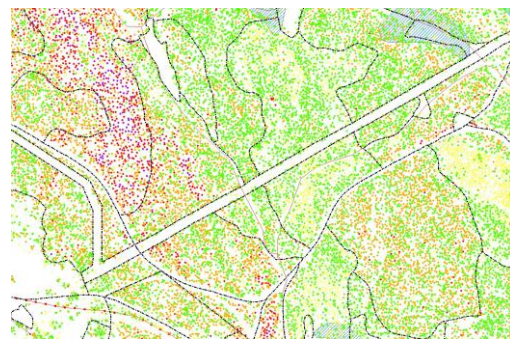
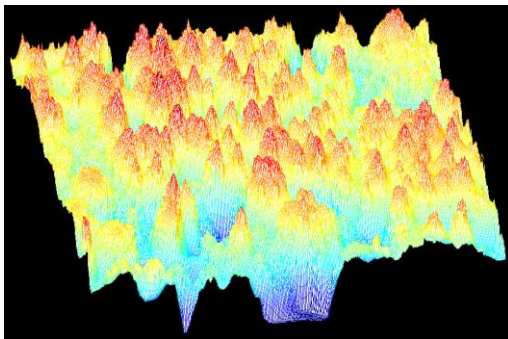


Datoriserad och manuell gallring bör kombineras i skog med koordinatsatta träd

Mats Hagner

2014-02-11



“Oslomarka” med sina 18 000 hektar har beskrivits med laserskanning från lågflygande plan (Johansson 2012). Varje träd är koordinatsatt och kartan utvisar deras värde: gul = saknar värde, grön = massaved, orange = 1 sågstock, röd = 2 sågstockar, violett = 3 sågstockar.

UBICON

ISSN 1654-4455

Rapport 1, 2013

UBICON, Blåbärsvägen 19, 903 39 Umeå, Sweden. Tel 070-64 222 44
Epost mats.hagner@allt2.se Org.nr: 340827-8210. <http://www-sekon.slu.se/~mats>

Sammanfattning

Denna teoretiska studie beskriver den möjlighet till effektivisering av trädval vid gallring, som öppnar sig när skog med smalkroniga trädslag beskrivs i detalj genom laserskanning. Beskrivningen av träden kan användas till att skildra trädslag, stamdiameter och virkesvärde. Trädens placering blir koordinatsatt, liksom markens konfiguration. Detta gör att drivningskostnaderna kan beräknas för varje enskilt träd, varför deras drivningsnetto blir känt. Än så länge kan inte träd med mindre längd än 8 m skildras med någon större precision. Trädens virkesegenskaper kan inte heller beskrivas.

Här presenteras och illustreras en datorbaserad metod för urval av träd som skall befrias genom gallring. Den är tänkt att utgöra ett förslag som sedan justeras i fält av en specialutbildad person. Genom att koordinaterna är kända för alla träd kan denna information även användas av GPS på den maskin som senare gallrar. Därigenom blir det onödigt att märka de träd som skall tas bort. Det datorbaserade förslaget och koordinatsättningen förenklar och effektiviserar arbetet för den som skall fatta beslut om vilka träd som skall befrias.

