



Visualisering – ett verktyg för att illustrera långsiktiga konsekvenser av slutavverkning och naturhänsyn

Visualization as a tool for illustrating long term consequences of final felling and tree retention



Jonas Jonzén

**Arbetsrapport 340 2011
Examensarbete 30hp D
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Emma Sandström**

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-340-SE

Visualisering – ett verktyg för att illustrera långsiktiga konsekvenser av slutavverkning och naturhänsyn

*Visualization as a tool for illustrating long term consequences of
final felling and tree retention*

Jonas Jonzén

Examensarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 30 hp
Jägmästarprogrammet
EX0628

Handledare: Emma Sandström, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, fjärranalys
Examinator: Håkan Olsson, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, fjärranalys

Innehåll

Sammanfattning	3
Abstract	3
Förord	4
1. Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Naturhänsyn	5
1.3 Visualisering	6
1.3.1 Olika visualiseringsformer.....	7
1.3.2 Kriterier för en bra visualisering	8
1.3.3 Visualisering i dagens skogsbruk	8
2. Syfte	10
3. Material och metod	11
3.1 Bakgrund	11
3.2 Studieområde	11
3.3 Avgränsningar	11
3.4 Datainsamling.....	13
3.5 Bearbetning av data.....	14
3.5.1 Skapa databas.....	15
3.5.2 Domäner och kontrollkategorier.....	15
3.5.3 Inställningar för scenariorna - Dagens skogsbruk och Dubblerad naturhänsyn ..	15
3.5.4 Inställningar för scenariot - Intensivskötsel	15
3.5.5 Generering och val av skötselprogram	15
3.5.6 Resultat från PlanWise	16
3.5.7 Från Heureka till Visual Nature Studio.....	16
3.6 Visualisering i Visual Nature Studio 3.05.....	17
3.6.1 Inmatning av data	17
3.6.2 Koppla attributdata till modeller.....	17
3.6.3 Uppbyggnad av vegetation och marktextur.....	18
3.6.4 Sjö och övrigt.....	18
3.6.5 Val av vy och rendering	18
4. Resultat	19
5. Diskussion	23
5.1 Reflektioner över resultatet.....	23
5.2 Visualisering – ett verktyg i skoglig planering?	23
5.3 VNS – uppbyggnad av landskap, modeller, val av vy	23
5.4 Visualisering och kommunikation.....	24
5.5 Framtiden – ideér för att utveckla visualisering som verktyg.....	25
Referenser	27
Bilaga 1	29

Sammanfattning

Skogsbruket i Sverige bedrivs idag på ett sätt som avser att jämställa produktionsmålen och bevarandet av den biologiska mångfalden. Ett sätt att säkerställa att den biologiska mångfalden bibehålls är att spara hänsynsytor vid slutavverkning som anses vara värdefulla nu eller för framtiden. Hur ett landskap kommer att gestalta sig då dessa sparade ytor kommer att växa in i framtidens skogar vet vi ännu inte.

Syftet med detta examensarbete är att visualisera hur olika scenarier av naturhänsyn som tas vid slutavverkning kommer att utvecklas långsiktigt, under två omloppstider. Med hjälp av planeringssystemet Heureka och dess applikationer PlanStart och PlanWise har framskrivningar av skogstillstånd gjorts, vilka därefter visualiserades i programvaran Visual Nature Studio. För varje scenario presenterades ett antal visualiserade bilder med tillhörande information om stående volymer.

En dialog fördes också med forskare som arbetar med skoglig planering för att diskutera nyttan med visualisering. De ansåg att visualisering bör utgöra en del av alla de beslutstöd som finns för skoglig planering.

Visualisering har en framtid i svenskt skogsbruk, men innan det är möjligt att göra visualisering mer tillgängligt bör de utvecklas metoder som underlättar bearbetningen av data då detta i dagsläget är mest tidskrävande.

Nyckelord: PlanWise, Visual Nature Studio, teknik, naturhänsyn, skogsbruk, visualisering.

Abstract

Forestry in Sweden is currently conducted in a manner aiming at equating the production objectives and the biodiversity. To ensure that biodiversity is maintained, patches that are considered to be valuable now or in the future is saved in final fellings. How the tree retention areas will grow into the future forest stands is yet unknown.

The purpose of this study was to visualize how different scenarios of natural consideration taken at final felling will evolve in a long term perspective, for two rotation periods. Projections of the forest conditions were executed with the decision support system Heureka and its applications PlanStart and PlanWise. The information about the projected forests was then used for the visualizations which were created in the software Visual Nature Studio. For each scenario a number of visualizations were presented in images and related information of standing volume.

A dialogue was also carried out with scientists working with forestry planning to discuss the benefits of visualization. They believed visualization should be a part of the decision support systems that are used in forestry planning.

Visualization has a future in Swedish forestry, but before it's possible to make visualization more available a method making the dataflow simpler is needed as this is the most time consuming part today.

Keywords: PlanWise, Visual Nature Studio, nature conservation, tree retention, forestry, visualization

Förord

Detta examensarbete har utförts på institutionen för skoglig resurshushållning vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Det är en del av Jägmästarprogrammet och består av 30 högskolepoäng. Jag vill tacka min huvudhandledare Emma Sandström och biträdande handledare Tomas Lämås för att ni alltid ställt upp när jag behövt hjälp. Utan er vägledning hade det varit omöjligt att genomföra arbetet. Därtill vill jag också tacka Hampus Holmström som varit ett stöd vid frågor rörande PlanWise.

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Skogen är en i många avseenden viktig resurs för samhället. Det kommer bland annat i uttryck i skogsvårdslagen (SFS 1979:42) §1 där skogen beskrivs som ”en förnybar resurs som ska skötas så att den uthålligt ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden behålls”. För att vara säker på att skogen brukas på ett uthålligt sätt sparas biologiskt värdefulla områden vid slutavverkning. Trädgrupper, surdråg, kantzoner, naturvårdsträd, evighetsträd och myrimpediment är några exempel på områden som kan sparas vid slutavverkning.

Hur dagens naturhänsyn kommer att påverka och gestalta skogen i framtiden har dock inte studerats ännu. Ett tvärvetenskapligt forskningsprogram, ”Smart Hänsyn”, bildades därför 2009 för att studera hur dagens naturhänsyn bör utformas på bästa sätt för att öka den biologiska mångfalden och andra ekosystemtjänster. En del i detta forskningsprogram är att studera hur visualisering av skogar med naturhänsyn kan beskriva den framtida skogen utseendemässigt. Det finns också ett intresse av att studera hur vi människor uppfattar visuell media i form av bilder.

Med hjälp av tillgängliga prognosmodeller för hur skogen växer och med den ständiga utvecklingen inom datateknologi är det möjligt att göra visualiseringar, där dagens skogar och skötselmetoder ligger som grund.

1.2 Naturhänsyn

Naturhänsyn är ett begrepp som ofta används inom skogsbruket, särskilt i dagens samhälle där natur och miljö fått allt större fokus. Sverige har undertecknat internationella avtal som förbinder oss att bedriva ett skogsbruk som stödjer den biologiska mångfalden. Ett steg som togs var när skogsvårdslagen ändrades 1994 för att jämnställa produktionsmål med miljömål (Skogsstyrelsen).

Eftersom alla skogar är olika finns det inget entydigt sätt att gå tillväga när naturhänsyn ska lämnas. Med naturhänsyn menas all hänsyn som tas vid olika skogsskötselåtgärder, t ex förnygringsavverkning och gallring. Enligt Gustafsson m fl (2010) har naturhänsyn vid slutavverkning tre huvudfunktioner:

- Att hjälpa arter att klara generationsövergången från ett bestånd över hyggesfasen till nästa generation.
- Att öka den strukturella skillnaden i det nya beståndet.
- Att minska storleken på öppna ytor.

Alla skogsbolag och andra aktörer inom skogsbruket har olika sätt att tillämpa naturhänsyn, men i stora drag följer de samma grundprinciper. För att ge en tydligare förståelse för vad och hur naturhänsyn kan se ut hänvisas till bilaga 1, som på ett bra och enkelt sätt illustrerar hur Sveaskog ser på naturhänsyn. Sveaskog delar in sina hänsynsområden i följande fyra grupper; hänsynskrävande biotop, impediment, kantzon och skogsgrupper.

