



Taktisk planering med geografisk hänsyn **-Fallstudie med Heureka PlanVis på SCA Skogs distrikt Liden**

Tactical planning with geographic consideration
-Case study with Heureka PlanWise at SCA Skogs district Liden

Håkan Johansson

Arbetsrapport 353 2012
Examensarbete 30hp D
Jägmästarprogrammet

Handledare:
Peder Wikström

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.slu.se/srh
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-353-SE

Taktisk planering med geografisk hänsyn

-Fallstudie med Heureka PlanVis på SCA Skogs distrikt Liden

Tactical planning with geographic consideration
-Case study with Heureka PlanWise at SCA Skogs district Liden

Håkan Johansson

Examensarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 30 hp
Jägmästarprogrammet
EX0707

Handledare: Peder Wikström, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, planering
Examinator: Tomas Lämås, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, planering
Extern handledare: Henrik Larsson & Kristoffer Öneholm, SCA Skog

Sammanfattning

Med ett innehav på två miljoner hektar produktiv skogsmark är SCA Sveriges största privatägda markägare. För att hantera den stora arealen och för att passa den organisationsstruktur som svenska skogsbolag traditionellt är byggda enligt, används en planeringshierarki i tre steg; strategisk, taktisk och operativ.

Den strategiska planeringen, baserat på ett statistiskt urval av bestånd, resulterar i en avverkningsberäkning som sedan översätts till faktiska beståndsval i den taktiska planen (långsiktsplan hos SCA). Detta förfarande kan leda till inkompatibla lösningar då en lösning på den strategiska nivån, inte nödvändigtvis kan översättas till faktiska bestånd i en taktisk plan. I den taktiska planeringen är den geografiska aspekten viktig, då stora kostnader är förknippade med maskinflyttar och vägunderhåll av ett stort antal vägar.

Målet med detta arbete var att utveckla en modell för taktisk planering med geografisk hänsyn till det befintliga vägnätet, samt att undersöka om datorprogrammet Heureka PlanVis kan förbättra kopplingen mellan strategisk och taktisk planering.

Genom att använda PlanVis med heltäckande data för både den strategiska och den taktiska planeringen kunde gränserna mellan stegen tunnna ut. Den taktiska modellen innehöll en vägöppningskostnad som användes för att styra graden av koncentration på gallring och slutavverkning inom det befintliga vägnätet. Med modellen styrdes också avverkningsvolymerna per träslag och säsong i slutavverkning. Resultatet visar att modellen kan styra graden av koncentration, men att ytterligare anpassning av inställningar i programmet krävs för skarp tillämpning på värd företaget.

Nyckelord: strategisk planering, LSP, långsiktig planering, optimering, skoglig planering, skogshushållning.

Summary

SCA is the largest private owned forest owner in Sweden, with an ownership of 2 million hectares of productive forestland. To manage the planning of such large areas and to fit the traditional organization structure of a Swedish forest company, the planning approach is subdivided into three stages; strategic, tactical and operational.

The strategic part, based on a statistic sample of stands, returns a harvest level estimate which should then be implemented at actual sites in the tactical part. This procedure can lead to incompatible solutions as the strategic solution is not necessarily possible to translate into actual sites in the tactical plan. The geographic aspect is important in tactical planning due to the large costs for moving equipment and maintenance of a large number of forest roads.

The aim of this study was therefore to develop a model that considers geographic location to an existing road network, and to examine if the software Heureka PlanWise can be used to strengthen the link between strategic and tactical planning.

By using PlanWise with comprehensive data for both strategic and tactical planning, the boundary between the two was reduced, leading to a larger compatibility between the plans. The tactical model, provided with a road access cost, was used to control the degree of clustering of harvest activities within the existing road network. Specific harvest volumes per species and seasons were defined for final felling. Results show that the model can control the degree of clustering, but specific settings should be elaborated further for an actual application at the host company.

Keywords: strategic planning, long term forest planning, forest management

Innehåll

Sammanfattning	2
Summary	3
Inledning	2
Planeringshierarkin och dess utformning på SCA	2
Strategisk planering	2
Taktisk planering (LSP:n)	2
Taktisk planering på Lidens distrikt	3
Traktplanering	4
Operativ planering	4
Länken mellan strategisk och taktisk planering	4
Koncentration av slutavverkning och gallring i taktisk planering	5
Heureka	5
PlanVis	6
Syfte och Mål	6
Begränsningar	6
Material och metod	7
Studieområdet	7
Hantering av vägar	8
Import av beståndsdata	9
Inställningar i PlanVis	9
Planalternativen	10
Gemensamt för optimeringsmodellerna	10
Strategiska planen	11
Hantering av vägar i de taktiska optimeringsmodellerna	13
Taktisk plan S (Med strategiska planen som input)	14
Taktisk Plan F (Fullt register som input)	14
Resultat	16
Strategiska resultat	16
Taktiska resultat	18
Intäkter från skogsbruket	18
Koncentrationsaspekter	19
Jämförelse av planernas beståndsval	22
Diskussion	25
Vägområden	25

Beståndsunika beståndsegenskaper.....	25
Beståndsregistret, LSP:n och tidigare AVB.....	26
Contorta.....	26
Bärigheter.....	26
Kopplingen mellan strategisk och taktisk planering	26
Koncentrationsaspekter	27
Vägrust	27
Presentation för berörd personal	27
Slutsatser	28
Tillkännagivanden.....	29
Referenslista.....	30
Personlig kommunikation	31

Inledning

“By planning we imply a process that guides our actions to the results we most desire”

(Jonsson, m.fl., 1993)

Jonsson beskriver planering som en process, som ska leda våra handlingar mot det mål vi eftersträvar. Denna process blir komplex när det inte bara finns ett mål, utan flera, kanske motstridiga mål, att sträva efter. Ett typiskt exempel är motsättningen mellan virkesproduktion och biologisk mångfald (Öhman, 2007), men även aspekter för rennärning, kolinlagring och rekreativvärden kan vara delmål för brukandet av skogen. Den skogliga planeringen försvåras ytterligare av den komplexitet som det skogliga ekosystemet utgör och den osäkerhet som data ofta präglas av (Andersson, 2005). Dessutom tillkommer den mängd olika sätt man kan sköta varje bestånd på och en lång planeringshorisont, vilket ger upphov till ett enormt antal handlingsalternativ (Öhman, 2007).

För att kunna hantera allt detta byggs planeringshierarkin i det svenska skogsbruket upp i tre steg; strategisk, taktisk och operativ.

Planeringshierarkin och dess utformning på SCA

Strategisk planering

Första steget i planeringshierarkin är att skapa en strategisk plan där tidshorisonten i princip är oändlig, men som av praktiska skäl ofta begränsas till 100 år. Planen täcker hela innehavet och lägger grunden för ett uthålligt skogsbruk (Eriksson, 2000). Denna plan förnyas vart tionde år på SCA och kompletteras då med en företagstaxering med färsk, objektiva data, vilka beskriver skogstillståndet (Anon, 2010). Genom att ange restriktioner för ekologiskt viktiga områden skapas även utrymme för naturvårdande skötsel och områden avsatta för fri utveckling (Eriksson, 2004). Dessa områden beskrivs i en ekologisk landskapsplan (ELP) som upprätthålls av distrikten med stöd från naturvärdesinventeringar (Söderholm, 2002). ELP:en är ett levande dokument och revideras löpande allt eftersom nya områden inventeras (Anon, 2010). Resultatet från den strategiska planeringen är en avverkningsberäkning (AVB) som specificerar uttagsvolym per trädslag och huggningsform för varje förvaltning (sluthuggning/gallring/alternativa metoder) (Anon, 2010).

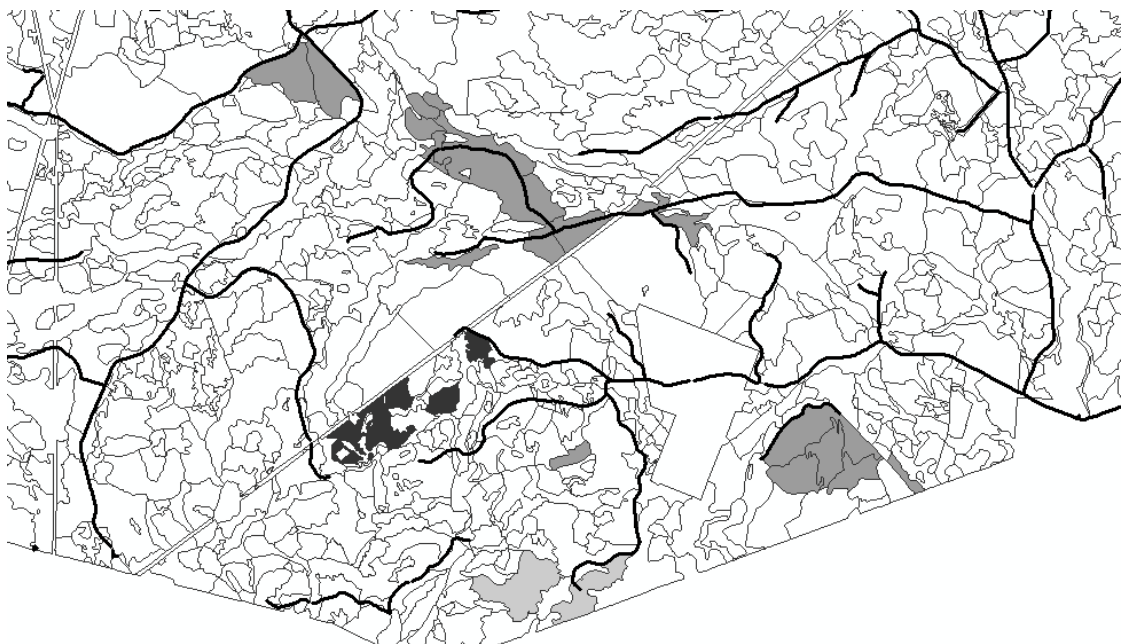
Taktisk planering (LSP:n)

Syftet med den taktiska planeringen är att identifiera vilka bestånd som ska åtgärdas, hur de ska åtgärdas och när de ska åtgärdas för de efterföljande 10 åren (Eriksson, 2000). Detta inleds på SCA med att de förvaltningsvisa volymerna från AVB:n fördelas på distrikten, antingen med hjälp av registerutsökningar eller separata avverkningsberäkningar (Eriksson, 2008). Det är även under detta steg som volymerna fördelas på olika terrängbärigheter för att motsvara det årsbehov som SCA:s egna industrier har (Önneholm 2012 pers. komm.). Distriktsansvariga skapar sedan en långsiktsplan (LSP), utifrån denna justerade AVB innehållande 10 årsmängder slutavverkning samt 5 årsmängder ungskogsgallring (Anon, 2010a). Den justerade AVB:n kan ses som en kompromiss där industrins önskemål och ramarna från avverkningsberäkningen förenas. I industribeställningen framgår det hur stora virkesvolymerna som ska levereras, fördelat på trädslag och fördelningen över året (Larsson, 2011 pers. komm.). För att ge stöd åt LSP-arbetet används ett speciellt framtaget kartdokument i programvaran SkogsGIS (Anon, 2010a) där man med hjälp av registerutsökningar kan söka ut gallringar med hjälp av

grundtekvot¹, medelhöjd eller med hjälp av kolumnen ”åtgärdsförslag”, där gallring är ett av de förslag som kan finnas inlagt (Eriksson, 2008). I samma verktyg söks slutavverkning ut med hjälp av rangordning av tillväxtprocent (PV-%)² där de sämst förräntande bestånden väljs i första hand. För att koncentrera avverkningarna över tid och rum, i syfte att minska väghållnings- och flyttkostnader för maskiner, väljs även närliggande bestånd som har en ålder över lägsta slutavverkningsålder (LSÅ). Utmaningen för den ansvarige för LSP:n ligger i att hitta en lämplig nivå på åtgärdernas koncentration med hänsyn till beståndens inoptimalförlust³ och de kostnader som maskinflytt och ett ökat antal körbara vägar innebär.