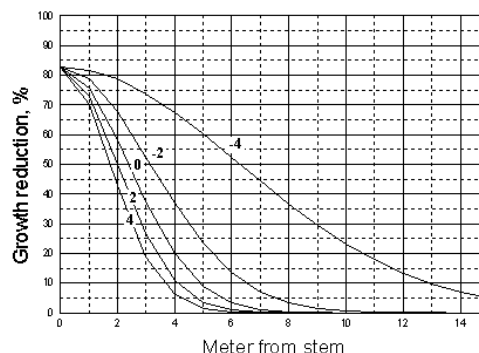
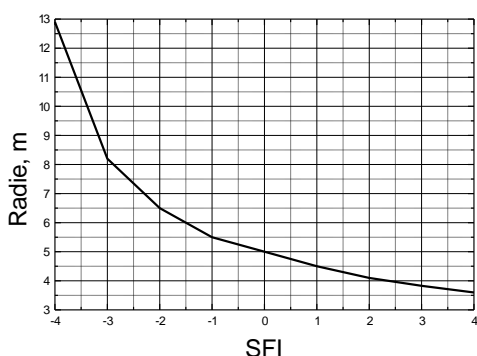
Ett illustrerade exempel har utgjort underlag för en ekonomisk beräkning av det totala netto som en skogsägare kan påräkna, dels vid gallring i en skog där inga träd ännu uppnått full storlek, dels vid gallring när fullmogna träd kan skördas. Vid kalavverkning brukar det totala nettot per kubikmeter vara ungefär 100 kr/m³. Kalkylerna visar att nettot redan vid första gallringen var 274 kr/m³ och att det ökade till 277-339 kr/m³ vid följande gallringar. Liknande resultat har uppnåtts vid praktisk tillämpning av kontinuerligt skogsbruk i Tyskland.

Ämnesord: laserskanning, skogsskötsel, ekonomi, nuvärde, datoriserad gallring, kontinuitet, blädning, digital karta, koordinat, effektivisering

Bakgrund

Naturkultur är en speciell typ av kontinuerligt skogsbruk. Målsättningen med Naturkultur är att maximera nuvärdet på varje punkt i skogen. Träd som blivit så stora och värdefulla att de inte längre ger högre ränta på sitt eget värde, än skogsägaren kan få vid alternativ placering, anses mogna för skörd. De största träden som lämnas befrias från konkurrens av andra stora träd, och antalet mindre träd minimeras. Detta får till följd att huvudparten av tillväxtresurserna koncentreras till få dominanta träd. Med hjälp av arbeten som påvisar räckvidden av konkurrens (Jakobsson 2005, Elfving 2009) utnyttjas konkurrensen mellan närstående träd för att maximera det långsiktiga värdet på varje punkt i skogen. respektive 11 m (Hagner 2012).

Figur a. Tillväxtreduktionen i procent vid varierande bonitet i Sverige (SFI) (Hägglund and Lundmark 1981). Kurvorna har ritats av mig med hjälp av funktioner presenterade av Elfving and Jakobsson (2006).



Figur b. Funktionen i figur a har jag använt för att ange på vilket avstånd från en stor tall som en tallplanta drabbas av 10 % tillväxtnedsättning på olika boniteter (SFI). Om man antar att denna nedsättning är lämplig vid trädgruppens yttergräns blir konsekvensen att radien i trädgruppen skall väljas i enlighet med denna kurva.

Antal och storlek av träd regleras genom gallring, plantering och röjning, i nu nämnd tidsordning. Före gallring markeras träd (>10 cm diameter) som skall tas bort. Omedelbart efter gallring planteras insektskyddade plantor i stora luckor som saknar naturlig återväxt. Efter något år tas skadade och alltför tätt stående träd med diameter 5-10 cm bort med röjsåg.

En koordinatsättning av alla träd med längd >8 m kan man nu åstadkomma i en skog med de smalkroniga trädslagen tall och gran. Laserskanning från flygplan är den teknik som används (Johansson 2012). Efter bearbetning av data om trädslag, höjd och kronbredd får man fram en digital karta med trädens höjd och diameter (bild på sidan 1). Detta kan i sin tur räknas om till antal timmerstockar eller till värde i kronor. Markens ytstruktur skildras i kartan, och uppgifter om denna kan användas för beräkning av kostnaden för terrängtransporten av virket. Eftersom kostnaden för fällning och upparbetning till timmer är relaterad till trädslag och trädstorlek kan därmed drivningsnettot för varje träd beräknas.

I en sådan digital karta kan man med datorns hjälp åstadkomma ett förslag till gallring. Detta förutsätter att man har tillgång datormodellerna Tree och Group (Hagner 1999, 2000), samt till uppgift om bonitet.