1.3 Visualisering

Studier har visat att de intryck vi får från omgivningen utgörs ca 80 % av synen (Bruce m fl. 1996). Visualisering ger oss en möjlighet att se, uppleva och förstå förändringar innan de inträffar. Att använda visualiseringar kan därför hjälpa oss att fatta beslut inför framtiden.

Att visuellt kunna visa hur en förändring av landskapet kommer att se ut eller att modifiera verkligheten är något som idag används av främst landskapsplanerare och arkitekter för att presentera en slutprodukt (Bishop & Lange, 2005). Visualiseringar kan även göras bakåt i tiden för att illustrera hur någonting kan ha sett ut. Ett exempel där visualisering användes som verktyg var för att illustrera hur landskapet i Schwarzwald i Tyskland förändrades när glaciärerna drog sig tillbaka (Zeh, 2001).

Visualisering inom skogsbruket är dock inte alldeles nytt. Redan på 1970-talet gjordes en av de första datorvisualiseringarna av skog där de visuella konsekvenserna av traditionell slutavverkning kunde studeras (Myklestad & Wagar 1977). Syftet med visualisering är idag detsamma som på 1970-talet, men däremot har möjligheterna att skapa realistiska visualiseringar förändrats till det bättre. En visualisering som idag skulle anses vara väldigt enkel kunde ta upp emot en dag att skapa, se bild 1 och 2. Idag är det möjligt att skapa mer realistiska visualiseringar på några sekunder.

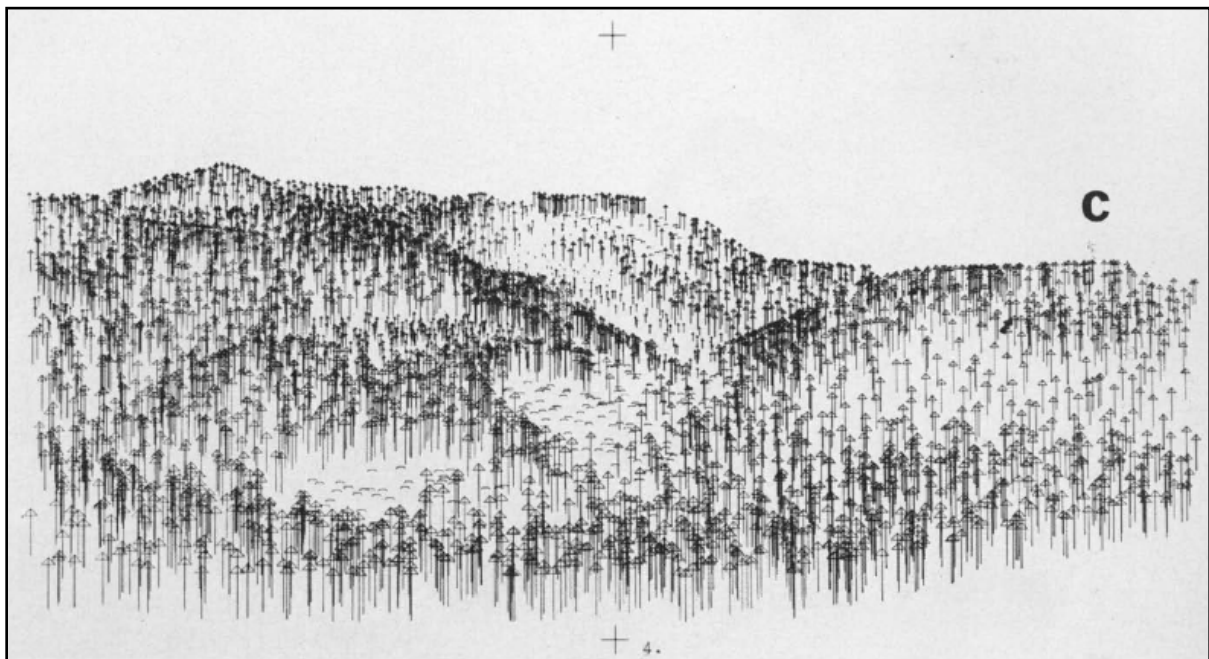


Bild 1. En tidig datorvisualisering av skog (Myklestad & Wagar 1977).

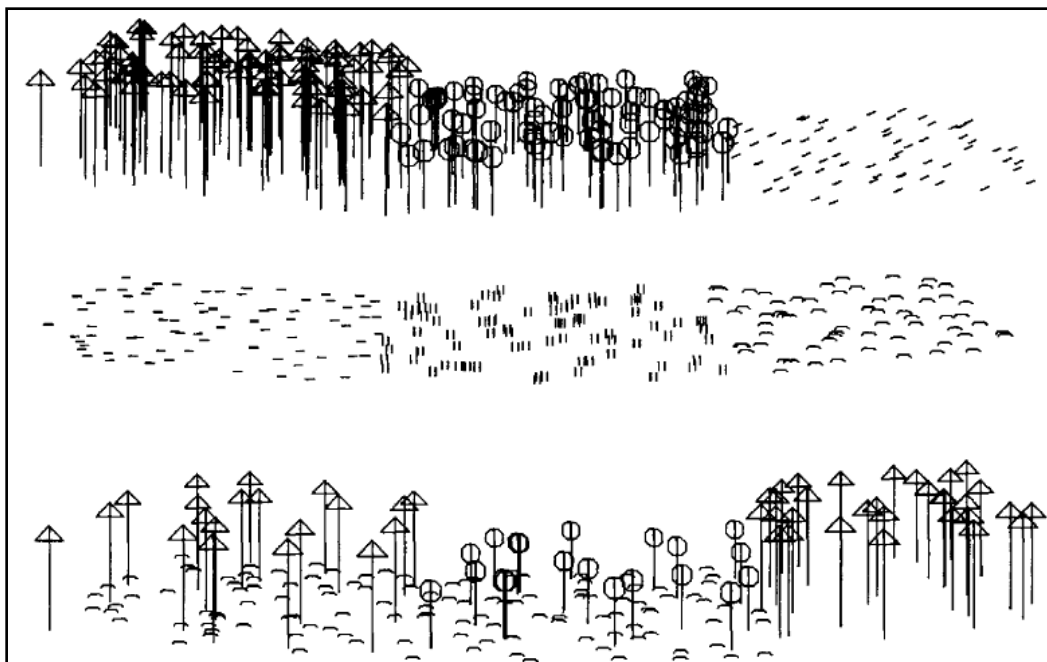


Bild 2. Visualiserad närbild som visar hur olika terrängtyper, stenar och trädslag kunde se ut (Myklestad & Wagar 1977).

Idag visas planerade skötselåtgärder inom skogsbruket med hjälp av GIS, d v s endast sett ur en två- dimensionell synvinkel. Att kunna tolka och förstå en sådan karta med tillhörande symboler och sedan mentalt visualisera sig detta landskap är för det flesta väldigt svårt. En visualisering i form av bilder fungerar därför bättre som underlag för att öka förståelsen (Lewis m fl, 2004).

1.3.1 Olika visualiseringsformer

Visualisering av skog brukar delas upp i två olika sätt, visuell realism och informationsbaserad realism. Vid visuell realism görs manipulering av foton i bildredigeringsprogram som t ex Adobe Photoshop. Bilderna modifieras för att uppnå önskade resultat. För visualisering i skogsbruket kan det exempelvis vara att lägga till eller flytta bestånd som visas på bild 3. Fördelen med denna visualiseringsmetod är att det går relativt snabbt att göra visualiseringar och det går att uppnå en högre realism. Nackdelen med denna typ av visualisering är att den inte är baserad på verkligt data, som t ex stamantal och trädslagsfördelning (Uusitalo & Orland, 2001).



Bild 3. Illustrerar två olika skogstillstånd som modifierats i ett bildredigeringsprogram (Karjalainen & Komulainen, 1998).

Den andra metoden är att med hjälp av verkligt data bygga upp en virtuell miljö med 3D-modeller. Fördelen med att virtuellt bygga upp en modell är att det finns möjligheter att se skogen utifrån olika perspektiv. Ett exempel på när det kan vara av stort intresse att se från olika perspektiv kan t ex vara vid planerat av vindkraftsparker i närheten av bebyggelse. En annan fördel är att 3D-modellen är kopplad till en databas som representerar verkligheten (Karjalainen & Tyrväinen, 2001).