Taktisk planering på Lidens distrikt

På Lidens distrikt inleds den taktiska planeringen med att samtliga bestånd som är mer än 10 år äldre än LSÅ söks ut. Nästa delmoment är att manuellt välja bland dessa bestånd för att koncentrera åtgärderna efter vägnätet och pricka nivåerna i den justerade AVB:n för varje trädslag och bärighet. Tillväxtprocenten används som ett indikatorvärde för att identifiera särskilt välväxande bestånd som då lämnas tills vidare. Denna metod har lett till att koncentrationen är mer uttalad än vad som egentligen kanske vore nödvändigt, vilket ibland får till följd att vägnätet slits hårt på utsatta sträckor. (Andersson, J. 2011 pers. komm.) Ett utdrag ur planen visar hur uttalad koncentrationen är för slutavverkning (figur 1).



Figur 1. Utdrag ur Lidens LSP med de olika slutavverkningsåren markerade med mörkt grå (2012), grått (2013) och ljust grå (2014).

Figure 1. The long range plan (LSP) at district Liden. The different final felling years colored in grayscale, dark gray 2012, gray 2013 and light gray 2014.

¹ Kvot mellan aktuell grunddyta och lägsta grunddyta före gallring enligt gallringsmall.

² Kvot mellan årlig tillväxt och stående virkesförråd. Beståndets volymmässiga förräntning.

³ Det teoretiska värde som förloras om en åtgärd utförs vid en tidpunkt som inte är den teoretisk optimala (Jonsson, m.fl., 1993).

Traktplanering

Efter den taktiska planeringen besöks bestånden innan den operativa planeringen tar vid. De bestånd som finns i LSP:n för respektive år planeras i fält med GIS- och GPS-stöd (Eriksson, 2004) med syfte att säkerställa yttergränser, avgränsa hänsynsytor och inventera virkesförrådet (Eriksson, 2008). I det här skedet görs också en naturvärdesbedömning som hjälper traktplaneraren att ta beslut huruvida avverkning är möjlig p.g.a. naturvårdsskäl. I de fall höga naturvärden identifieras beskrivs de i GIS-skiktet "hänsynsbiotop" och eventuell skötsel beskrivs som alternativa metoder i skiktet "skötselklass" (Anon, 2010). Färdiga avverkningstrakter skapas som efter synkning av databasen finns tillgängliga för den operativa planeringen (Larsson, pers. komm.). Arbetsgången innebär att allt från naturvärden till taxering och skotvägar beskrivs klart på plats ute i skogen. För att ge stöd åt fältplanläggarna finns det en naturvårdsspecialist på varje förvaltning för vägledning och stöd. De färdigplanerade trakterna placeras i traktbanken och ligger till grund för den schemaläggning som görs i den operativa planeringen.

Operativ planering

Det sista steget är den operativa planeringen där syftet är att, på dagsnivå, skapa ett schema där det framgår när och vem som ska avverka trakterna (Eriksson, 2008). Trakterna hämtas från den traktbank som byggs upp av traktplaneringen (Eriksson, 2004). Tabell 1 sammanfattar den beskrivna planeringskedjan utifrån vilket informationsbehov aktiviteten har, vem som gör det och vad resultatet blir.

Tabell 1. Tabell för översiktlig beskrivning av planeringsförfarandet på SCA. Reviderad från Gustafsson (1998)

Table 1. The hierarchical planning approach at SCA Skog. From Gustafsson (1998)

Hierarki	Indata	Aktivitet	Utförs av	Resultat
Strategisk ~ 100 år	Data från objektiv inventering, ELP, Lagar, Policy, Skötselriktning	Långsiktig planering	Stab (Skogsvård)	Avverkningsberäkning (AVB)
Taktisk ~ 10 år	AVB, Industribeställning, Beståndsregister	Långsiktplanering (LSP)	Distrikt (Skötsel)	LSP Underlag för vägplanering
~3 år	LSP	Traktplanering	Distrikt (Skötsel)	Färdigplanerade trakter i traktbank
Operativ ~ 1 år	Traktbank (Liggaren)	Schemaläggning för drivning	Flödesområde (Produktion)	Färdig plan för drivning

Länken mellan strategisk och taktisk planering

Planeringsförfarandet som beskrivits under föregående kapitel har en del brister, vilka inte är unika för SCA. Bristerna ligger i att den hierarkiska strukturen kan ge en lösning på den ena nivån som inte är kompatibel med nästa (Andersson, 2005). När lösningen från den strategiska nivån ska föras över till den taktiska kan tre fel uppkomma; rumsliga (spatiala) skillnader, tidsmässiga avvikelser och fel beroende på olika nivå av restriktioner och tvång (Andersson, 2005). Faktorer som kan leda till dålig kompatibilitet är till exempel att olika

data används, eller att olika urvalsmetoder används för rangordning och schemaläggning av åtgärderna (Wikström m.fl., 2004).

Eriksson (2008) undersökte hur den strategiska och taktiska planeringen genomfördes på SCA samt hur väl de hängde samman. Resultatet indikerade att länken var relativt svag eftersom Indelningspaketets urvalsregler för den strategiska planeringen (nuvärdesmaximering) inte stämde överens med de urvalsregler som SCA använde för den taktiska planeringen i SkogsGIS (tillväxtprocent). En annan slutsats var att Indelningspaketet (Jonsson m.fl., 1993), som var dåvarande strategiska planeringssystem, endast hanterade virkesproduktion och varken naturhänsyn eller spatiala problem. Eftersom mål och metod inte stämde överens var en av slutsatserna att kopplingen behövde stärkas.

En äldre studie av Gustafsson (1998) hade dessförinnan visat att det inte finns någon vedertagen rutin för överföring av de strategiska resultaten till en taktisk plan på SCA Skog. Gustafsson utformade då en rutin med fem tvåårsperioder och visade hur väl beståndsvalen hängde samman beroende på vilket urvalskriterium som använts. Andersson (2005) presenterade i sin avhandling en modell för bättre integrering av strategisk och taktisk planering, med möjligheten att koncentrera åtgärderna geografiskt i den taktiska delen. Modellen möjliggjorde interaktion mellan strategiska och taktiska beslut.

Koncentration av slutavverkning och gallring i taktisk planering

Ett flertal studier har undersökt sambandet mellan inoptimalförlust och de kostnader som är kopplade till vägunderhåll och maskinflyttar (Gustafsson, 1998 och Gustafsson m.fl., 2000). Resultaten visar att de inoptimalförluster som skapas på grund av koncentration av skogliga åtgärder är små i relation till de vinster som kan nås i form av samordningskostnader när väg- och flyttkostnader delas av ett flertal bestånd. Olika modeller har därefter testats för att finna lösningar som tar hänsyn till koncentration med olika former av optimeringsmodeller (Öhman & Lämås, 2003, Andersson, 2005 & Kirby 1986). Gustafssons (1998) lösning på problemet var att utforma en rutin om fem tvåårsperioder med en vägöppningskostnad, vilket gjorde det möjligt att väga inoptimalförlusterna mot de minskade kostnader för vägunderhåll och maskinflytt som geografisk koncentration leder till. Andersson (2005) formulerade en modell som, med hjälp av en straffkostnad i den taktiska delen, kunde visa på värdet av geografisk koncentration genom att implementera modellen på ett distrikt i norra Sverige. Öhman & Lämås (2003) hade dessförinnan visat hur deras modell kunde koncentrera åtgärder över tid och rum i ett taktiskt planeringsproblem, utan att det fick några stora effekter på nuvärdet, genom att maximera en vägd summa av nuvärdet och den klustrade volym som avverkats. Planeringsproblemet kan också lösas genom att låta målfunktionen minimera summan av inoptimalförluster och vägöppningskostnader, vilket provades av Gustafsson m.fl., (2000).

Slutsatsen av de tidigare studier som gjorts är att länken mellan den strategiska och taktiska planeringen behöver stärkas och att optimeringsfunktioner kan användas för att koncentrera åtgärderna i tid och rum i den taktiska delen.

Heureka

För att förbättra sin taktiska planering vill SCA Skog undersöka hur Heureka-systemet kan tillämpas, och vilken nytta man kan ha av programmen. Heureka är ett relativt nytt system för skoglig planering som tagits fram av SLU. Projektet inleddes 2002 och presenterade,

efter år av utveckling, den första versionen under 2009. Genom att skapa ett flertal applikationer, med en gemensam kärna, kan olika typer av intressenter välja den applikation som passar för just deras situation. För SCA Skog är PlanVis den applikation i systemet som är aktuell och har därför en central roll i detta arbete.

PlanVis

PlanVis är Heureka-systemets applikation för skoglig planering (Wikström m.fl., 2011) där strategisk och taktisk planering förenas i samma verktyg, samtidigt som resultatet kan användas i operativa planeringsverktyg såsom Vägrust (Anon, 2009., Edler, 2011). I PlanVis kan man få svar på frågor som "Vad ska utföras? Var ska det utföras? Och när ska det utföras?" (Anon, 2007). Detta är möjligt då programmet består av en skötselprogramgenerator (Treatment Program Generator, TPG), en optimeringsrutin och en redovisningsfunktion. Skötselprogramgeneratoren genererar en mängd alternativa skötselprogram (sekvens av åtgärder, utfall och tillstånd över tiden) för varje åtgärdsenhet (bestånd) och optimeringsverktyget kan formulera och lösa linjär- och "mixed integer"-programmeringsproblem för att kunna välja bland de bästa skötselprogrammen. Redovisningsfunktionen använder sig av tabeller, diagram och kartor för att visa på skogens utveckling under givna förutsättningar (Anon, 2010b).

Syfte och Mål

Mot bakgrund av vad tidigare studier visat initierades detta arbete av Henrik Larsson och Kristoffer Öneholm på SCA Skog i Sundsvall våren 2011 för att "skapa ett underlag för fortsatt utveckling av den långsiktiga planeringen hos SCA Skog, med fokus på taktisk planering med geografisk hänsyn".

Målet är att den färdiga rapporten ska redogöra för hur Heureka PlanVis kan användas för att utveckla den långsiktiga planeringen på SCA Skog, genom att visa hur kopplingen mellan strategisk och taktisk planering kan stärkas. I den taktiska planeringen ska särskild fokus läggas på hur geografisk hänsyn kan inkluderas för koncentration av slutavverkning och gallring i relation till befintligt vägnät.

Begränsningar

Rapporten kommer ej att omfatta operativ planering.

Resultaten gäller för redovisat område, med redovisade modeller och inställningar. Små förändringar kan leda till stora variationer i resultat.

Problemet har lösts för ett helt distrikt med mer än 10 000 bestånd och omfattas därför av mycket stora datamängder. Därför har gödslingsproblematiken utelämnats från modellerna. Redan gödslade bestånd har hanterats så att de har låsts i 10 år från gödslingstidpunkt genom att inte tillåta skötselåtgärder för dessa i skötselprogramgeneratoren. Arbetsgången stämmer då överens med SCA:s nuvarande upplägg där gödslingen hanteras centralt, utanför LSP-arbetet.

Material och metod

Studieområdet

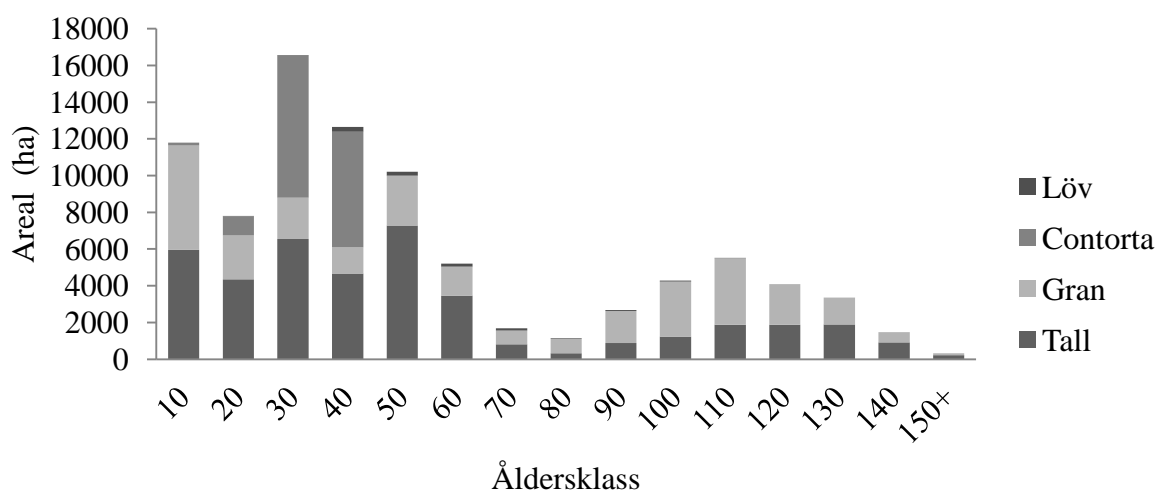
Fallstudien utfördes på Lidens distrikt på Medelpads förvaltning. Genom att använda hela beståndsregistret kunde optimeringsmodeller som kopplar samman strategisk och taktisk planering användas. I registret fanns också tillgång till den befintliga långsiktsplanen, (LSP:n) skapad av distriktspersonal i SkogsGIS, vilket är det nuvarande hjälpmedlet. Som komplement till registret fanns också data från föregående AVB som jämförelseunderlag. Distriktet består av ca 13 000 bestånd och är till ytan ca 95 000 ha stort. På distriktet finns också 1487 bestånd avsatta för naturvård (kallas "skötselklassade" på SCA) vilka utelämnas från analysen. Distriktet är beläget på 62:a breddgraden, mellan Sundsvall och Östersund (figur 2).