Genom att datorn inte känner till trädstammarnas kvalitet är detta ett förslag med stora brister. Det är tyvärr endast få träd som har förträffliga egenskaper och högt framtida värde. Trots bristerna i datorns förslag så underlättas arbetet för den specialutbildade trädmärkare, som vanligen väljer träd vid gallring enligt metoden Naturkultur. Med förslaget till gallring på fältdatorns skärm slipper han söka dominanter och trädgrupper. Det är bara när förslaget är undermåligt, som han behöver föreslå en förändring genom att peka på fältdatorns skärm. Ögonblickligen förändras då datorns förslag inom det område som han ännu inte har granskat.

Antaganden och terminologi

Konkurrensens räckvidd är oberoende av trädstorlek och trädart. Att storleken saknar betydelse är i linje med Elfving (2009). Hans funktioner gäller för tall och studierna gjordes tillsammans med Jakobsson (2005).

Träd indelas i följande kategorier:

Maxdiameter för ett träd är uppnådd när rantan på det egna virkesvärdet sjunkit under den räntenivå som kännetecknar skogsägarens alternativa placeringmöjligheter. I detta exempel räknar vi med 3 %.

Övergrova träd har passerat maxdiametern. De ger inte längre acceptabel ränta på sitt eget värde.

Dominant är ett träd som utsetts till att dominera inom en trädgrupp

Huvudkonkurrent är ett träd med den diameter som är större än 75 % av dominantens diameter. Det tas bort därför att det sätter tillbaka tillväxten hos dominanten alltför mycket.

Rekryt är ett träd med diameter över 5 cm som lämnas inom trädgruppen.

Återväxt är träd med mindre diameter än 5 cm.

Radie (r) är radien i en cirkelyta. Längden på r är definierad av mig, såsom avståndet från en tall där tillväxtreduktionen har sjunkit till 10 % (Elfving 2009). Radien varierar med boniteten, men den påverkas inte av dominantens storlek.

Dubbla radien (2r) är minsta tillåtna avstånd mellan två dominanter. Anledningen till detta är att dominanterna inte skall konkurrera med varandra.

Metod

Märkning och gallring

Vid gallring plockar man i huvudsak bort övergrova träd och huvudkonkurrenter. Det skall ske på ett sätt som inte skadar dominanter och rekryter. En stor traktor med förare kostar mycket pengar per timme. Det är därför inte ekonomiskt motiverat att låta skördaren hantera små träd med lågt värde. Detsamma gäller för en trädmärkare som också är en dyr resurs. Vid märkning av träd beaktas därför inte träd som är mindre än 10 cm i brösthöjdsdiameter.

Berikande plantering

På skogsmark med liten naturlig återväxt måste stora luckor göras produktiva genom plantering i luckans mittersta del. Detta utförs genom grönsplantering första våren efter gallringen.

Röjning

Den skogsägare, som har tillräckliga resurser för att ägna tid åt mindre träd med mycket lågt nuvärde, rekommenderas att utföra röjning bland träd med diameter 5-10 cm. Den lägre gränsen 5 cm är vald därför att nuvärdet hos småträd är så litet att man inte bör lägga ner resurser på dem. Småträden konkurrerar visserligen med större träd om tillväxtresurserna, men i så liten grad att det inte är lönsamt att bry sig om riktigt små träd.

Röjning, som bör utföras något eller några år efter en gallring, rekommenderas även av ett annat skäl. Vid gallring skadas ofta några träd som har större diameter än 10 cm. Vid röjning bör om möjligt svårt skadade träd med större diameter än 10 cm dödas genom ringbarkning eller kapning. Detta är ekonomiskt motiverat därför att tillväxtresurser då tas om hand av träd med bättre framtidsutsikter. Dessutom är det gynnsamt med tanke på biodiversiteten att några större träd långsamt tynar bort.

Ett teoretiskt exempel

Det följande exemplet på skog är teoretiskt. Den rumsliga fördelningen av träd och trädens storlek är gjord för att efterlikna en naturlig granskog så mycket som möjligt.