Finns en virtuell modell tillgänglig går det också att göra animationer, d v s att låta betraktaren röra sig genom skogslandskapet i en s k "fly-through". Detta kan vara ett sätt att ytterligare stärka känslan av verklighet samt att skapa en bättre förståelse av landskapet.

Ett annat användningsområde för en 3D-modell är att implementera den i en VR-miljö (virtual reality). Spelindustrin ligger givetvis i framkant i denna genre där utvecklingen idag har kommit väldigt långt vad gäller realism. Detta är ett bevis på att tekniken finns tillgänglig, men för att det ska bli användbart för landskapsvisualisering av skog krävs att det går att integrera med data från GIS.

1.3.2 Kriterier för en bra visualisering

Visualisering kan av förståeliga skäl ibland upplevas som abstrakt, bland annat eftersom det inte utgör en exakt kopia av verkligheten. Men när det används på rätt sätt kan det dock vara ett kraftfullt verktyg vid beslutsfattande.

För att lyckas med visualisering är det viktigt att målet är tydligt. Legitimitet, precision och verklighetanknytning är ledord som måste vara uppfyllda för att visualiseringar ska uppfattas trovärdiga (Wang m fl, 2006). En legitim visualisering är uppbyggd på verkligt data. Med precision menas att positionering och rumsliga aspekter är det rätta, t ex höjdmodellen är av godtagbar upplösning och att beståndsgränser stämmer med verkligheten. Den sista aspekten är kanske den viktigaste, att betraktaren finner en verklighetsanknytning till visualiseringen, t ex genom att kunna urskilja olika trädslag och se variationer i landskapet som knyter an till verkligheten (Wang m fl 2006).

Hur själva presentationen av visualiseringen sker är kanske det viktigaste av allt. Det har visat sig att visualisering i form av bilder från olika vyer, tillsammans med beskrivande data är det bästa sättet att presentera sina visualiseringar (Appleton & Lovett, 2005).

1.3.3 Visualisering i dagens skogsbruk

Trots att Myklestad och Wagar redan på 1970- talet utförde de första skogliga visualiseringarna har visualisering inte riktigt slagit igenom i skogliga sammanhang. Det har främst använts vid forskningsprojekt och fallstudier. Svårigheten att implementera visualisering som verktyg ute i näringen har legat i att det har varit både svårt och tidskrävande att kombinera olika källor och filformat (Uusitalo & Orland, 2001). Ett integrerat system där planering och skötsel av skogar är sammankopplade för att enkelt kunna visualiseras skulle troligtvis vara det bästa. I dagsläget sker planering och visualisering på två olika håll, vilket kan göra att data går förlorat.

Av de nordiska länderna har Finland varit ett av de mest drivande vad gäller visualisering för skogsbruket. De har utvecklats tre olika 3D-simulatorer för skog, MONSU, FORSI och SmartForest (Bishop & Lange, 2008). En studie gjordes också i Finland där det studerades om visualisering kunde fungera som ett verktyg för virkesköpare. En studie genomfördes där ett 40-tal virkesköpare fick studera ett antal visualiseringar skapade i 3D-simulatorerna MONSU och SmartForest. Bilderna valdes för att visa olika typer av avverkningssätt och skogstillstånd. För att bilda sig en uppfattning om visualisering kunde vara ett verktyg för

virkesköparna utfördes intervjuer. Resultatet från dessa intervjuer visade att den stora majoriteten av dessa virkesköpare ansåg att visualisering kunde vara ett ganska användbart verktyg och en tredjedel av köparna tryckte på att det skulle innebära ytterligare en kvalitetsfaktor vid förhandlingar av virkesköp. Ungefär 8 % ansåg att visualisering absolut inte innebar någon nytta i deras arbete. I studien gick det också att se ett samband mellan datorvana och inställningen till visualisering (Palander m fl, 2003).

I Kanada finns också exempel på visualiseringar för skogsbruket, t ex en studie som utfördes i nordöstra British Columbia där man med hjälp av visualisering presenterar hur olika typer av avverkning och naturhänsyn kan se ut (Meitner m fl, 2006).

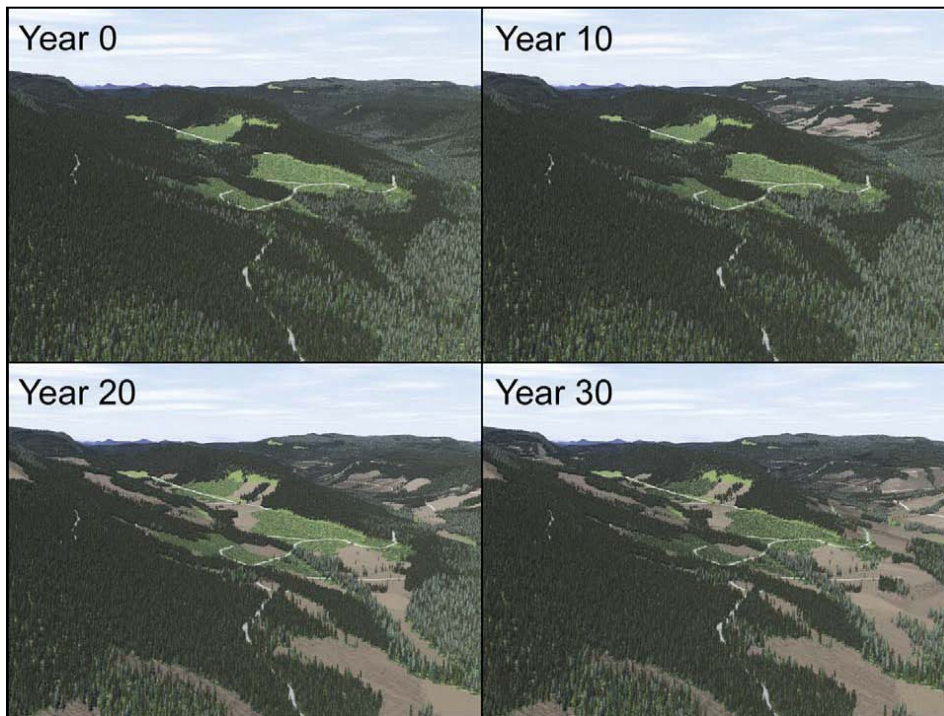


Bild 5. Översiktsbilder för studien som visar skogens utvecklingen över 30 år (Meitner m fl, 2006).

Skottland är ett annat land där visualisering används i skogsbruket. Tidigare var Skottland mer inriktat mot produktion, men de senaste åren har de estetiska och miljömässiga värdena blivit viktigare. För att lättare förstå hur landskapsbilden förändras över tiden använder de olika former av visualisering. Det används bl a för att visa allmänheten och andra intressenter hur olika scenarion påverkar landskapsbilden (Pedroli m fl, 2007).

2. Syfte

Det huvudsakliga syftet med detta examensarbete är att visualisera hur olika scenarier av naturhänsyn som tas vid slutavverkning i boreal skog i ett försöksområde i norra Sverige kommer att utvecklas långsiktigt, under två omloppstider.

De scenarier som kommer att framskrivas och visualiseras är:

- Dagens form av skogsskötsel och naturhänsyn.
- Dagens form av skogsskötsel med dubblerad naturhänsyn. Ett sätt att visa dubblerad naturhänsyn är att en dubblera antalet trädgrupper. En alternativ utformning av naturhänsynen visas även i detta scenario.
- Intensivskötsel och plantering med *Pinus Contorta*, samt gödsling av gran och med dagens naturhänsyn.

Det tre scenarierna kallas i de följande för Dagens skogsbruk, Dubblerad naturhänsyn och Intensivskötsel.

För varje scenario visas ett antal visualiserade bilder med tillhörande information om skogligt data som kan vara av intresse. Min förhoppning är också att lyfta fram visualisering som ett värdefullt verktyg vid beslutsfattning för skogsbruket. Potentiell användning av visualisering har också diskuterats med forskare vid institutionen för skoglig resurshushållning.