Figur 2. Karta som visar Lidens distrikt och dess läge i landet.

Figure 2. Map showing the district of Liden and its position in Sweden.

I figur 3 redovisas trädslagsvis åldersklassfördelning i 10-årsklasser för Lidens distrikt. Den typiska virkessvackan i den medelålders skogen, den så kallade "contortapuckeln" med stora arealer i åldersspannet 20-40 år och den stora arealen ungskog är typiska kännetecknen för skogsinnehavet för ett större svenskt skogsägande företag år 2011.

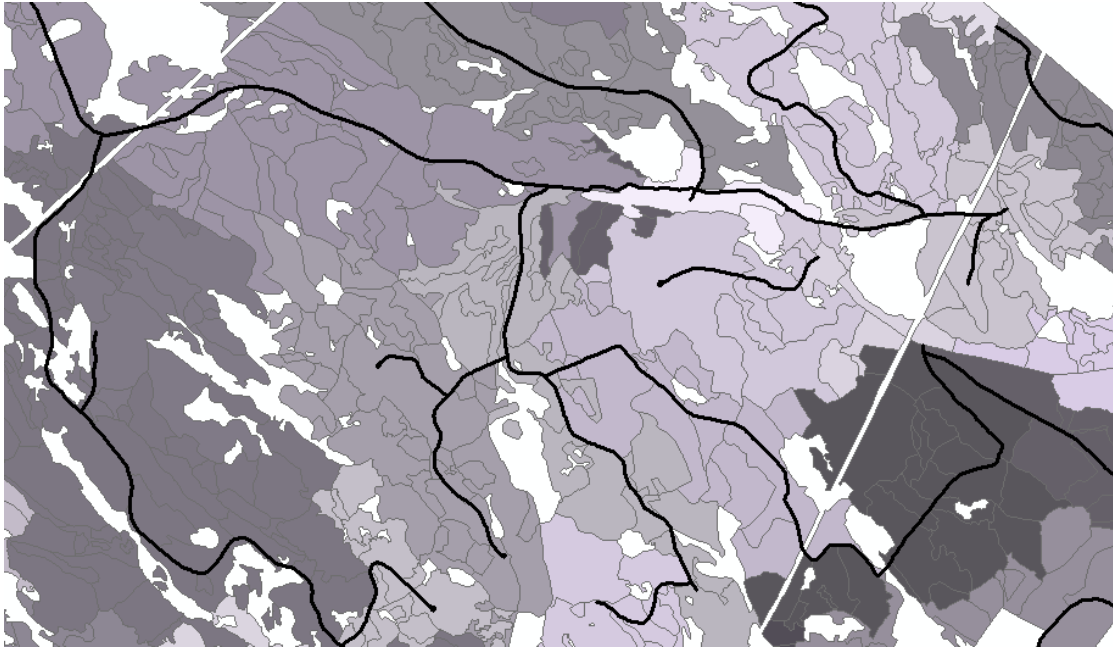


Figur 3. Trädslagsvis åldersklassfördelning för löv, contorta (*pinus contorta*), gran (*picea abies*) och tall (*pinus sylvestris*).

Figure 3. Age class distribution for pine (*pinus sylvestris*), contorta (*pinus contorta*), spruce (*picea abies*) and deciduous.

Hantering av vägar

Heureka har inget inbyggt stöd för vägar. För att hantera koncentrationen av avverkningsåtgärder efter det befintliga vägnätet i den taktiska delen tilldelades istället ett vägnummer till varje bestånd med hjälp av en enkel modell i ett GIS-program (ArcMap). Dessa nummer plockades från nationella vägdatabasen (NVDB) och lades in i en egen kolumn i beståndsregistret och kunde sedan importeras till Heureka vid registerimporten. På så sätt skapades en kolumn i registret som innehöll information om vilken väg som virket är tänkt att skotas till. Figur 4 visar ett exempel på hur ett antal bestånd är kopplade till närmaste väg och bildat ett "vägområde". Modellen resulterade i 463 unika områden med en vägmedellängd på 2,5 km och har bara skapats för att kunna användas i den taktiska modellen. Det är således inget som använts av Lidens personal vid framtagandet av deras LSP. Vägområdena har i genomsnitt 25 bestånd kopplade till sig, med en spridning från de allra minsta bestående av endast två bestånd till de största med upp till 270 bestånd.



Figur 4. Exempel på hur bestånden kopplats till närmaste väg och skapat en mängd ”vägområden”.
Figure 4. Example of how stands are connected to nearest road and created “road areas”.

Import av beståndsdata

För att kunna importera beståndsregistret till Heureka-systemet användes den Excelmall som finns på Heureka wiki (Anon, 2011b). Med hjälp av ”Importera beståndsregister” (Anon, 2011b) korrigerades data till att passa i Heureka miljö, bland annat genom att skapa huggningsklasser utifrån ålder och höjd samt justera vegetationsklasserna (kravet på att ange huggningsklasser togs bort mot slutet av detta examensarbete). Excel-filen sparades som en .csv-fil som sedan importerades i PlanStart, samtidigt som en GIS-fil i shape-format importerades för att kunna visa skogskartan (Anon, 2011c). Innan beståndsimporten skapades en skogsdata-bas som har till uppgift att hantera datat i databasform. I samband med importen simuleras diameterfördelningar och trädlistor för varje bestånd och trädslagsgrupp (Anon, 2011b).

Inställningar i PlanVis

I studien användes version 1.6 av PlanVis och arbetet inleddes med att funktionen ”beräkna ingående tillstånd” användes för att skapa ett initialtillstånd för skogen. Detta innebär att t.ex. volymer, dominerande trädslag och åldrar beräknas av systemet för att kunna utföra beräkningar senare (Wikström m.fl., 2011). Efter simulering delades skogen in i domäner (olika skogstyper) enligt nedan:

Tabell 2. Domänindelning med areal i ha och som andel av den brukade skogens totala areal i procent

Table 2. Forest domain divisions and their area (ha) and their share of the productive forestland (%)

Domän	Areal (ha)	Andel (%)
Contortadominerade bestånd på torr eller frisk mark (gallring tillåten)	14700	16
Contortadominerade bestånd på fuktig mark (ingen gallring)	566	1
Talldominerade bestånd på torr eller frisk mark (föryngring med contorta eller svensk tall i nästa generation)	40561	46
Övriga	33122	37

För att räknas som dominerande ska minst hälften av volymen utgöras av definierat trädslag. Domänindelningen fungerar som ett allt finmaskigare säll, vilket innebär att bestånd som inte passar in i den första domänen, testas i nästa o.s.v. Slutligen samlas bestånd som inte passat i tidigare domäner in i ”övriga”. Till domänerna kopplas skötselkategorier som styr skötseln enligt användarens önskemål. I skötselkategorierna bestämdes bl.a. räntan till 1,5 % efter önskemål från SCA och domänen ”Contortadominerade bestånd på fuktig mark” tilläts inte generera skötselprogram som innehöll gallring.

Planalternativen

För att kunna göra relevanta jämförelser med Lidens LSP och för att visa hur länken kan stärkas mellan strategisk och taktisk planering definierades en strategisk och två taktiska optimeringsmodeller. Den ena av de taktiska modellerna skulle visa hur den strategiska planen kunde kopplas samman med den taktiska (kallas ”plan S”, där S står för ”Strategiskt urval”) och den andra hur Lidens LSP kan efterliknas utan koppling till en föregående strategisk optimering (kallas ”plan F”, där F står för ”Fullt registerurval”). Resultatet blev två taktiska planer där den ena använder sig av en strategisk optimering som input och den andra med hela distriktet som input. Gemensamt för planerna är att de omfattades av en vägöppningskostnad som kunde styra graden av koncentration på åtgärderna.

Gemensamt för optimeringsmodellerna

Gemensamma set är:

- P = Mängden perioder, indexeras med p .
- I = Mängden av alla bestånd, indexeras med i .
- $I(s)$ = Mängden av bestånd som ska avverkas säsong s .
- $J(i)$ = Mängden av skötselprogramalternativ för bestånd i .
- K = Mängden av alla vägar, indexeras med k .
- $K(i)$ = Mängden av vägar som bestånd i ansluter till.
- S = Mängden av säsonger, indexeras med s . Se figur 3 och 4.

Beslutsvariabeln x_{ij} är gemensam för alla modeller och anger hur stor andel av bestånd i som sköts enligt skötselprogram j . x_{ij} måste ligga mellan 0 och 1 samtidigt som summan av alla andelar för ett bestånd ska vara 1:

$$0 \leq x_{ij} \leq 1, \quad \forall (i, j)$$

$$\sum_{j \in J(i)} x_{ij} = 1, \quad \forall i$$

Strategiska planen

I PlanVis kan strategiska resultat användas som input till den taktiska skötselprogramgenereringen. Detta skapar förutsättningar för att stärka länken, och minska felen nämnda i tidigare kapitel, som uppstår när strategiska resultat omsätts till taktiska.

Därför gjordes en strategisk plan baserad på skötselprogram för 10 perioder à 5 år, där det för varje bestånd maximalt kunde genereras 50 olika skötselprogram. Efter det formulerades en strategisk optimeringsmodell som skulle definiera uthålliga och jämna avverkningsnivåer för contorta, tall och gran. För tall och gran togs även hänsyn till de fyra säsongerna genom att formulera ett jämnhetskrav för varje säsong, vilka redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Bärigheternas fördelning över årstider för varje bestånd samt index (s) för den strategiska planen och den taktiska planen med strategisk input (plan S)

Table 3. The five classes of soil bearing capacities and their distribution to seasons and index (s) for the strategic plan and the tactical plan with strategic input (plan S)

Bärighetsklass	Säsong	Index (s)
1	Vår	0
2	Höst	1
3	Sommar	2
4 och 5	Vinter	3

Målfunktionen som maximerades för den strategiska optimeringen var summan av det diskonterade nuvärdet för varje skötselprogram och bestånd under hela perioden:

$$\text{Maximera } Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J(i)} nv_{ij} x_{ij} a_i$$

Där:

a_i = areal för bestånd i

nv_{ij} = diskonterade nuvärdet för bestånd i och skötselprogram j .

x_{ij} är beslutsvariabel och anger hur stor andel av bestånd i som sköts enligt skötselprogram j .

Genom att använda så kallade kontovariabler för utfallet från både slutavverkning och gallring kunde restriktioner tecknas som kunde styra tillåten ökning eller minskning mellan två på varandra följande perioder. Till exempel användes kontovariabeln H_{ps} för slutavverkning:

$$\sum_{i \in I(s)} \sum_{j \in J(i)} h_{ijp} b_{ijp}^{SA} x_{ij} a_i - H_{ps} = 0 \quad \forall (p, s)$$

Där:

H_{ps} = total slutavverkning under period p och säsong s .

h_{ijp} = avverkad volym i bestånd i under period p (och säsong s) givet att skötselprogram j används.

b_{ijp}^{SA} = 1 om slutavverkning sker i bestånd i under period p (och säsong s) givet att skötselprogram j tillämpas, annars 0.