Illustrerat förlopp vid märkning, gallring och röjning

Märkning innebär vanligen att ett träd, som skall avverkas, markeras med en målad ring runt stammen. I skog där varje träd redan har en känd koordinat skall denna uppgift utnyttjas även av traktorn som gallrar. Trädmärkaren slipper då att spruta färg, vilket annars är ett tämligen tidsödande moment. I det följande används, för tydlighetens skull, ordet ”ta bort” i stället för ”märkning”.

Steg 1. Inom det närmaste området, som ännu inte gallrats, tar man bort alla träd som har uppnått maxdiameter.

Steg 2. Inom samma område tar man sedan bort de mindre träd som uppenbarligen är ekonomiskt mogna på grund av för dålig tillväxt, låg vitalitet eller defekter.

Efter detta kan området se ut som i figur 1 och 2.

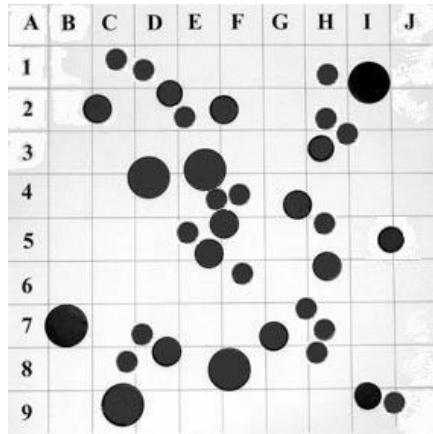
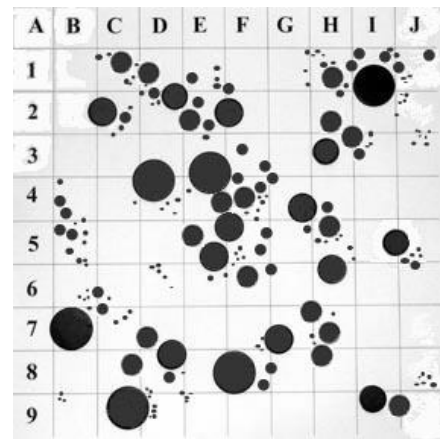
Steg 3. Datorn får arbeta i parallella stråk på 7.5 m avstånd. Inom dessa stråk förskjuts en cirkelyta med en radie på $2r$, vilket på denna bonitet är 10 m. När cirkelytan hamnat på en plats med träd utses det största trädet till dominant. Cirkelytan placeras med dominanten i centrum.

Steg 4. Inom ytan med radien $2r$ tas alla huvudkonkurrenter bort (Figur 3).

Steg 5. Datorn går över hela området ännu en gång, och lägger då en cirkel med en radie på r , dvs. i detta fall 5 m, runt varje dominant (Figur 4). Inom cirkelytan lämnas två rekryter (eller fler om detta anses nödvändigt). Rekryterna bör helst ha olika storlek. Dessutom bör de konkurrera med varandra så lite som möjligt. Det innebär att alla träd som lämnas står maximalt utspridda.

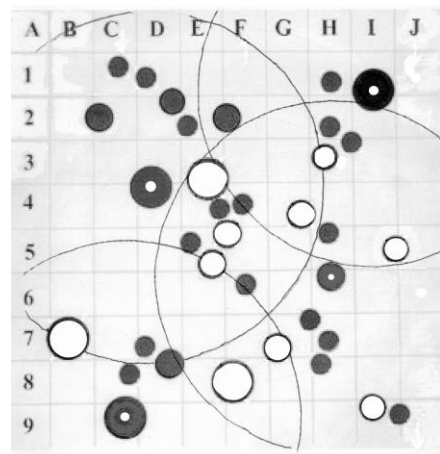
Resultat

Figur 1. Ett skogsområde är indelat i 81 ytor med 2.5 m sida. De största träden har diametern 30 cm. Som i en naturlig skog finns det många småplantor och träden står mycket ojämnt utspridda.



Figur 2. Vid trädmärkning beaktar trädmärkaren inte träd med mindre diameter än 10 cm, därför att det blir för dyrt att låta avverkningsmaskinen syssla med småträd. I detta exempel finns det endast träd med diametrarna 11, 20 och 30 cm. Den stående kubikmassan av dessa träd är 142 m³sk/ha.