3. Material och metod

3.1 Bakgrund

För att kunna skapa visuella bilder av hur ett specifikt skogstillstånd förändras över tiden är det viktigt med bra ingångsdata som underlag. Tillförlitlighet och kvalitet av visualiseringar är väldigt viktigt för skogs- och markägare (Daniel & Meitner, 2001).

Detta arbete delades in i tre olika faser. Bearbetning av insamlat data, framskrivningar av skogstillstånd och visualisering.

Bearbetningen av insamlat data gjordes i Microsoft Excel. Prognostisering av skogstillståndet gjordes i planeringssystemet Heureka som utarbetats på Sveriges Lantbruksuniversitet. För vidare visualisering användes Visual Nature Studio 3.05 från 3D-Nature som är ett program som används vid landskapsvisualisering. Båda dessa programvaror är relativt komplexa att använda, därför är beskrivningen av tillvägagångssätten i dessa program förhållandevis översiktliga.

3.2 Studieområde

Det utvalda området för detta arbete är Strömsjölidens kronopark. Sveaskog äger fastigheten och den är en av deras tillväxtparker där avsikten är att bedriva intensiv skogsskötsel. Strömsjölidens är ca 2900 ha och är belägen i Västerbottens län ca 3 mil norr om Bjurholm, se figur 1. Sveaskogs avsikt är att öka volymproduktionen med 50 procent med hjälp av bl a gödsling, nya trädslag och förbättrat plantmaterial, ett arbete som drivs i samarbete med forskningsprogrammet Future Forest.

3.3 Avgränsningar

För examensarbetet valdes den nordvästra delen av Strömsjölidens, se figur 2. Detta dels för att begränsa mängden data att bearbeta, men också för att det ligger lämpligt till för visualisering. Totalt ingår 15 bestånd och 46 naturhänsynsytor, samt del av Stor Sandsjön, se fig 2.

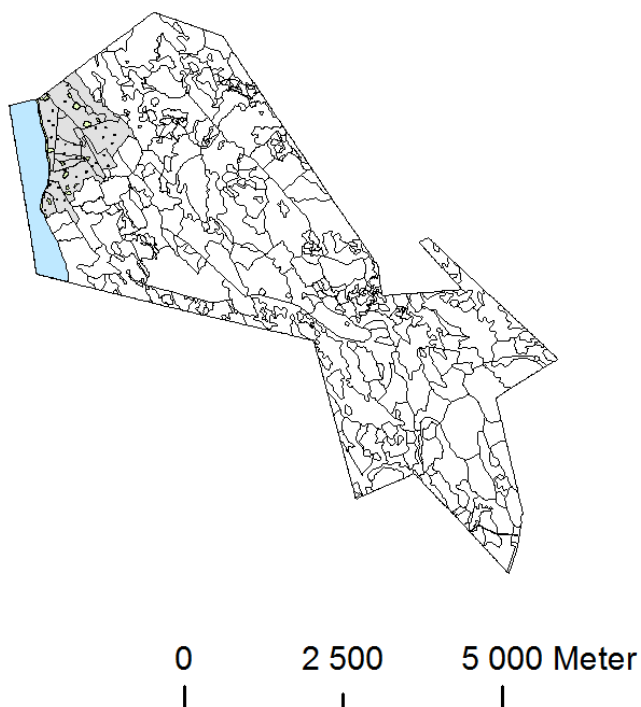
Visualiseringar skapades för tre olika tidpunkter. För att se under vilka tidpunkter de olika scenarierna visualiserades, se tabell 1.

En annan avgränsning av arbetet var att enbart illustrera resultatet av visualiseringen med översiktsvyer. Befintliga skogsbilvägar inom området inkluderades inte. Mer om detta i diskussionen.

Tabell 1. Scenarion och tidpunkter som visualiserades för studieområdet

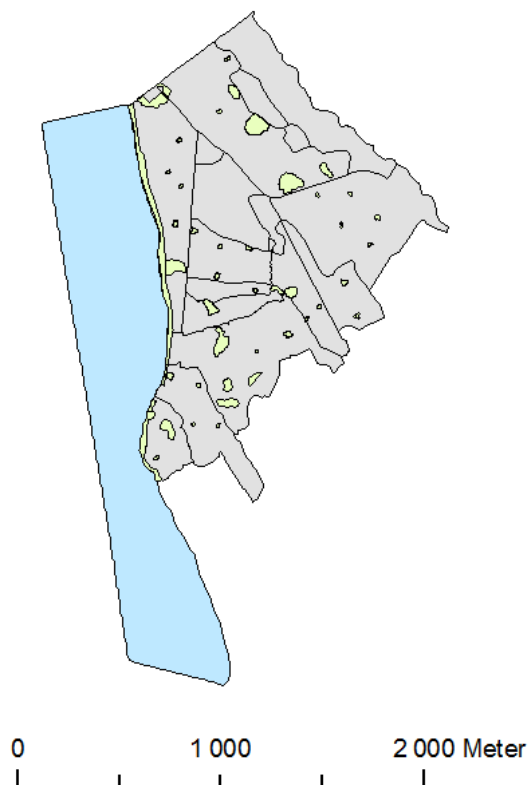
Table 1. Scenarios and times that were visualized over the studyarea

Scenario	År 0	År 100	År 200
Dagens form av skogsskötsel	X	X	X
Utökad naturhänsyn, två typer av utökad naturhänsyn	-	X	-
Intensiv skötsel	-	X	X



Figur 1. Översiktskarta över tillväxtparken Strömsjöleden.

Figure 1. General map over the growthpark Strömsjöleden.



Figur 2. Översiktskarta över studieområdet. De ljusgröna fläckarna representerar områden för naturhänsyn enligt Sveaskog.

Figure 2. General map over the study area. The lightgreen dots represents retention patches according to Sveaskog.

3.4 Datainsamling

Det skogliga datat för examensarbetet samlades in under hösten 2010. Innan slutavverkning eller gallring sker planerar markägare – i det här fallet Sveaskog - vilken naturhänsyn som skall lämnas inför framtiden. Beroende på beståndets olika värden görs avvägningar om vad som är lämpligt att spara. För detta arbete samlades data in från hänsynsytor i tre olika utvecklingsfaser:

- I redan avverkade bestånd, d v s hänsynsytor på befintliga hyggen.
- I av Sveaskog avverkningsplanerade bestånd
- I ännu ej avverkningsplanerade bestånd

De två förstnämnda hänsynsmiljöerna inventerades ute i fält, men för att långsiktigt kunna framskriva beståndens utveckling krävdes också information om framtida hänsynsytor. Hänsynsytor i ännu ej avverkningsplanerade bestånd blev därför utmarkerade av bildtolkare med hjälp av infraröda flygbilder och låghöjdsbilder från förarlöst plan. Sveaskogs handbok för återväxtplantering med gällande restriktioner låg som grund för bildtolkningen där träd med stor krontäckning och lövinslag prioriterades i första hand. Parametrar som bedömdes var höjd, trädslagsfördelning och slutenhet.

För inventeringen i fält lokaliserades först de olika hänsynsytorerna i terrängen. Sveaskog markerar hänsynsytor i sina digitala kartor, vilket gör det lättare att hitta med hjälp av GPS.

I hänsynsområden som inte var för stora och innehöll för många träd klavades samtliga träd inom ytan. I ytor som bedömdes ha väldigt många träd, mer än 40 st, lades 3-9 st provytor ut subjektivt. En subjektiv medelhöjd togs också för varje trädslag med hjälp av en laserhöjdmätare. En blankett med uppgifter om varje hänsynsyta fylldes också i, se tabell 2. Dessa variabler utgjorde grunden för all prognostisering i Heureka.

Tabell 2. Lista över ingångsvariabler för bestånd i Heureka (PlanWise)

Table 2. List with start values for stands in Heureka (PlanWise)

Bestånds ID	Produktiv area
Kommun kod	Impediment area
Altitud	Naturhänsyns area
Latitud	Grundtevägd diameter
Avstånd till kust	Höjd
Markfuktighet	Medelålder
Vegetationstyp	Antal stammar/ha
Åldersklass	Grundyta
Likåldrighet	Andel av olika trädslag
Inventeringsår	Diameter för varje trädslag
Ståndortsindex	Höjd för varje trädslag
Dominerande trädslag	Föryngringsmetod
Total area	Trädslag för återplantering

Slutligen registrerades varje hänsynsyta yttre gränser med en Garmin GPS för att få ytans form, storlek och position i terrängen. Detta var nödvändigt för att det i ett senare skede skulle användas i visualiseringsarbetet och ge en rättvis bild av verkligheten.