Med denna formulering är det bestämt i förväg vilken säsong ett bestånd ska avverkas. Ett alternativ hade varit att införa beslutsvariabeln x_{ijs} för att låta modellen bestämma säsong, givet att ett bestånd kan avverkas under flera säsonger.

För att jämna ut virkesflödet från slutavverkning användes restriktionen:

$$H_{ps} \leq (1 + c) \cdot H_{(p-1)s} \quad \forall (p, s) \mid p > 1 \quad (1a)$$

$$H_{ps} \geq (1 - c) \cdot H_{(p-1)s} \quad \forall (p, s) \mid p > 1 \quad (1b)$$

Där c är tillåten relativ ökning eller sänkning mellan två perioder, värde 0,01.

Motsvarande kontovariabel och restriktioner skrevs även för gallring. För att hitta uthålliga avverkningsnivåer för tall och gran under de fyra säsongerna tecknades kontovariabler som summerade utfallet i m^3 fub, där index s definieras i tabell 3. Kontovariabeln (H_{ps}^{gran}) användes t.ex. för att summera utfallet av granvirke för säsong s och period p :

$$\sum_{i \in I(s)} \sum_{j \in J(i)} h_{ijp}^{gran} b_{ijp}^{SA} x_{ij} a_i - H_{ps}^{gran} = 0 \quad \forall (p, s) \mid p > 1$$

Där:

h_{ijp}^{gran} = utfallet av granmassaved och grantimmer för bestånd i , skötselprogram j och period p .

Restriktionen för trädslagsvisa utfallet per säsong blev då, exemplifierat med gran:

$$H_{ps}^{gran} \leq (1 + d) \cdot H_{(p-1)s}^{gran} \quad \forall (p, s) \mid p > 1 \quad (2a)$$

$$H_{ps}^{gran} \geq (1 - e) \cdot H_{(p-1)s}^{gran} \quad \forall (p, s) \mid p > 1 \quad (2b)$$

Där d är tillåten höjning, värde 0,03 och e är tillåten minskning, värde 0,01.

Motsvarande restriktion tecknades även för H_{ps}^{tall} . Uttaget av contorta styrdes inte säsongvis, utan tilläts variera mellan säsongerna, med en restriktion som begränsade ökning och minskning inom $\pm 2\%$ mellan perioderna. Arealen planterad contorta per år styrdes till mellan 18 och 22 % av den totala plantarealen via (3a och 3b):

$$PLANTCONT_p \leq (0,2 + f) \cdot PLANTTOT_p \quad \forall p \mid p > 1 \quad (3a)$$

$$PLANTCONT_p \geq (0,2 - f) \cdot PLANTTOT_p \quad \forall p \mid p > 1 \quad (3b)$$

där f = tillåten årlig avvikelse i andelen contortaplanteringar av total plantareal, värde 0,02.

Hantering av vägar i de taktiska optimeringsmodellerna

De taktiska optimeringsmodellerna försågs med en vägöppningsfunktion i målfunktionen. Målfunktionen utformades så att den maximerar summan av nuvärdet för samtliga bestånd, samtidigt som summan av vägöppningskostnaden subtraheras:

$$\text{Maximera } Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J(i)} a_i n v_{ij} x_{ij} - C_{road} \sum_{p \in P} Y_p$$

Där:

$$Y_p = \sum_{k \in K} y_{kp} \quad \forall (p)$$

En ny beslutsvariabel (y_{kp}) har här lagts till, som är 1 om vägområde k används i period p , och annars 0. y_{kp} är en binär variabel som är antingen 0 eller 1:

$$y_{kp} \in \{0,1\} \quad \forall (k, p)$$

Beslutsvariabeln y_{kp} kan även förses med setet s och bilda y_{kps} . Denna beslutsvariabel kan användas för att aktivera vägar, inte bara för varje period, utan även för varje säsong de används. Formuleringen testades men försvårade jämförelserna mot LSP:n och togs därför bort innan modellerna färdigställdes. Via restriktionen nedan kopplas avverkningar till vägar, så att ett vägområde aktiveras om ett bestånd som är kopplat till det ska avverkas. Detta görs genom att tvinga y_{kp} att anta ett högre eller samma värde som x_{ij} via det logiska uttrycket:

$$\sum_{j \in J(i)} c_{ijp} x_{ij} \leq y_{kp} \quad \forall (i, k, p) | k \in K(i) \quad (4)$$

Där

$c_{ijp} = 1$ om skötselprogram j för bestånd i innebär avverkning (slutavverkning eller gallring) under period p (dvs. om $h_{ijp} > 0$), annars 0.

En restriktion skapas således för varje period och varje ihopkopplat bestånd/väg-par. Notera att två bestånd som är kopplade till samma vägområde bara tvingar fram en vägöppningskostnad. Notera också att det räcker med att en liten del av ett bestånd avverkas för att vägområdet det tillhör måste aktiveras, så fort x_{ij} är större än 0 och innebär avverkning i period p på så måste y_{kp} vara 1 för att restriktion (4) ska hålla.

Med formuleringen ovan är det möjligt att koppla flera vägar till ett bestånd, dvs. man skulle kunna ha olika "utgångar" för ett bestånd. I denna studie användes dock bara en väg per bestånd, dvs. mängden av vägar för ett bestånd ($K(i)$) består av bara en väg.

Genom att använda ett flertal olika nivåer på vägöppningskostnaden (C_{road}) kunde graden av koncentrationen styras, vilket gjordes med värdena: 1, 1000, 2500, 5000, 10 000, 25 000 och 50 000 kr/vägområde. I taktisk plan F användes så höga värden som 100 000, vilket

inte var möjligt i denna plan då lösningstiden blev relativt lång (2,5 timmar) redan vid 50 000 som öppningskostnad. Detta torde bero på att antalet kombinationer minskar med strategisk input. Lösningstider för övriga öppningskostnader översteg inte en halv timme.

Taktisk plan S (Med strategiska planen som input)

När den strategiska planen var klar användes resultatet som input i den efterföljande taktiska TPG:n som gjordes för årsvisa resultat för 10 år. Detta innebär att bestånd som ska gallras eller avverkas enligt den strategiska planen schemaläggs årsvis av den taktiska. Om den taktiska planeringshorisonten är 10 år så kan bara bestånd väljas som ingår i den strategiska planen, och enligt den ska avverkas under den första eller andra femårsperioden. Modellen tillåts dock att flytta avverkningsstidpunkter från den andra perioden till den första och vice versa, om det finns sådana taktiska skötselprogram.

Restriktioner för slutavverkning, gallring och trädslagsvisa utfallet per säsong följer samma regler och jämnhetskrav som i den strategiska optimeringen (restriktionerna 1a, 1b och 2a, 2b).

Taktisk Plan F (Fullt register som input)

För att kunna jämföra resultaten från den taktiska optimeringen med den långsiktplan (LSP) som Lidens distrikt gjort, användes även en modell som bara delvis tar hänsyn till de strategiska resultaten. Istället för att, som i Plan S, låsa sig till de bestånd som är givna av den strategiska planen, tillåts istället modellen att välja fritt mellan de bestånd som är möjliga att gallra eller slutavverka de närmaste fem åren. Detta oavsett om de ska göra det enligt den strategiska planen eller inte. Man måste här tänka på att låta PlanVis ta fram alternativ utan avverkning under den taktiska perioden (genom inställningen "Include Unmanaged = True" i kontrolltabellen Treatment Program Generator). Målet är att kunna leverera specifika volymer per trädslag och säsong enligt samma krav som LSP:n. Efter granskning av de strategiska resultaten, och diskussion med hur berörda arbetade på SCA, togs beslut om att använda en annan fördelning av bärigheterna för säsongerna än i plan S. Detta eftersom industribeställningen efterfrågade mer volymer under vår och höst, och mindre under sommar och vinter än vad den strategiska analysen visat (se figur 8). Det fanns helt enkelt ingen lösning på det taktiska planeringsproblemet, om inte de olika säsongerna fick generösare bärighetsklasser tilldelade. Detta innebar att volymerna för sommar och höst slogs ihop och bildade en säsong, "Sommarhöst", se tabell 4. Denna plan gjordes med årsvisa resultat för 5 år.

Tabell 4. Fördelning av beståndens bärighetsklasser över säsongerna för plan F
Table 4. Distribution of soil bearing capacities for sites and seasons for plan F

Bärighetsklass	Årstid	Index (s)
1 och 2	Vår	0
3	Sommarhöst	1
4 och 5	Vinter	2

För att kunna detaljstyra utfallet för varje säsong, trädslag och trädslagsvis per säsong användes följande kontovariabler:

- Säsong totalt; H_{ps} , där t.ex. $H_{5,0}$ = avverkning våren period 5.
- Trädslagsvis (trsl); H_p^{trsl} , där t.ex. H_2^{gran} = avverkning gran, period 2.

- Trädslagsvis för varje säsong: H_{ps}^{trsl} , där t.ex. $H_{1,0}^{gran}$ = avverkning gran under våren i period 1.

Modellen formulerades därefter med restriktioner som kunde styra utfallet för samtliga kontovariabler inom 5 % från de nivåer som var satta för varje trädslag och säsong enligt industribeställningen. Bland annat tecknades restriktioner för att volymen från slutavverkning under våren ska ligga mellan 17 och 27 % av totala slutavverkningen under året (4a och 4b). Av den mängden skulle 55 - 65 % vara gran (5a och 5b). För att försäkra sig om att det totala utfallet per trädslag skulle överensstämma med industribeställningen användes också restriktioner som styrde utfallet för t.ex. gran mellan 44 och 54 % av varje periods totala volym (6a och 6b).

$$H_{ps} \geq 0,17 \cdot H_p \quad \forall (p, s) \mid s = 0 \text{ (Vår)} \quad (4a)$$

$$H_{ps} \leq 0,27 \cdot H_p \quad \forall (p, s) \mid s = 0 \text{ (Vår)} \quad (4b)$$

$$H_{ps}^{gran} \geq 0,55 \cdot H_{ps} \quad \forall (p, s) \mid s = 0 \text{ (Vår)} \quad (5a)$$

$$H_{ps}^{gran} \leq 0,65 \cdot H_{ps} \quad \forall (p, s) \mid s = 0 \text{ (Vår)} \quad (5b)$$

$$H_p^{gran} \geq 0,44 \cdot H_p \quad \forall p \mid p > 1 \quad (6a)$$

$$H_p^{gran} \leq 0,54 \cdot H_p \quad \forall p \mid p > 1 \quad (6b)$$

Förutom det styrdes även det totala utfallet av gallring och slutavverkning för respektive period. Slutavverkningen tilläts vara en procent lägre och tre procent högre än målvolymen och gallringen styrdes inom ett intervall av 28 till 31 % av slutavverkningen. För att inte avverka redan gödslade bestånd, tecknades ett uttryck som låser dessa under 10 år:

$$\sum_{j \in J(i)} b_{ijp} x_{i,j} = 0, \quad \forall (i, p) \mid \text{godslingsår}(i) > 2011 + p - 10$$

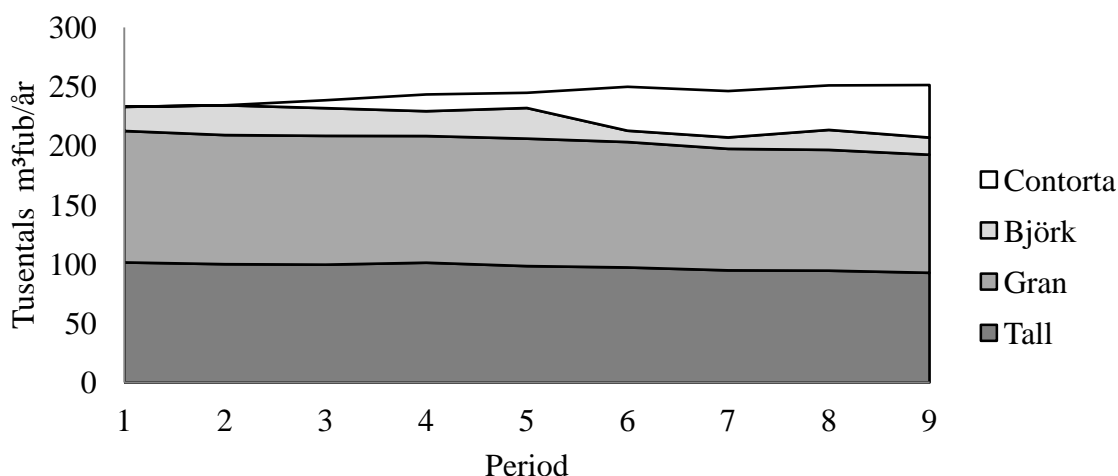
Målfunktion med vägaktivering och vägsummering var densamma som i plan S.