Figur 3. I stråket C har datorn rört sig från ruta 1 till 9, och lagt ut cirkelytor med 10 m radie. Den har lokaliserat det största trädet D4 i första cirkelytan. Detta är utsett till dominant (markerad med vit prick i mitten). Inom den cirkelytan har datorn tagit bort två huvudkonkurrenter: B7 och E3.



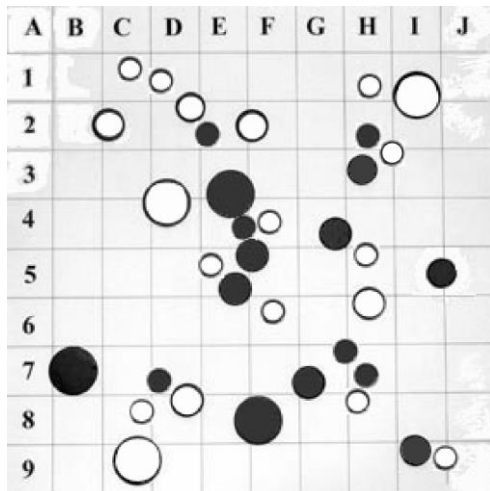
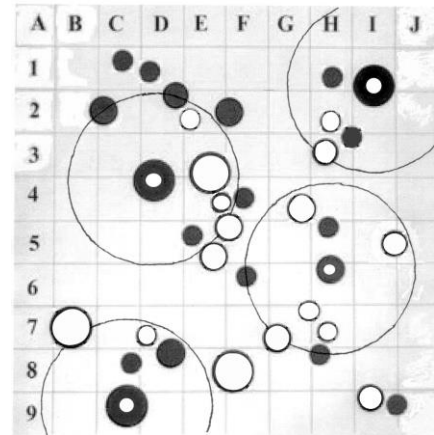
Nästa dominant måste stå på ett avstånd >10 m från den första dominanten. Datorn har fortsatt ner längs stråk C och funnit nästa dominant, C9. En huvudkonkurrent har tagits bort. Därefter har datorn vänt uppåt i stråk F utan

att finna någon ny dominant. Efter att ha vänt neråt i stråk J träffar den på en ny dominant I1. I cirkelytan runt denna finns ingen huvudkonkurrent som inte redan är märkt för att tas bort.

När datorn nått ner till ruta J6 finns det inte längre någon av de största träden att utse som dominant. Den utser därför det närmaste största trädet H6 till dominant. Det visar sig att det finns 7 st huvudkonkurrenter inom 10 m från denna dominant.

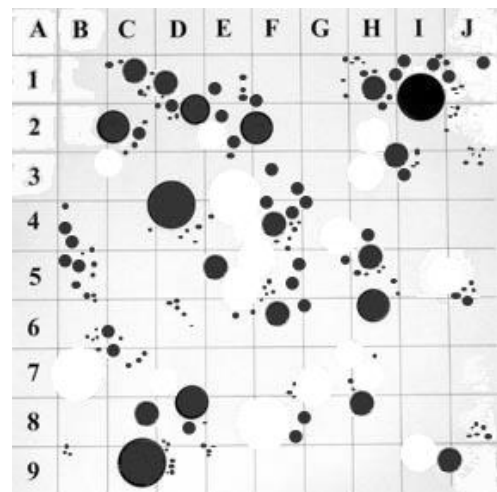
I nästa steg skall rekryter utses. Detta sker inom $r = 5$ m runt varje dominant. På denna bonitet och med hänsyn till skaderisker skall man lämna två rekryter i närheten av varje dominant. Dessa skall om möjligt stå så långt ifrån varandra som möjligt.

Figur 4. Inom ytan runt D4 lämnas rekryterna C2 och E5.



Figur 5. Resultatet av gallringen blev att de svartmarkerade träden tas bort och de som markerats med ringar växer vidare.

Figur 6. Skogsområdet efter befriande gallring. Den stående kubikmassan i träd större än 10 cm i diameter har reducerats från 142 till 69 m³sk.