3.5 Bearbetning av data

För att kunna föra in insamlat data i Heureka-systemet krävdes viss bearbetning av data. Ytterligare ingångsvariabler som behövdes tas fram var trädslagsfördelning, stammar per hektar, grundyta och virkesförråd. Eftersom information över klavade träd fanns insamlad per hänsynsyta gick det enkelt att räkna fram samtliga variabler förutom virkesförrådet i ett excel ark. För att beräkna virkesförrådet användes en applikation i Skogforsks Kunskap Direkt.

Heureka är ett analys- och planeringssystem utvecklat vid SLU för mångbruk av skog. Det består av ett antal programvaror avsedda för olika användningsområden. Systemet kan räkna på ett flertal av skogens värden, såsom virkesproduktion, biobränsleuttag, biodiversitet, rekreation och lagring av kol. I detta arbete användes applikationerna Planstart och PlanWise, där Planstart användes för inläsning av data och PlanWise för framskrivning av bestånd.

I PlanWise är det möjligt att simulera hur ett skogsinnehav växer och utvecklas beroende på vilka skötselmetoder som används. För att beräkna tillväxten har programmet tillväxtmodeller för såväl beståndsnivå som enskilda träd, vilka tillsammans utgör grunden för all simulering. Utifrån givna skötselinställningar genereras en mängd olika skötselkombinationer för varje bestånd och med hjälp av linjärprogrammering bestäms vilket alternativ som är mest lönsamt.

I examensarbetet har varje hänsynsyta bearbetats som ett enskilt bestånd för att kunna göra framskrivningarna i PlanWise. Datainsamlingen från fält utgjorde hänsynsyternas utgångsläge. Avdelningarna som hänsynsyterna låg i, samt omkringliggande avdelningar som ingick i visualiseringen framskrevs också i PlanWise. Data för dessa avdelningar fanns redan tillgängliga då de inventerades år 2009 i samarbete mellan Sveaskog och SLU.

3.5.1 Skapa databas

Innan arbetet i PlanWise påbörjades sammanfördes all data om skogstillståndets utgångsläge i en fil av formatet csv, en filtyp som är vanlig vid hantering av stora databaser. Filen lästes in i PlanStart där trädlistor simulerades med en viss storleksfördelning för träden. Träd- och beståndsvis information lagrades i en databas som sedan utgjorde indata för PlanWise. Därefter skapades en projektfil för Strömsjöleden i PlanWise.

3.5.2 Domäner och kontrollkategorier

I PlanWise är det möjligt att dela upp skogsinnehavet i olika kategorier, så kallade domäner. Dessa domäner kan ses som olika typer av skogar som ska uppfylla vissa givna villkor som definieras. För varje skogsdomän är det möjligt att koppla specifika skötselinställningar. Dessa inställningar kallas för kontrollkategorier. Här är det möjligt att specificera skötseln i form av avverkningstidpunkt, tidpunkt för plantering och gallring, gödslingsprogram m m. Med hjälp av domäner och kontrollkategorier skapades underlag för två olika typer av scenarier i PlanWise, ett för intensiv skogsbruk och ett gemensamt för Nuvarande skogsbruk och dubblerad naturhänsyn. De två senare bygger på samma förutsättningar förutom arealen naturhänsyn.

3.5.3 Inställningar för scenariorna - Dagens skogsbruk och Dubblerad naturhänsyn

För dessa fall skapades två domäner – Hänsynsbestånd och Övriga bestånd. Samtliga ytor med naturhänsyn styrdes till domänen Hänsynsbestånd. I denna domän skapades en kontrollkategori där inställningen var fri utveckling, d v s skogen tilläts växa fritt utan några som helst skötselinsatser.

Den andra domänen innefattade alla övriga bestånd och dessa kopplades till en kontrollkategori där förinställd skötsel gällde, d v s efter grundinställningarna i PlanWise.

3.5.4 Inställningar för scenariot - Intensivskötsel

För att efterlikna ett intensivare skogsbruk gjordes vissa modifieringar av de förvalda skötselinställningarna. Inställningar som ändrades för det intensiva scenariot var följande:

- På samtliga tallmarker planterades *Pinus contorta* i nästa generation
- På granmarker med SI < 20 planterades *Pinus contorta* i nästa generation
- Lägsta slutavverkningsålder sänktes med två femårsperioder, d v s 10 år
- Granmarker gödslades innan slutavverkning
- Granmarker gallrades max en gång i andra generation

3.5.5 Generering och val av skötselprogram

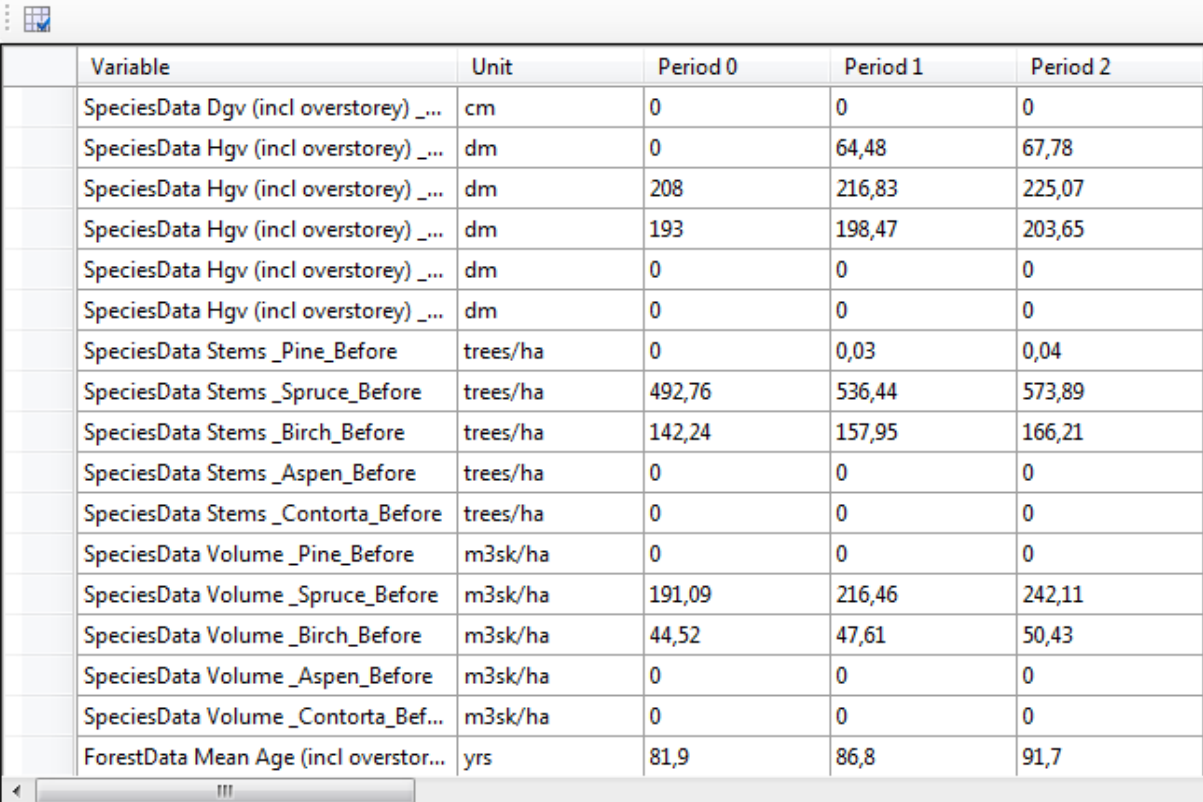
När alla inställningar är utförda är det möjligt att generera skötselprogram. För att framskriva utvecklingen under ett långt perspektiv genererades en mängd alternativa skötselprogram för 40 femårsperioder, d v s 200 år. Genom en enkel knapptryckning genererar PlanWise skötselprogram utifrån de specificerade inställningar som gjorts. För alla bestånd i detta arbete valdes det skötselalternativ som gav det högsta nuvärdet.