Resultatet av denna modell kan jämföras med LSP:n eftersom samma volymer fångats ur samma register, både för gallring och slutavverkning. De vägöppningskostnader som användes var: 1, 1000, 2500, 5000, 10 000, 25 000, 50 000, 75 000 och 100 000 kr/vägområde.

Resultat

Strategiska resultat

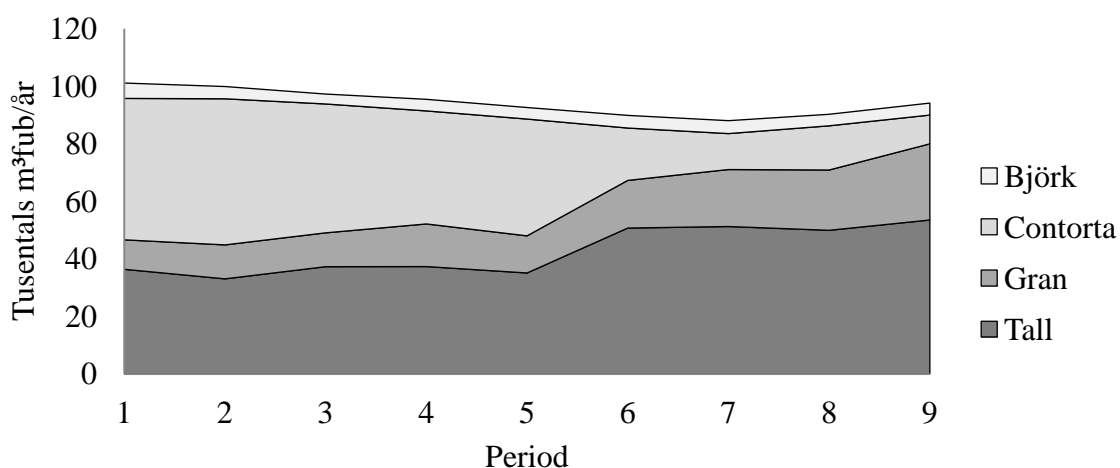
De strategiska resultaten indikerar att den totala slutavverkningsnivån kan ökas under planperioden, från 235 000 m³ fast under bark/år (m³fub/år) under första 5-årsperioden till 255 000 m³fub/år under den sista perioden. Samtliga trädslag förutom björk har försetts med jämnhetskrav och slutavverkningsnivån per år för respektive trädslag visas i figur 5. Tillsammans med en något sjunkande gallringsnivå (se figur 6), kommer uttaget att balansera på ca 320 000 m³fub/år under hela planperioden. Samtliga trädslag, förutom björk, har en något högre avverkningsnivå vid planslut jämfört med planstart. Likhetera med föregående AVB är stora och inga avvikelser kan identifieras för det trädslagsvisa uttaget för slutavverkningen.



Figur 5. Trädslagsfördelning för slutavverkning enligt den strategiska analysen. Varje period motsvarar 5 år och nivån redovisas i tusentals m³fub/år.

Figure 5. Tree species distribution for final felling according to the strategic analysis. Each period corresponds to 5 years and the harvest level are reported in thousands m³fub per year.

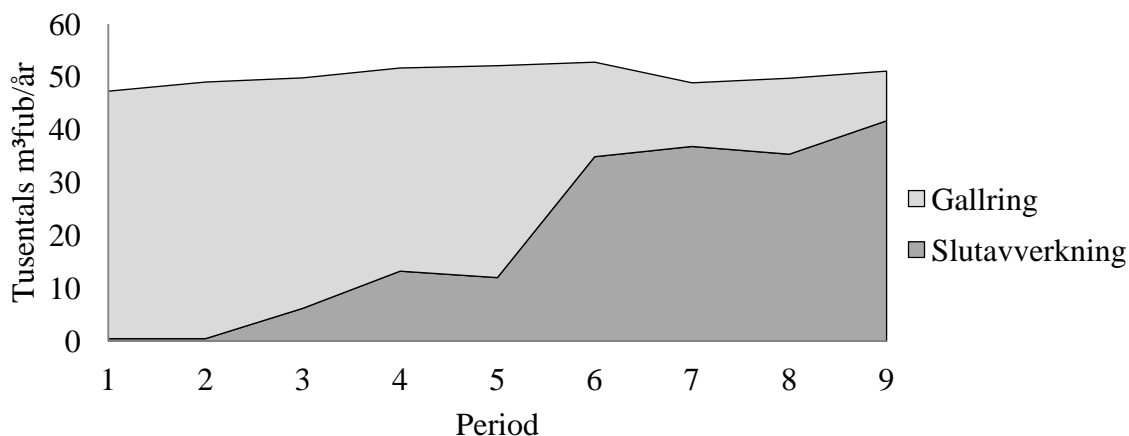
Lidens distrikt ska gallra 47 000 m³fub/år enligt den föregående distriktsvisa AVB, (Johansson 2011, pers. komm.) vilket endast är hälften av vad som föreslås av den strategiska optimeringen. Där föreslås en årlig gallringsnivå på ca 100 000 m³fub/år, av vilken contorta står för ungefär hälften av volymen under planeringshorisontens första hälft (figur 6). Uttaget av tall och gran från gallring kommer att kunna öka under hela planperioden, med en något vikande trend för björkuttag.



Figur 6. Trädslagsfördelning för gallring (tusentals m³fub/år) enligt den strategiska analysen.

Figure 6. Tree species distribution for thinning (thousands m³fub/year) according to the strategic analysis.

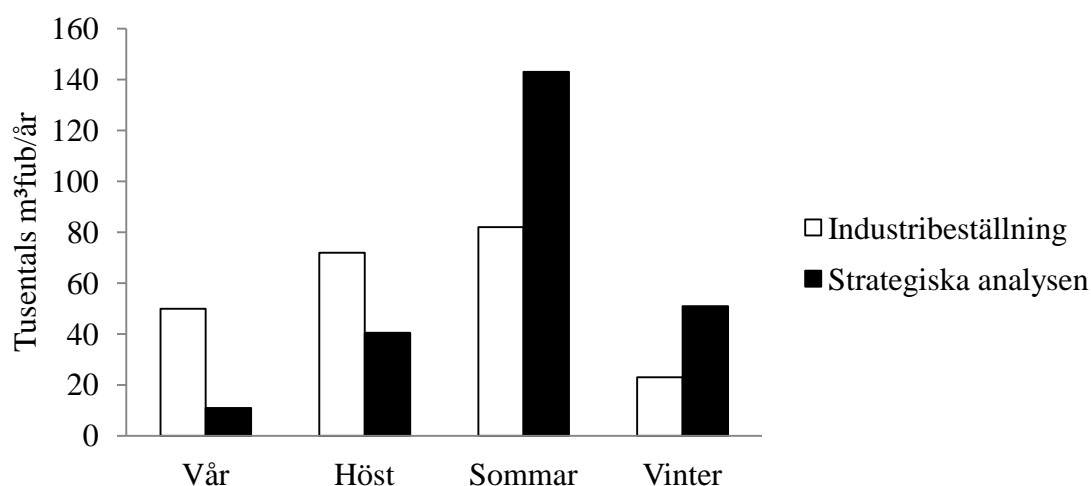
Uttaget av contorta jämnades ut, vilket innebär ett uttag på nästan 50 000 m³fub per år. Detta uttag skulle under första perioden endast bestå av contorta, med en stor omställning under den femte perioden, med drastiskt minskad contortagallring samtidigt som slutavverkningsvolymen ökar (figur 7).



Figur 7. Årligt uttag av contorta i tusentals m³fub, fördelat på gallring och slutavverkning.

Figure 7. Annual harvest of contorta (thousands m³fub) for both thinning and final felling.

SCA:s industribeställning har, enligt den strategiska analysen, dålig överensstämmelse med trädslagets fördelning över bärighetsklasser. För att klara nuvarande beställning kommer mycket av volymen på sommarbärighet (bärighetsklass 3), att tvingas till vår- och höstavverkning (bärighetsklass 1 och 2), samtidigt som avverkningen under den tjälade perioden skulle behöva ökas (figur 8). Särskilt stor är skillnaden för uttaget av gran under våren (bärighet 1), där de strategiska resultaten indikerar ett uthålligt uttag på ca 1500 m³fub samtidigt som beställningen är på 30 000 m³fub. Motsatsen visar sig under den tjälade perioden när 5000 m³fub gran ska huggas enligt industribeställningen, när analysen visar att potentialen ligger på ca 30 000 m³fub.



Figur 8. Uttaget per årstid i tusentals m³fub/år, för den strategiska analysen och industribeställningen.

Figure 8. Annual harvest per season in thousands m³fub/year, for the strategic analysis and the industrial order.

Taktiska resultat

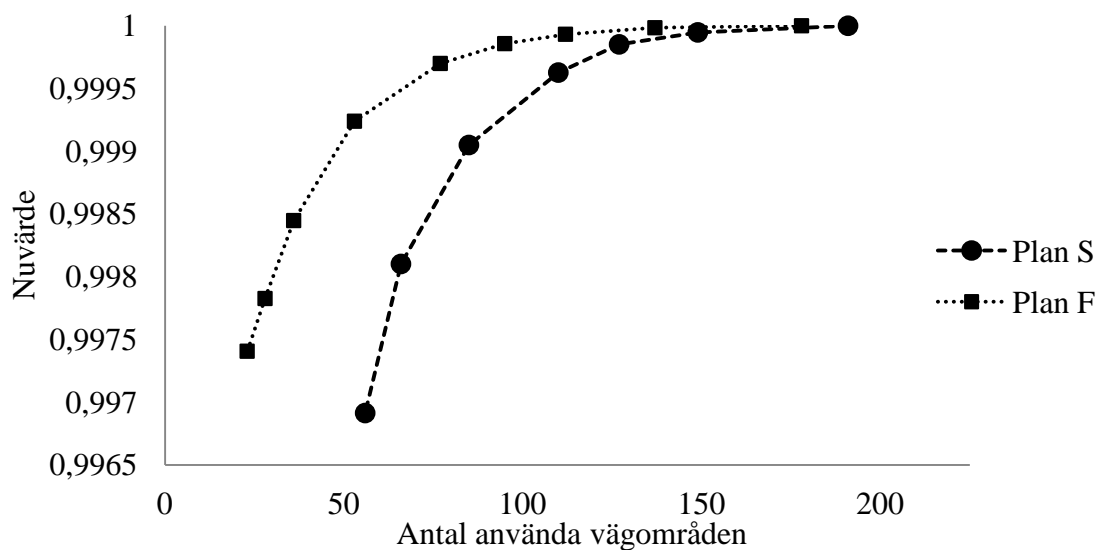
Intäkter från skogsbruket

Om enbart intäkterna från skogsbruket beaktas, samtidigt som de kostnader som förknippas med vägunderhåll och maskinflyttar förbises, kommer nuvärdet från optimeringarna för de båda planerna att nå sitt maximum vid lägsta använda vägöppningskostnad (1 kr), och därför flest antal vägområden använda (se tabell 5). I takt med att vägöppningskostnaden höjs i optimeringarna kommer antalet vägområden att sjunka (se figur 9) och nuvärdet för intäkterna från skogen sjunker i takt med att åtgärder tidigare- eller senareläggs för att fler bestånd ska kunna dela på en stigande vägöppningskostnad. Skillnaden mellan högsta och lägsta nuvärdet är, för plan F, i relativa tal ca 0.3 %, eller i monetära termer ca 9,9 miljoner kr och för plan S ca 8,9 miljoner kr (tabell 5, figur 9).

