsrobotar måste uppfylla är att kostnadseffektivt producera godtagbara resultat, och det måste ske på ett tillförlitligt och säkert sätt. Det är även viktigt att en framtida røjningsrobot anpassas till den omgivning den ska verka i, det vill säga den organisation av maskiner och människor som redan finns. Därtill måste alla delar av røjningsarbetet beskrivas ur ett robotperspektiv. Att implementera autonoma funktioner i en robot är komplicerat.

Om/när ett autonomt røjningssystem införs kommer arbetsorganisationen att påverkas, men resultaten av røjningarna ska inte få påverkas, åtminstone inte negativt. Det är därför viktigt att stamvalet automatiseras och ett datorbaserat beslutsystem konstrueras.

Målet med det presenterade beslutsstödet har varit att skapa ett operationellt automatiskt system som ger resultat som liknar de resultat erfarna røjare presterar.

Beståndens initiala tillstånd påverkar möjligheten att nå de uppställda målen gällande bland annat stamantal och lövandel i beståndet, men utvärderingar visar att beslutsstödet generellt ger acceptabla resultat. Inställningarna i beslutsstödet måste dock anpassas både till beståndet och till skogsägarens/uppdragsgivarens önskemål.

Att använda beslutsstödet för autonom eller semiautonom røjning är möjligt, men först när de valda trädegenskaperna kan mätas automatiskt. Beslutsstödet bör dock redan nu kunna utvecklas så att det kan användas som ett objektvt hjälpmedel i traditionell motormanuell røjning.

Ämnesord

Røjning, automatisering, autonom robot, beslutsstöd, stamval

Läs mer

Vestlund, K. 2005. Aspects of automation of selective cleaning. Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 2005:74, Department of Silviculture, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå. 54 s. ISBN: 91-576-6973-2.

Vestlund, K. 2001. Autonom røjning, förutsättningar (Autonomous cleaning of young forest stands, Conditions). Rapport nr 12, Institutionen för skogshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. 39 s. ISSN: 1403-9516.

Författare



Karin Vestlund har nyligen disputerat vid institutionen för Skogsskötsel, SLU 901 83 Umeå.
E-post: karin.vestlund@sso.slu.se



Ansvarig utgivare:
Redaktör:

Webbadress:
Prenumeration och lösnnummer:

Prenumerationspris:
Tryck:

Jan-Erik Hällgren, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, 901 83 UMEÅ
Göran Sjöberg, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, 901 83 UMEÅ
Telefon: 090-786 82 96 • Telefax: 090-786 81 02
E-post: goran.sjoberg@adm.slu.se
www.slu.se/forskning/fakta
SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00
E-post: Publikationstjanst@slu.se
320 kronor + moms
Elanders Tofers AB, Uppsala 2006
ISSN 1400-7789 © SLU