3.5.6 Resultat från PlanWise

PlanWise beräknar beståndens utveckling och för det fortsatta arbetet med själva visualiseringen behövdes denna information. En fördel med PlanWise är att det är möjligt att själv specificera vilka resultat som är av intresse. De resultat som var intressanta i det här arbetet var följande:

- Höjd per trädslag
- Totalt stamantal
- Ålder
- Volymfördelning per trädslag

Dessa parametrar är viktiga då de går att kontrollera i visualiseringen.



Variable	Unit	Period 0	Period 1	Period 2
SpeciesData Dgv (incl overstorey) _...	cm	0	0	0
SpeciesData Hgv (incl overstorey) _...	dm	0	64,48	67,78
SpeciesData Hgv (incl overstorey) _...	dm	208	216,83	225,07
SpeciesData Hgv (incl overstorey) _...	dm	193	198,47	203,65
SpeciesData Hgv (incl overstorey) _...	dm	0	0	0
SpeciesData Hgv (incl overstorey) _...	dm	0	0	0
SpeciesData Stems _Pine_Before	trees/ha	0	0,03	0,04
SpeciesData Stems _Spruce_Before	trees/ha	492,76	536,44	573,89
SpeciesData Stems _Birch_Before	trees/ha	142,24	157,95	166,21
SpeciesData Stems _Aspen_Before	trees/ha	0	0	0
SpeciesData Stems _Contorta_Before	trees/ha	0	0	0
SpeciesData Volume _Pine_Before	m3sk/ha	0	0	0
SpeciesData Volume _Spruce_Before	m3sk/ha	191,09	216,46	242,11
SpeciesData Volume _Birch_Before	m3sk/ha	44,52	47,61	50,43
SpeciesData Volume _Aspen_Before	m3sk/ha	0	0	0
SpeciesData Volume _Contorta_Bef...	m3sk/ha	0	0	0
ForestData Mean Age (incl overstor...	yrs	81,9	86,8	91,7

Figur 3. Visar resultat för ett enskilt bestånd sett över 3 perioder.

Figure 3. Shows the results for one stand in three time periods.

3.5.7 Från Heureka till Visual Nature Studio

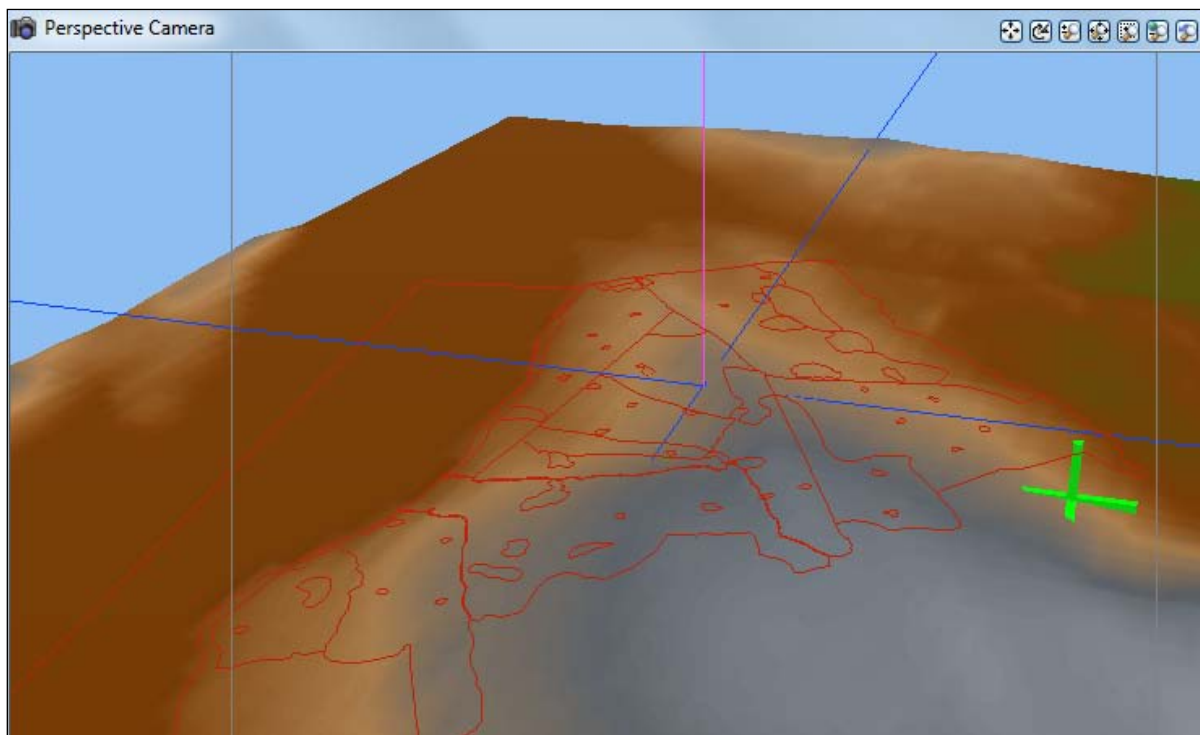
Att generera skötselprogram och simulera trädens tillväxt över 200 år ger en väldigt stor mängd data att hantera. För att underlätta hanteringen av data valdes tre perioder ut, år 0, 100 och 200. Vissa parametrar såsom trädslagsfördelning och medelhöjd räknades fram manuellt. Trädslagsfördelningen räknades fram utifrån volym per trädslag och för medelhöjden gjordes en viktning efter andelen volym per trädslag för att skapa en så rättvis bild som möjligt av bestånden.

3.6 Visualisering i Visual Nature Studio 3.05

När all nödvändig data från PlanWise beräknats påbörjades visualiseringen. Visualiseringsprogrammet som användes för detta examensarbete var Visual Nature Studio (VNS) 3.05, utvecklat av 3D Nature. Programvaran klarar av att skapa realistiska 3D-miljöer utifrån GIS-data med möjlighet att kontrollera variabler såsom trädslagsfördelning, trädhöjder och stamantal över större arealer.

3.6.1 Inmatning av data

Det första som gjordes i VNS var att skapa projektfiler för varje scenario. Nästa steg var att importera en digital höjdm modell och vektordata för bl a bestånd och hänsynsytor, se figur 4. Terrängmodellen som användes var Lantmäteriets rasterade GSD-höjddata med 50m upplösning. Vektordatat innehåller en attributtabel med tillhörande data med information om; trädslagsfördelning, medelhöjd, stammar per hektar och beståndsålder. När VNS i ett senare skede bygger upp 3D - modellen hämtas data från attributtabeln. För scenariot Dubbel naturhänsyn gjordes modifieringar av vektordata i ArcGis och lades därefter in i VNS. För detta scenario skapades två olika former för dubbel naturhänsyn för att illustrera hur naturhänsynen skulle kunna se ut.



Figur 4. Här illustreras den rödmarkerade shape-filen med beståndsdata och hänsynsytor draperade över höjdmodellen.

Figure 4. The red-marked shape-file including stand data and tree retention patches is here draped over the height model.

3.6.2 Koppla attributdata till modeller

Själva grunden för all visualisering ligger i trädmodellerna som bygger upp landskapet. I detta examensarbete användes en trädatabas som är skapad av Jonas Bohlin och Emma Sandström på SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning. Trädmodeller fanns att tillgå i tre olika storlekar per trädslag med avseende på höjd och för varje höjdklass fanns också olika

varianter, med olika färgsättning och grenstruktur. Anledningen till att använda flera olika modeller är att skapa diversitet, som i sin tur ger en mer realistisk visualisering.

För att koppla samman attributdata med trädmodellerna användes Forestry Wizard, en plug-in till VNS. Med hjälp av denna gjordes inställningar för att koppla rätt trädmodeller, höjd, trädslagsfördelning och stamantal till varje bestånd. Detta underlättade uppbyggandet av 3D-modellen för de olika scenarierna.

3.6.3 Uppbyggnad av vegetation och marktextur

När trädmodellerna var kopplade till de rätta bestånden återstod att skapa en verklighetstrogen marktextur. I Visual Nature Studio byggs landskapet upp med hjälp av olika ekosystem och för varje ekosystem går det att styra över ett flertal olika parametrar.