Tabell 5. Vägöppningskostnad med resulterande antal vägområden och nuvärde för Plan F och Plan S. Högsta nuvärdet markerat med fet stil

Table 5. Road access cost with the resulting number of used roads and net present value for plan F and plan S. Maximum net present value in bold

Vägöppningskostnad	Antal vägområden		Nuvärde (t kr)	
	Plan F	Plan S	Plan F	Plan S
1	178	191	3850997	2899365
1000	137	149	3850936	2899211
2500	112	127	3850735	2898935
5000	95	110	3850448	2898283
10 000	77	85	3849844	2896610
25 000	53	66	3848076	2893861
50 000	36	56	3845017	2890416
75 000	28	-	3842625	-
100 000	23	-	3841007	-

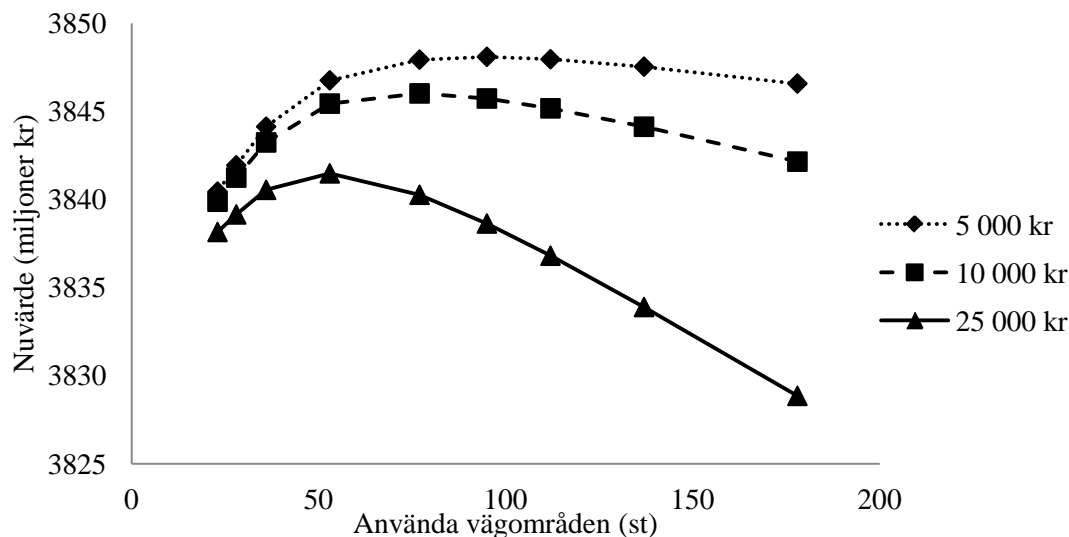


Figur 9. Antal använda vägområden och det resulterande relativa nuvärdet för de skogliga åtgärderna indexerat med 1 som maximalt nuvärde för plan F och plan S.

Figure 9. Number of used road areas and the resulting net present value for forest activities. The net present value is indexed with value one as the maximum value.

Koncentrationsaspekter

Om det från skogsbruksintäkterna subtraheras en faktisk vägöppningskostnad, kommer nuvärdet att vara som högst vid motsvarande kostnad vid optimeringarna (se figur 10). Det innebär att tabell 3 kan användas för att visa hur det optimala antalet vägområden är beroende av vägöppningskostnaden. Fenomenet visas grafiskt i figur 10, där tre olika vägförvaltningskostnader får illustrera hur högsta inkomsten sammanfaller med motsvarande nivå på vägöppningskostnaden i tabell 3.



Figur 10. Grafisk illustration som visar hur nuvärdet (miljoner kr) och antal vägområden (st) påverkas om en faktisk vägförvaltningskostnad dras från de skogliga intäkterna för plan F.

Figure 10. Graphic illustration showing how the net present value in millions of crowns and the number of road areas is affected if an actual road maintenance and equipment removal cost will be deducted from the forest revenues for plan F.

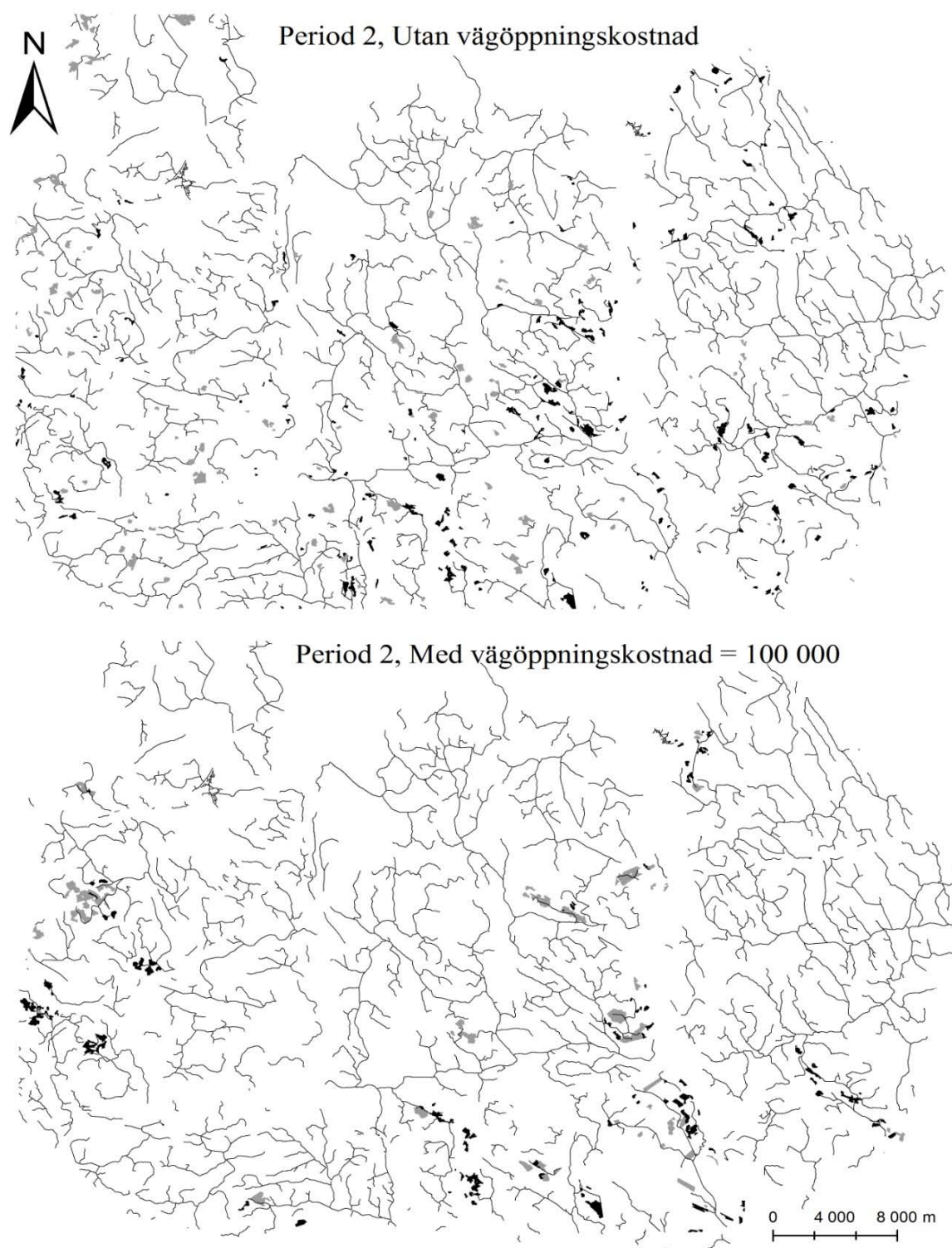
Lidens distrikt har i genomsnitt använt sig av 117 vägområden per år för de första 5 årens LSP. Det skulle motsvara en vägöppningskostnad i optimeringen för plan F på 2500 kr och i plan S på ca 5000 kr. Den taktiska modellen med hela registret tillgängligt (plan F) har, med hjälp av de olika vägöppningskostnaderna, skapat planer där vägantalet som minst är 23 och som högst 178 (tabell 5). Plan S använder fler vägområden vid samma vägöppningskostnad och kan heller inte sänka antalet till färre än 56 per år.

De vägområden som använts i modellerna har i genomsnitt 25 bestånd kopplade till sig med ett stort spann från 2 upp till 270 st. I tabell 6 visas hur de olika planerna har valt bestånd utifrån storleken på vägområdena, vilket visar att alla planer använt vägområden som är något större än medelområdet i utgångsläget som det ser ut i registret. Skillnaderna mellan de olika planerna är dock små. Plan S har använt sig av flest små vägområden, både de som har mindre än fem och de som har mindre än tio bestånd, och har dessutom minst antal bestånd i sitt ”medelvägområde.” I figur 10 redogörs i kartform för hur två ytterligheter av vägöppningskostnader ser ut.

Tabell 6. ”Bestånd / vägområde” visar hur många bestånd medelvägområdet för registret, plan F, plan S och LSP:n innehåller. ”Antal vägområden < 10 (5) bestånd”, visar hur många vägområden innehållande färre än 10 (eller 5) bestånd som valts av de olika planerna och hur många som fanns i registret. Plan F och S från plan med 5000 kr som vägöppningskostnad

Table 6. Sites / road area shows how many sites the average road area contains in the register and for the different plans. Number of road areas < 10 (or 5) sites shows how many road areas containing less than 10 sites selected by the various plans and how many there are in the register. Plan S and F from plans with 5000 Swedish crowns as road access cost.

	Register	LSP	Plan F	Plan S
Bestånd / vägområde	25	34	33	30
Antal vägområden < 10 bestånd	132	50	37	57
Antal vägområden < 5 bestånd	58	10	12	21



Figur 10. Kartan visar skillnaden i utbredning för gallring (grå färg) och slutavverkning (svart färg) för låg öppningskostnad (övre kartan) och hög kostnad (nedre kartan).

Figure 10. Map showing the different level of clustering of harvest activities with low (1) road access cost above and high road access (100 000) cost below.

Jämförelse av planernas beståndsväl

De värden som hämtats från LSP:n, till skillnad från de optimerade planerna, har inte framskrivna värden. Det innebär att de volymer som ligger framåt i tiden för LSP:n saknar den tillväxt som sker för volymer etc. i PlanVis.

De olika planerna uppvisar en del skillnader i antalet åtgärder (tabell 7), där det låga antalet gallringar i plan F är mest iögonfallande. Till viss del hittas förklaringen i tabell 10, då storleken på gallringarna är större för plan F än de övriga. Märkbart är också att antalet bestånd är färre och att medelförrådet/ha i slutavverkningarna är högre för de optimerade planerna, jämfört med Lidens LSP (tabell 7 och 9). Överensstämmelsen på beståndsnivå för första fem årens åtgärder för de två optimerade planalternativen jämfört med LSP:n ligger i grova drag på ca 30 % (tabell 8), och betydligt högre när de jämförs sinsemellan (50-60 %).

Tabell 7. Antal bestånd åtgärdade med slutavverkning, gallring och totalt för de tre olika planerna under de inledande fem åren. Värden från plan S och F baseras på planer med en vägöppningskostnad på 5000 kr

Table 7. Number of harvest activities, specified for final felling, thinning and total for the first five years. Plan F and S based on plans with 5000 Swedish crowns for road access cost

Åtgärd	Plan		
	LSP	Plan F	Plan S
Gallring	923	541	915
Slutavverkning	966	923	828
Totalt	1889	1321	1743

Tabell 8. Identiska bestånd för gallring och slutavverkning för de inledande 5 åren. Max antal (100 %) baseras på den plan som fått minst antal bestånd. Värden från plan S och F baseras på planer med en vägöppningskostnad på 5000 kr

Table 8. Identical management areas for thinning and final felling. Maximum value (100%) is based on the plan with the least amount of sites. Plan F and S based on plans with 5000 Swedish crowns for road access cost

Jämförda planer	Överensstämmelse
Gallring	
LSP vs. Plan F	188 av 541 (35%)
LSP vs. Plan S	265 av 915 (28%)
Plan F vs. Plan S	335 av 541 (62 %)
Slutavverkning	
LSP vs. Plan F	127 av 398 (32 %)
LSP vs. Plan S	265 av 828 (32 %)
Plan F vs. Plan S	419 av 828 (51%)

I tabell 9 jämförs några beståndsegenskaper för slutavverkningsobjekten, vilka visar att plan S har 20 % högre medelvolym än LSP:n, och att skillnaden mellan plan F och LSP:n är lägre (8 %). De avverade bestånden har också en högre ålder och ett något högre förråd

för plan S (tabell 9). Bestånden uppvisar i övrigt liknande egenskaper bl.a. för diameter och tillväxt.