De fyra träd som utvalts till dominanter kommer nu att växa fort eftersom de slipper konkurrens från lika stora träd. Samtidigt har rekryter och småträd fått ökat utrymme, vilket tryggar kontinuiteten i virkesodlingen. Gallringen har förstärkt ojämnheten i trädstorlek.

Ekonomi vid första gallringen.

Den gallrade ytan är 506 m². Redovisade siffror i tabell 1 gäller för en hektar. Uppgifter om kostnader hänför sig till vad man funnit genom praktisk erfarenhet vid tillämpning av Naturkultur. Netto avser drivningsnetto. Detta är skogsägarens netto, dvs. inkomsten av virket vid bilväg minskat med kostnaden för avverkning och terrängtransport. Virkespriserna motsvarar gran av medelmåttig kvalitet.

Tabell 1. Data gällande den första gallringen med intäkter av skördade träd och med kostnader för märkning, berikande plantering och röjning. Volym hos träd och värden är beräknade med hjälp av datormodellen Tree. Kubikmeter avser volym virke vid väg, (m³fpb). Kronor avser drivningsnetto.

Diameter	Antal träd	m ³ /träd	Kr/träd	m ³	Kronor
30	3	0.488	180	1.464	540
20	7	0.164	52	1.148	364
11	6	0.038	0	0.228	0
Summa för denna yta				2.8	904
Summa/ha				56	17854
Trädmärkning 16 kr/m ³					-1168
Plantering					-800
Röjning					-500
Totalt netto/ha					15386

Vid gallringen skördas 56 m³/ha och skogsägarens netto blir 274 kr/m³. Att inkomsten blev så hög beror på att skogen innehåller förhållandevis många tätt stående stora träd.

Ekonomi vid följande gallringar

Den utglesning av skogen som skett har gjort att konkurrensen minskat, vilket ger ökad tillväxt hos de kvarvarande träden. Vi vet från försök med blädning, som följts av svenska forskare i över ett halvt sekel, att de större träden får ungefär samma årsring, oavsett diameter (Lundqvist 1989). De mindre träden ökar också sin årsring, men beroende på konkurrensen från de stora träden kan de inte uppnå lika stor årsring som dessa.

Med en datormodell, Group (Hagner 2000), kan man beräkna utvecklingen under lång tid i små trädgrupper på maximalt 9 träd. Modellen lider av bristen att sätta samma årsringsbredd på alla träd. En annan brist är att modellen inte tar hänsyn till mortalitet och inte till olikheter i virkeskvalitet. Modellen kan laddas ner gratis från nätet <http://www.fsy.se/naturbruk/login.asp>.

Följande beräkning avser den begränsade yta som i figur 6 betecknas med kolumnerna B-E och raderna 7-9.

Tabell 2. Resultat av beräkningar med datormodellen Group.

		Alternativ 1	Alternativ 2
Träd i rutorna B,C, D,E - 7,8,9			
Antal år	400		
Antal träd		9	4
Ytans areal, m ²	75		
Diametrar		30,20,10,5,5,3,2,1,1	30,20,10,5
Bonitet, m ³ sk/ha år	4		
Trädslag	Gran		
Ränta	3%		
Max årsring	5 mm		
Plockhuggning	Ja		
Variation i tillväxt	0%		
Andel av återväxtkostn. Nu	10%		
Andel av planteringskostn.	10%		
Tid mellan gallr. Minst	5 år		
RESULTAT			
År mellan avverkningar		17	20
Producerad volym, m ³ sk/ha år		4.4	4.2
Stående vol. före avv. m ³ sk/ha		149	117
Medel volym/avv. m ³ sk/ha		76	85
Årsring i medeltal, mm		1.17	1.82
Med.diam. Skördade träd, cm		24.4	30.4
Värde hos skördade träd, kr		82	168
Röjningskostnad nu, kr/ha		0	1289
Planteringskostnad/avverkning, kr/ha		0	191
Nuvärde, Inkomster-kostnader		42668	46873
Kassaflöde, kr/ha år		954	1112
Kassaflöde i %		100	117
Nettoinkomst per avverkning på 50 ha, kr		811 000	1 112 000
Nettoinkomst, kr/m ³ fub		277	339