I detta arbete skapades olika marktexturer beroende på beståndens medelhöjd. I verkligheten är ekosystem väldigt dynamiska, men för att underlätta detta valdes tre olika typer ut; kalhygge, ungskog och äldre skog.

För att bygga upp marktextur användes 2D modeller, sk billboards. Komponenterna i marktextur utgjordes bl a av blåbärsris, stenar, stubbar, döda träd, kruståtel och mjölkört. Var och en av dessa modeller är möjlig att kontrollera, t ex antalet stenar och döda träd per hektar. Det tar tid att bygga upp varje ekosystem, men fördelen är att de går att spara, så därför kan samma ekosystem användas i andra projekt i framtiden.

3.6.4 Sjö och övrigt

I denna studie ingick även östra delen av sjön Stor-Sandsjön. Vattenytans höjd för sjön sattes till 251 m, eftersom detta var höjden som uppmättes utifrån den digitala höjdmodellen. Genom området går även skogsbilvägar, men dessa utelämnades p g a tidsskäl då dessa inte ansågs vara centrala för arbetet.

3.6.5 Val av vy och rendering

När uppbyggnaden av landskapet var färdigt återstod att välja en lämplig vy för att presentera resultatet. Det var svårt och tidskrävande att skapa extremt realistiska närbilder av enskilda träd och undervegetation, så därför lades fokus på översiktsbilder. Orealistiska visualiseringar brukar oftast leda till att betraktaren hellre jämför bilden med verkligheten i stället för att fundera på vad bilden faktiskt förmedlar (Appleton, 2005). Det väsentligaste att visa upp var hur landskapsbilden förändrades över tiden. En översiktsvy som visade samtliga bestånd och hänsynsytor valdes därför ut, se tabell 3. Rendering över den valda vyn gjordes sedan med samtliga scenarier. Rendering är processen som sker då en bild genereras i datorn utifrån en datorstödd modell. Tiden det tar att rendera är beroende på upplösning och antalet polygoner i modellen, samt datorns prestanda.

Tabell 3. Position och orientering för översiktsvyn.

Table 3. *Position and orientation for the general map.*

Latitud	64.1°
Longitud	-19.1°
Höjd	1600m
Kamerans lutning	-22.5°
Kamerans sidolutning	-2.8°

4. Resultat

Här visas resultatet av visualiseringarna gjorda i VNS. Bilderna är ordnade i tidsmässigt och scenariorna är ställda bredvid varandra för att lättare kunna göra jämförelser. Först visas utgångsläget på Strömsjöleden, sedan visas bilder för 100 och 200 år.

År 0 - Nuvarande skötselprogram och naturhänsyn

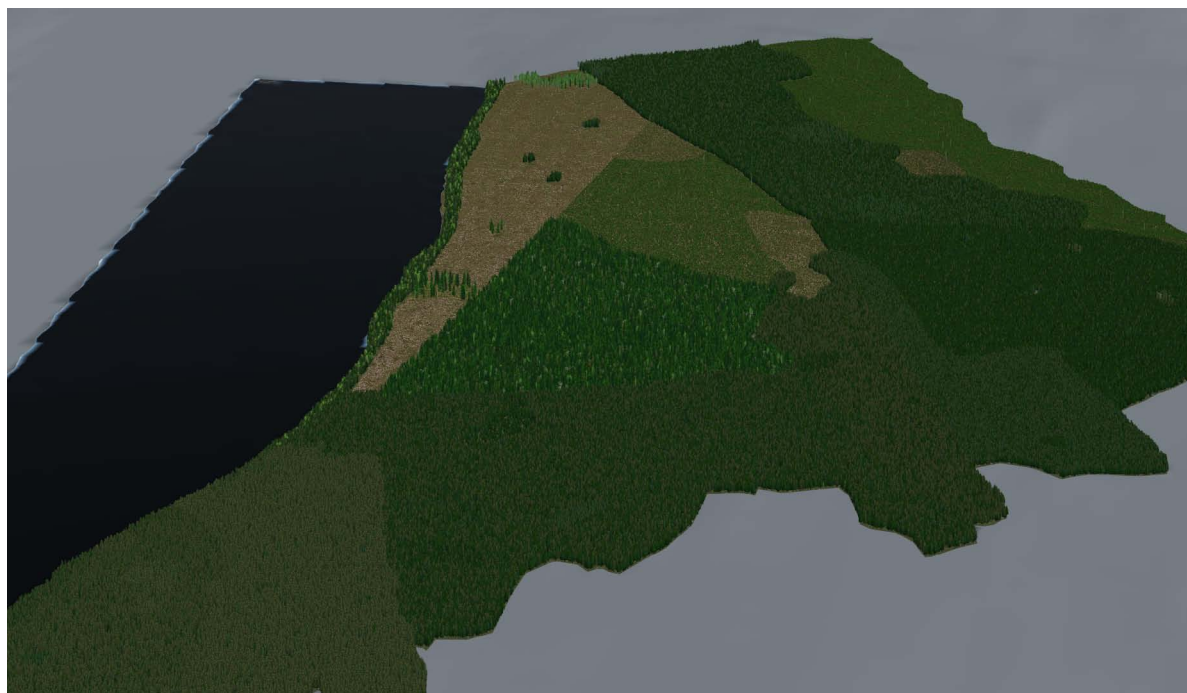
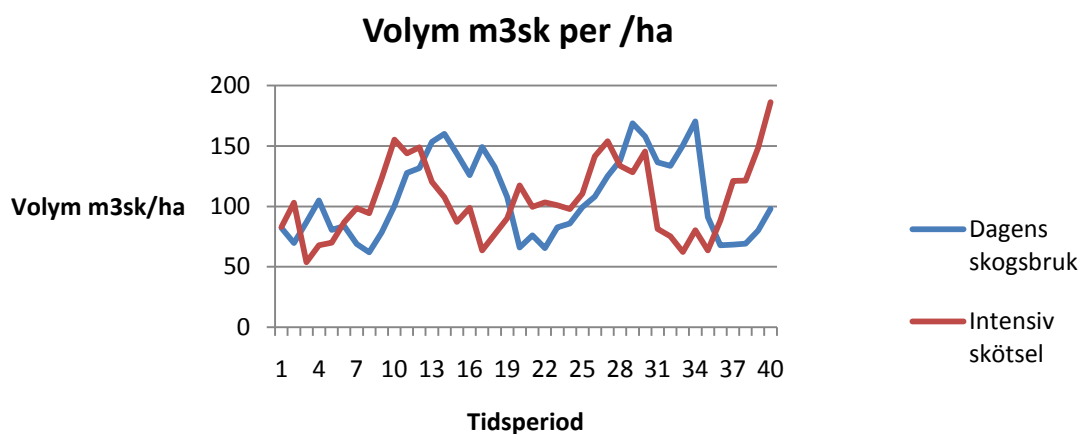


Bild 1. Utgångsläget, d v s en bild som visar hur studieområdet ser ut idag.



Figur 5. Figuren beskriver variationen i virkesvolym sett över 200 år, indelat i 40 femårsperioder. Intensivskötsel har högre virkesvolym än Dagens skogsbruk både vid 100 och 200 år.

Figure 5. The figure describes the variation in timber volume seen over 200 years, divided in 40 periods of five years. The intensive scenario (red) has higher volume than the current scenario (blue), both at 100 and 200 years.

År 100 - Nuvarande skötselprogram och naturhänsyn



Bild 2. Bilden visar hur landskapet förändras efter 100 år med nuvarande skötselprogram och naturhänsyn. Värt att notera här är att träden i naturhänsynsområdena är markant högre än träden i omkringliggande bestånd.

År 100 - Intensivskötsel



Bild 3. Den här bilden visar hur en intensivare skötsel påverkar landskapsbilden. Jämfört med bilden ovan illustrerar denna bild ett mer fragmenterat landskap. Andelen ungskog är också högre, vilket stämmer överens med intensiv skogsbrukets kortare omloppstider. Contortan har börjat växa in över studieområdet och syns tydligast i nordöstra hörnet.