Tabell 9. Beståndsegenskaper för valda slutavverkningsobjekt, för de respektive planerna
Table 9. Stand properties for final felling. Respectively for plan S, plan F and the LSP

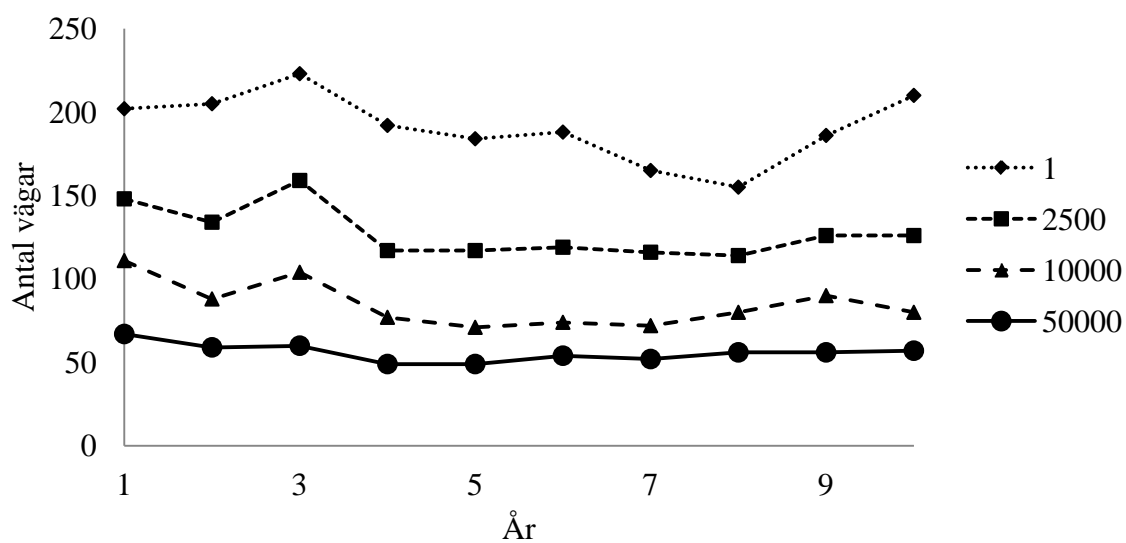
	LSP	Plan F	Plan S
Virkesförråd/ha (m ³ sk)	278	302	336
Tillväxt (m ³ sk/ha)	3.8	4	4
Ålder (år)	117	117	123
Virkesförråd/bestånd (m ³ sk)	1744	1651	1780
Diameter (Dgv)	24	23.5	24

För gallringarna sticker plan F ut med en högre medelareal per bestånd (se tabell 10), vilket då leder till en lägre total gallringsareal, trots att den totala gallrade volymen är lika. Antalet contortadominerade bestånd är högst i plan S och likvärdigt mellan LSP och plan F. Noterbart är också att grundytan är märkbart högre för de bägge optimerade planerna jämfört med LSP:n.

Tabell 10. Beståndsegenskaper för valda gallringsobjekt
Table 10. Stand properties for thinning activities for plan F, plan S and the LSP

	LSP	Plan F	Plan S
Medelareal/trakt (ha)	9.6	12.1	9.3
Total gallrad areal (ha)	8874	6554	8472
Medeldiameter (Dgv)	15.9	15.3	16.3
Medeluttag/ha (m ³ sk)	75	76	72
Contortadominerade (st)	245	278	332
Medelhöjd (Hgv)	13.3	13.6	14.8
Grundyta (m ² /ha)	24.1	30.1	29.6

Antalet utnyttjade vägområden varierar i liten utsträckning över tiden, vilket redovisas i figur 11. Exemplet gäller för plan S och 10 år framåt. En hög öppningskostnad (50 000) kommer att hålla antalet vägområden på drygt 50 st., och en låg kostnad (1) kommer att uppvisa en något högre variation inom intervallet 223 – 155 vägområden per år.



Figur 11. Antalet använda vägområden för plan S och tio år framåt, med fyra olika vägöppningskostnader (1, 2500, 10 000 och 50 000).

Figure 11. Number of used roadareas for plan S during the first ten periods with four different road access costs (1, 2500, 10 000 and 50 000).

Diskussion

Arbetet har främst syftat till att utveckla och analysera resultatet av en taktisk optimeringsmodell med fokus på geografisk koncentration av avverkningsåtgärder. En skarp tillämpning av PlanVis på SCA kräver utförligare anpassning av inställningarna i programmet för att skötselstrategierna på företaget ska kunna efterliknas till fullo. Exempel på delar som behöver kompletteras i optimeringsmodellerna är t.ex. att tvinga avverkning på bestånd som nått en viss ålder över LSÅ, jämnhetskrav för medelstorlek på avverkningarna och jämnhetskrav på avverkningsnivå per ståndortsindexklass, o.s.v.

Vägområden

De vägområden som använts har skapats utan hänsyn till hur området mellan väg och bestånd ser ut, vilket kan innebära att vissa trakter kopplats till fel väg då det inte tagits hänsyn till berg, myr, sumpskog, vattendrag o.s.v. En förbättring skulle vara möjlig om en mer avancerad modell utvecklades i ArcMap, som kunde ta hänsyn till dessa faktorer. Om dessutom distriktspersonal kunde verifiera och med hjälp av SkogsGIS justera områdena skulle ett bättre vägområdesunderlag kunna skapas. Den storleksvariation som vägområdena uppvisar, från 1 till 270 bestånd, kan få till följd att bestånd i små områden inte brukas lika aktivt som bestånd i stora områden. Detta till följd av att vägöppningskostnaden blir större i relation till virkesvärdet i de små områdena, då färre bestånd kan "dela på" öppningskostnaden. Problemet kan emellertid vara svårt att lösa, då det i verkligheten ibland är så att vissa vägar används till många bestånd, och andra bara några få. En restriktion i optimeringsmodellen som styr medelstorleken på brukade bestånd hade kunnat tvinga beståndsvälden att omfatta hela innehavet på ett bättre sätt. SCA arbetar i detta nu med ett vägGIS, där information om bl.a. väglängd och vägklass kan hanteras.

Beståndsunika beståndsegenskaper

De jämförelser som presenteras i tabell 7,8,9 och 10 i resultaten är alla baserade på taktiska planer med en vägöppningskostnad på 5000 kr. Denna nivå är vald utifrån tre kriterier:

- Antalet använda vägar ligger nära antalet i LSP:n.
- Nuvärdet är nära sitt maximum (figur 9).
- Nivån sammanfaller med funktioner för vägöppningskostnader som användes i Gustafsson (1998) och Gustafsson m.fl. (2000).

Skillnaden mellan olika vägöppningskostnader vad gäller beståndsväl är små och för att förenkla redovisningen av resultaten har inga beståndsegenskaper med annan vägöppningskostnad redovisats.

I tabell 9 och 10 redovisas en del beståndsegenskaper för slutavverkning och gallring. Där märks att plan S har valt slutavverkningar med avsevärt högre bestockning än de båda övriga. Det kan vara ett resultat av att den är en följd av en strategisk plan som maximerar nuvärdet och därför har virkesrika bestånd att välja på när åtgärderna ska schemaläggas. Det ska också noteras att siffrorna från LSP:n i samtliga fall är plockat från registret i SkogsGis och att de optimerade planerna får sina värden från PlanVis, något som i sig kan ge upphov till vissa skillnader. T.ex. kan volymerna justeras något när bestånden importerats i PlanVis. Dessutom skrivs inte värden fram för LSP:n under planperioden, något som görs i PlanVis. För gallringarna är det plan F som sticker ut något då den gallrade arealen är lägre än de övriga (tabell 7). Det kan därför misstänkas att optimeringsmodellen är lite girig och "plockar russinen ur kakan", något som kan åtgärdas med en restriktion som styr medelarealen på de gallrade bestånden. Ett alternativ

är också att tillåta modellen välja gallringar fritt, då det uppenbarligen inte är ekonomiskt optimalt att gallra 900 bestånd, utan att det snarare kanske är så att många av de bestånden är för små och därför olönsamma att gallra.

Beståndsregistret, LSP:n och tidigare AVB

Beståndsregistret är korrigerat för uppenbara fel i några enstaka fall men är i övrigt använt i ursprungligt skick, trots de brister som finns i företagets beståndsregister och de inoptimaliteter det kan leda till (Larsson, 1994). Vissa parametrar, t.ex. huggningsklass, vegetationsklass och fuktighetsklass har fått korrigeras, eller t.o.m. skapas, för att kunna importeras i Heureka-systemet. Den senaste versionen av PlanVis (1.7) använder sig av en annan importfunktion och där behövs t.ex. huggningsklass inte längre anges. Ingen omfattande granskning har heller gjorts för att klarlägga i vilken utsträckning bestånd förändrats efter import i Heureka. Det är troligt att det i vissa fall, kan skilja något för vissa beståndsegenskaper, t.ex. volym. LSP:n är skapad med stor hänsyn till väg, men inte med de vägområden som använts i modellen. Kanske hade LSP:n, och också jämförelsen med den, sett annorlunda ut om vägområden funnits sedan tidigare. I föregående AVB användes en kalkylränta på 1,5 % vilket också då har använts i detta arbete. En högre ränta hade varit mer utslagsgivande och kanske gett ett än tydligare resultat, då en högre ränta leder till att valet av åtgärdsstidpunkter i skötseln blir viktigare för ett högt nuvärde. De avverkningsnivåer som LSP:n är byggd mot har sin grund i AVB:n, men är anpassade för att passa industrins behov.

Contorta

Den stora contortapuckeln (se figur 3) med contortans höga volymtillväxt får till följd att särskild fokus kan behöva läggas på hur strategierna för skötseln definieras. Inom ramarna för denna studie har ingen särskild fokus lagts på contorta, vilket innebär att det finns möjligheter att vidareutveckla både domänindelning, kontrollkategorier och optimeringsmodeller. Under domänindelningen kan fler faktorer användas för att hindra olämpliga bestånd från att gallras, t.ex. kvalitetsklassning från ungskogstaxeringen och jordart. Att dessutom komplettera registret med skötselhistorik, i form av tidpunkt för senast utförda gallring, förbättrar möjligheten att sätta höjdrestriktioner för första gallring. Resultatet av fler restriktioner och tydligare domänindelning skulle förmodligen sänka gallringsnivån och samtidigt höja slutavverkningsvolymen för contortan. Ett jämnhetskrav på gallringen och slutavverkningen var för sig skulle innebära mindre stora kast mellan period 5 och 6 (se figur 7).

Bärigheter

I figur 8 visas de skillnader som industribeställningen och den strategiska analysen uppvisar. Bland annat visar sig uttaget av gran vara styrt så att det enligt den strategiska analysen inte är möjligt att hitta de volymer som efterfrågas under rätt årstid. Följden av beställningens utformning är att mycket av vår- och höstavverkning av gran måste ske på sämre bärigheter än vad som vore önskvärt. I plan F tilläts till exempel våravverkning på både bärighet 1 och 2 och höstavverkning på bärighet 3. Dessa justeringar av säsongerna skulle behöva en strategisk analys för att visa på vad de långsiktiga konsekvenserna är. Den taktiska optimeringen lyckades hitta en lösning för 10 år framåt, men fortsättningen efter det är inte utredd.

Kopplingen mellan strategisk och taktisk planering

Genom att använda den strategiska optimeringen som input i den taktiska skötselprogramgenereringen stärks länken och bristen på kompatibilitet minskas. Den

största skillnaden jämfört med en traditionell beräkning där den strategiska delen baseras på ett stratabaserat material är att samma data används i båda stegen. När dessutom samma programvara används i båda stegen kommer valet av bestånd att ha en högre överensstämmelse än en traditionell överföring där Indelningspaketet löser den strategiska delen som sedan översätts till beståndsval i SkogsGIS, som nu är fallet. Genom att använda ett och samma program ökar också möjligheterna för planerna att kommunicera åt båda hållen. Om t.ex. en strategisk plan skapats, som sedan inte kan skapa en tillfredsställande taktiskt plan så kan justeringar göras för den strategiska delen för att kunna leverera en bra taktisk plan.