Kassaflödet enligt alternativ 1 blev 954 kr/ha och år. På en normalstor fastighet på 50 ha skall man räkna med gallring vart 17 år, då man skall ta ut fastighetens hela produktion $50 \cdot 4 \cdot 17 = 3400$ m³. Detta ger ett totalt netto på $3400 \cdot 277 = 942\,000$ kronor, vilket är en mycket betydande inkomst för en vanlig skogsägare. Detta är 2.8 gånger så hög intäkt jämfört med vad som är vanligt vid dagens trakthyggesbruk,

Diskussion

Att ekonomin förbättrats i följande gallringar gallring är en tvingande följd av att tillväxten efter den första befriande gallringen koncentrerades till de största träden, som ger ett mycket högt netto per kubikmeter. Detta är grundfilosofin i metoden Naturkultur. Denna utnyttjar den naturliga konkurrensen som ett medel att öka nuvärdet på varje punkt i skogen.

Om en certifierad trädmärkare hade granskat datorns förslag och justerat detta vid behov, hade visserligen effekten med avseende på trädstorlek minskat, men i gengäld hade man sluppit nackdelen med att en del dominanter och rekryter som lämnades hade skador eller sjukdomar. Den totala vinsten förbättras alltid av att en trädmärkare justerar datorns förslag.

Genom att trädmärkaren redan har ett förslag till gallring, som bygger på trädens diameter, blir tankearbetet för trädmärkaren väsentligt förenklat. Genom koordinatsättningen, som också används av skördaren, behöver trädmärkaren inte utföra någon färgmärkning av träd som skall skördas. Detta förenklar och förbilligar trädmärkarens arbete. Den kostnad för trädmärkning som angetts bygger på praktiska erfarenheter av nuvarande märkning och torde därför ligga i överkant.

I Tyskland undersökte Hanewinckel (2001) ett antal fastigheter som låg inom samma trakt. Några hade bedrivit vanligt trakthyggesbruk och andra hade bedrivit något som påminner om Naturkultur, dvs. en kombination av befriande gallring och berikande plantering. Fjorton års bokföring visade att de som bedrivit Naturkultur hade uppnått ett netto per hektar som var 3.6 gånger så högt som de som tillämpade trakthyggesbruk. Praktiskt genomförd virkesodling påvisade alltså en positiv effekt som översteg effekten i detta teoretiska exempel.

Vid dagens trakthyggesbruk i Sverige är det vanligt att virkesodlingens netto ligger på 100 kr/m³sk, vilket är mindre än hälften av skogsägarens netto i detta exempel.

Referenser

- Elfving, B. (2009) Influence of retained trees on growth of the new stand. PM for Heureka, Appendix 18.1.
- Hagner M. (1999) TREE01. A description of a computer model for choice of tree. En beskrivning av en datormodell för val av träd. Available on internet: <http://www.fsy.se/naturbruk/lankar.asp>
Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen skogsskötsel, Arbetsrapport 144, 1-4.
- Hagner M. (2000) Group02. Present value of a group of trees. Description of a computer model. *The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Working paper 155, 1-4.*
- Hanewinkel, M. (2001) Financial results of selection forest enterprises with high proportions of valuable timber. Results of an empirical study and their application. *Schweizische Zeitung für Forstwesen*.8, 343-349.
- Jakobsson, R. (2005) Growth of Retained Scots Pines and Their Influence on the New Stand. Swedish University of Agricultural Sciences, Doctoral thesis, ISBN 91-576-7033-1.34, 1-33.
- Johansson, K. (2012) Utfordringer och muligheter med nye data. Oslo kommune Power point.
- Lundqvist L. (1989) Blädning i granskog. Strukturförändringar, volymtillväxt, inväxning och föryngring på försöksytor skötta med stamvis blädning. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsskötsel, Avhandling, ISBN 91-576-3837-3 1-105.*