Koncentrationsaspekter

Resultatet som redovisas i figur 9 och 10 kan användas för att dra vissa generella slutsatser där den första är att mycket liten förlust (550 000 kr, eller 0,01 %) görs för intäkterna från skogsbruket om de använda vägområdena minskar från ca 200 till ca 100. Om en faktiskt vägförvaltnings- och maskinflyttkostnad dras från de skogliga intäkterna kommer den optimala nivån att motsvaras av det antal vägar som den vägöppningskostnaden genererade i optimeringen (figur 10). Med hjälp av detta kan man på värd företaget göra en grov kostnadskalkyl och bestämma hur de faktiska kostnaderna ser ut, och sedan skapa en teoretiskt optimal plan. Liknande resultat, med små nuvärdesförluster från skogen har också visats i tidigare studier av Lämås & Öhman (2003), Andersson (2005) och av Gustafsson m.fl. (2000).

Gustafsson (1998) kunde till och med påstå att de inoptimalförluster som följde av koncentrationen av åtgärder var 10 gånger mindre än de vinster som kunde nås i form av lägre flytt- och väghållningskostnader. Detta kräver dock att man har noggrann vetskap om den sanna vägunderhålls- och maskinflyttkostnaden, liksom den verkliga kalkylräntan.

Vägrust

Genom att använda den taktiska planen i Vägrust kan arbetet med vägplanen förbättras. Vägrust är, precis som Heureka systemet, ett optimerande system men är framtaget av Skogforsk och kan skapa underlag för beslut om vägupprustningsåtgärder och kan användas som ett andra steg efter att den taktiska planen färdigställts i PlanVis. Genom att minimera kostnaderna för upprustning, lagring och transport föreslår modellen vilka vägar som bör rustas. Det tar hänsyn till terräng- och vägtillgänglighet, CTI (lastbilar med variabelt lufttryck i däcken), upprustningsbudget, lagringsmöjligheter och placering av grustäcker (Frisk & Rönnqvist, 2006).

Presentation för berörd personal

Resultaten från studien presenterades för berörd distriktspersonal, planeringsansvariga och extern handledare m.fl. vid ett möte den 11/1 – 2012. Vid mötet dryftades många åsikter både om resultaten i sig, men också om hur inställningarna i PlanVis kan anpassas för att överensstämma än bättre med SCA:s strategier. Den gallringsnivå som presenterats möttes av en del skepsis. Den höga nivån kommer förmodligen att sänkas om hänsyn hade tagits till:

- Information om ”utförd gallring” kom inte med i registerimporten till Heureka och kravet på högsta tillåtna höjd för första gallring kunde därför inte användas i inställningarna. Det innebär att första gallringen i studien tilläts upp till 18 meter. Denna restriktion är främst aktuell för contorta och en maximal höjd på 14 meter (enligt skötselinstruktioner) skulle förmodligen sänka gallringsnivån på contorta.

- Domänen för gallringsfri skötsel av contorta baserades enbart på markfuktighet. Jordart och den kvalitetsklassning som gjorts i samband med ungskogstaxeringen skulle kunna utöka domänen till att omfatta mer än 1 % av arealen som nu är fallet. Den generella uppfattningen på distriktet är att ca 40 till 50 % av de contortadominerade bestånden kommer att hinna gallras, innan medelhöjden blir alltför hög. Något som i princip redan är ett faktum. En grov uppskattning som gjordes i samband med föregående AVB visade att ca 70 % av contortan är gallringsbar (Andersson, M pers. komm.).
- Älgskador. De omfattande älgskadorna har lett till att många tänkta gallringar i vanlig takt på distriktet inte utförts då uppfattningen är att många bestånd är helt eller delvis ”sönderbetade” (Andersson, J pers. komm.).

Lite färre gallringar än vad som nu görs kanske är att överväga (se tabell 7). Små gallringar som inte ligger nära väg kostar för mycket att åtgärda. Gallringsfri skötsel är ett alternativ. Diskussionen kom också in en del på resultatet av den storm som härjat veckan innan mötet (stormen Dagmar) och hur man ska hantera den risk som olika skötselåtgärder är förknippade med. Distriktsansvariga på plats kunde redogöra för hur både ogallrade men kanske främst gallrade bestånd ramlat under den storm som passerat veckan innan. Ingen given lösning finns på hur risken för storm- och snöskador ska hanteras. Att förhindra gallring i äldre granskog är ett sätt att minska risken för skador. Kanske kan man använda sig av parametrar för vindexponering och snötryck och på så sätt identifiera bestånd som är extra utsatta för skaderisker.

Figur 8 mottogs positivt då den ”svart på vitt” kunde visa vad man på distrikten haft aningar om – att industribeställningen inte är anpassad till hur virket är fördelat över de olika bärigheterna i skogen. Fler analyser ska göras för att kartlägga hur bärigheter är fördelade över förvaltningarna, något som kan användas till att fördela vägupprustningsbudgeten på ett klokare sätt. Distrikt med bra bärigheter i skogen och därför goda förutsättningar för uttag under tjällossning och längre regn ska också ha bättre vägar.

Enligt åsikter från distriktsansvariga behöver inte vägstandard tas med i optimeringsmodellen. Skälet är att man med en bra taktisk plan kan skapa en bra vägplan som säkrar att de bäriga vägarna finns på rätt ställen på distriktet (Vägrust).

Slutsatser

PlanVis kan användas för att stärka länken mellan strategisk och taktisk planering på SCA Skog. Starkaste kopplingen nås om en strategisk plan används som input i en taktisk skötselprogramgenerering med samma, heltäckande data i båda stegen.

Den presenterade optimeringsmodellen kan användas för att skapa taktiska planer med geografisk hänsyn. Optimeringsmodellen kan utvecklas ytterligare genom att styra medelstorlek på valda bestånd och medelstorlek på använda vägområden. Detta skulle kunna minska risken för att modellen ”*plockar russinen ur kakan*”.

Bättre anpassning av domäner, kontrollkategorier och optimeringsmodeller behöver göras för skarp tillämpning på SCA Skog för tydligare styrning mot gällande skötselstrategier.

Tillkännagivanden

Jag vill tacka Henrik Larsson och Kristoffer Öneholm på SCA Skog, för deras entusiasm och förmåga att snabbt lösa de problem som dykt upp. Jag vill dessutom tacka min handledare Peder Wikström för hjälp med att formulera optimeringsmodellen samt snabb feedback på rapportskrivandet med konstruktiv kritik. Jag vill också tacka Hampus Holmström som med obeveklig entusiasm aldrig tvekat på projektets färdigställande. Väl förtjänt av ett tack är även Jan Andersson och Thomas Johansson, distriktsansvariga på Lidens distrikt. Era synpunkter har varit mycket värdefulla under arbetets gång. För en värdefull korrekturläsning tackar jag Mattias Wåhlberg von Knorring.

Referenslista

- Andersson, D. 2005. Approaches to integrated strategic/tactical forest planning. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of forest resource management and geomatics. Licentiate thesis. Report 16 2005. Umeå.
- Anon, 2009. The Heureka Research programme – Final report for phase 2, October 2005-September 2009. (Scandinavian Journal of Forest Research, Vol. 21, February 2006, Supplement No. 7.
- Anon, 2010a. Instruktion för långsichtsplanering, LSP. SCA:s skötselhandbok.
- Anon, 2010b. PlanWise tutorial, Heureka Wiki.
http://heureka.resgeom.slu.se/wiki/index.php?title=PlanWise_Tutorial Åtkomst: 15/9 2011
- Anon, 2011a SCA skogs hemsida. Mål och strategi för skogshushållning och skogsskötsel:
<http://www.sca.com/sv/skog/Natur-och-miljo/Certifierat-skogsbruk/FSC/Maf-for-skogshushallning-och-skogsskotsel/>
- Anon, 2011b. Heureka Wiki. Import of stand register.
http://heureka.resgeom.slu.se/wiki/index.php?title=Import_of_stand_register. Åtkomst 12/10 2011.
- Anon, 2011c. Heureka Help. Importera data.
http://heureka.resgeom.slu.se/help/index.html?importera_data_kapitel.htm. Åtkomst 1/1 2012.
- Dahlin, B., Ekö, P-M., Holmgren, P., Lämås, T. & Thuresson, T. 1997. Heureka – en modell för skogshushållning. ”Ett strategidokument utarbetat vid den skogsvetenskapliga fakulteten, SLU.” Skogsvetenskapliga fakulteten, Rapport 17, Uppsala 1997.
- Edler, E. 2011. Contortatallens roll för virkesförsörjningen på Holmen Skog, Region Iggesund – Konsekvensanalys av fyra hushållningsstrategier för contortatall. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå. Arbetsrapport 313.
- Eriksson, M. 2008. Strategisk och taktisk planering samt länken där emellan - Analys av planeringsprocessens genomförande vid SCA Skog. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå. Arbetsrapport 207.
- Eriksson, L.O. 2008. The forest planning system of Swedish forest enterprises: A note on the basic elements. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå. Arbetsrapport 232.
- Eriksson, M. 2004. Skoglig planering och ajourhållning med SkogsGIS – En utvärdering av SCA:s nya GIS-verktyg med avseende på dess introduktion, användning och utvecklingspotential. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Umeå. Arbetsrapport 125.
- Frisk, M. & Rönnqvist, M. 2006. Resultat från Skogforsk, nr 14 2006.
- Gustafsson, K., Larsson, M., Källman, U. & Eriksson, L.O. 2000. Logistical determinants in timber harvesting schedule – accounting for geographical aspects in medium term forest

planning. Logistics in the forest sector. IUFRO and university of Helsinki, Helsinki. Edited by Sjöström, K.

Gustafsson, K. 1998. Långsiktplanering med geografiska hänsyn – en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 46.

Jacobsson, L. 2005. Förbättringspotential i avverkningsplanering – En fallstudie av ett års avverkningar på två distrikt inom SCA Skog, Jämtlands förvaltning. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Umeå. Arbetsrapport 141.

Jonsson, B., Jacobsson, J. & Kallur, H. 1993. "The forest management planning package. Theory and application." *Studia forestalia suecica*. 189: 56p. Swedish university of agricultural sciences, faculty of forestry, Uppsala, Sweden.

Kirby, M.W., Hager, W.A. & Wong, P. 1986. Simultaneous planning of wildland management and transportation alternatives. *TIMS Studies in the Management Sciences* 21:371-387.

Larsson, M. 1994. Betydelsen av kvaliteten på skogliga avdelningsdata för skattningar av volymtillväxt och inoptimalförlust. Avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning, Rapport 26, ISSN 0349-2133.

Söderholm, J. 2002. De svenska skogsbolagens system för skoglig planering. The planning system of Swedish forest companies. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Umeå. Arbetsrapport 98.

Wikström, P. 2004. Kap 3.3.3 (Applikationen för långsiktig planering) i "*Har skogen mer att ge?*" Heureka's årsrapport 2004. Fakulteten för skogsvetenskap. Rapport 20. Umeå 2005.

Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B.O., Eriksson, Ljusk O., Lämås, T., Johan, S., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C. & Klintebäck, F. 2011. THE HEUREKA FORESTRY DECISION SUPPORT SYSTEM: AN OVERVIEW. *Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences* vol. 3, nr 2, 87-94.

Öhman, K. 2007. Rumslig hänsyn i skoglig planering. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. Umeå. Arbetsrapport 195.

Öhman, K. & Lämås, T. 2003. Clustering of harvest activities in multi-objective long term forest planning. *Forest ecology and management*, volume 176, issues 1-3, sidorna 161-171.

Personlig kommunikation

Magnus Andersson, skötselspecialist, stab skogsvård, SCA. Email 2012-01-09.

Henrik Larsson, systemansvarig, stab skogsvård, SCA. Telefon. 2011-10-25.

Jan Andersson, distriktsansvarig, Lidens distrikt. SCA. Telefon. 2011-10-19.

Thomas Johansson, distriktsansvarig, Lidens distrikt. SCA. Email 2011-12-15.

Kristoffer Öneholm, skogshushållning, stab, skogsvård, SCA. Email 2011-11-29.