År 200 - Nuvarande skötselprogram och naturhänsyn



Bild 4. Här visas studieområdets utseende efter 200 år. Jämförs bilden med bild 2, så är skillnaden inte särskilt stor. Tillväxten av träden som lämnats i naturhänsynen har avtagit sedan länge.

År 200 - Intensivskötsel

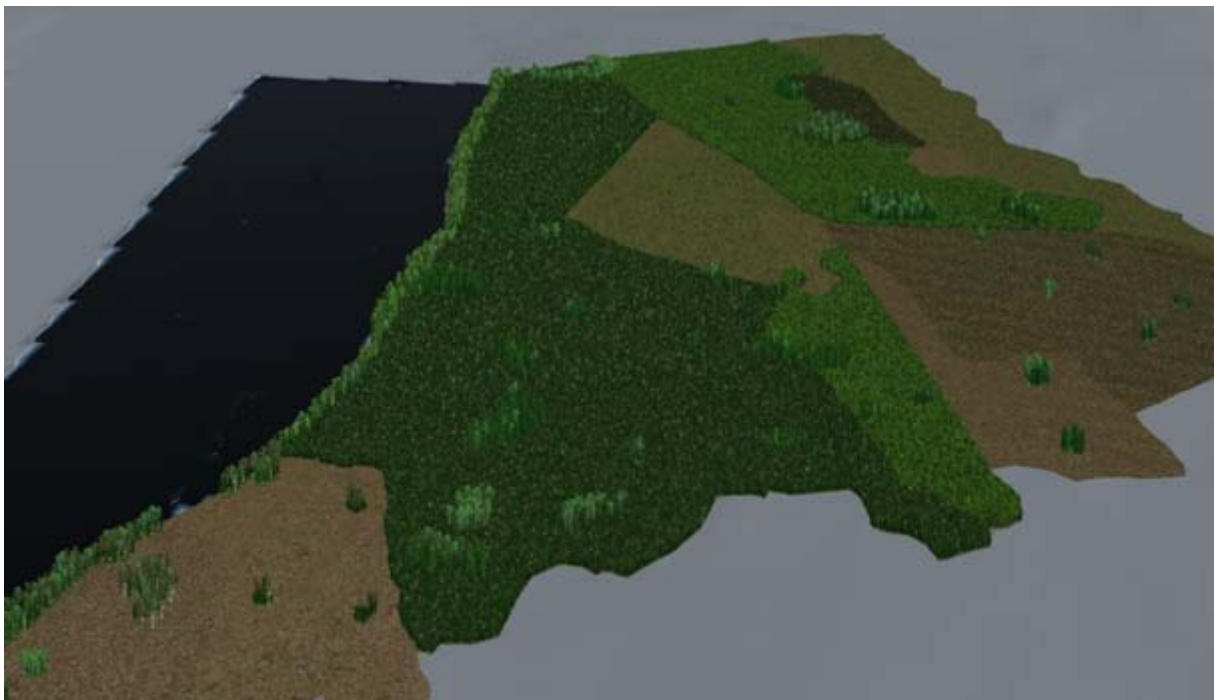


Bild 5. Skillnaden mellan den här bilden och bild 4, är att fler bestånd av Contorta planterats och växt till sig.

År 100 – Dubblerad naturhänsyn med dubblerat antal trädgrupper



Bild 6. Bilden visar hur ett scenario för utökad hänsyn skulle kunna se ut. Här har arean naturhänsyn och antalet trädgrupper dubblerats jämfört med dagens och nuvarande skötselprogram.

År 100 – modifierad Dubblerad naturhänsyn i storlek och utformning



Bild 7. Denna bild skiljer sig från bild 6 även fast det är samma area naturhänsyn. I stället för flera små trädgrupper på det stora hygget i nordöst har det här gjorts en "passage" emellan.

5. Diskussion

5.1 Reflektioner över resultatet

Då visualiseringar görs på så lång sikt som i detta arbete är det svårt att sätta sig in i innebörden av resultaten. Är det verkligen så här det kommer att se ut i framtiden? En visualisering ska inte ses som en verklighet, då den är uppbyggd av insamlad data, framskrivningar baserat på modeller för trädens utveckling och bildligt beskrivet med modeller av träd. Den bör i stället ses som en simulering under givna förutsättningar till den verkliga världen (Orland & Ursavas, 2006). Det är också viktigt att beakta att osäkerheten ökar med tiden och framförallt är det osäkerheten i framskrivningarna som får anses vara störst.

Heureka med tillhörande applikationer är under ständig utveckling och förbättring. En detalj som var svår att förutsäga när dessa framskrivningar gjordes, var risken för stormfällning i hänsynsytor. Dessa hänsynsytor beräknades i PlanWise som vanliga bestånd, vilket inte är riktigt realistiskt. Studier har visat att 50 % av granarna, 20 % av lövträden och 10 % av tallarna blåser ner de närmaste åren efter slutavverkning (Jonsson & Ranius 2010). För att ändå försöka efterlikna verkligheten men utan att skapa alltför mycket merarbete, gjordes en halvering av stamantalet i hänsynsytor i VNS för tidpunkten 100 år.

Det känns också viktigt att belysa att tidpunkten för de olika visualiseringarna är av betydelse för hur vi upplever dem. Intensiv skötselscenariot har betydligt kortare omloppstid än den nuvarande skötseln och när enbart tidpunkterna 100 och 200 år visualiserades kan det därför hända att en hel beståndsgeneration inte uppmärksammas mellan visualiseringarna. Eftersom det är tidskrävande att göra visualiseringar med jämna mellanrum var det viktigt att komplettera detta med tillhörande data. I detta fallet inkluderades data direkt taget från framskrivningarna i PlanWise. Som nämnts tidigare är det möjligt att ta fram värden på det mesta som rör skogsbruket i PlanWise, men en avgränsning var att bara ta med det som ansågs vara av intresse.

5.2 Visualisering – ett verktyg i skoglig planering?

En del av syftet med dessa visualiseringar var att se om det fanns en potentiell användning för visualisering i svenskt skogsbruk. Eva-Maria Nordström och Karin Öhman som båda arbetar med frågor som rör deltagande planering på SLU fick studera bilderna. Båda två ansåg att visualisering kan vara ett av beslutsstöden som kan användas vid kontakt med olika intressentgrupper inom skogsbruket.

Vidare nämner Eriksson m fl (2010) i en diskussion om beslutsstöd visualisering som ett användbart verktyg i deltagande planering och konflikthantering. Att kunna visa olika skötselåtgärder och kunna välja olika vyer ansågs vara en viktig del i visualiseringen.

5.3 VNS – uppbyggnad av landskap, modeller, val av vy

Styrkan i VNS är dess kompatibilitet med GIS-data och att det går att arbeta över stora arealer. Vid översiktsvyer som i detta arbete fungerar trädmodeller i 2D väldigt bra. För ännu bättre upplösning kan trädmodeller i 3D användas, men då detta kräver alltför mycket minne vid renderingarna är det inte möjligt i dagsläget.

Själva uppbyggandet av landskapet är också en konst i sig. Det är upp till den som visualiserar att hitta rätt färger för markttexturer och population av stenar, kruståtel m m då dessa bygger upp landskapet.

En sak som upptäcktes under arbetets gång var att valet av vy påverkade utseendet av renderingarna väldigt mycket. Det landskap som hade byggts upp för att se verklighetstroget ut på hög höjd, såg inte alls lika bra ut på nära håll. För varje vy kan det därför vara viktigt att finjustera olika inställningar. Om detta beror på programvaran eller modellerna är svårt att svara på, men troligtvis är det en kombination av båda. För att minska arbetets omfattning lades därför fokus på översiktsbilder.

Det hade dock varit intressant att på nära håll se förändringen av en hänsynsyta över ett längre tidsperspektiv. Men för att göra detta så bra som möjligt krävs att prognosticerade programvara räknar med att hänsynsytor är känsligare än vanliga bestånd och lättare blåser ner. Finns data tillgängligt på hur många träd som beräknas blåsa omkull skulle det också vara möjligt att mer realistiskt visa detta i en visualisering.

5.4 Visualisering och kommunikation

Det är också viktigt att understryka att visualisering idag är en form av hantverk. För även om två personer idag använder samma programvaror kommer slutresultatet av visualiseringarna alltid att se olika ut. Det finns många detaljer att kontrollera vid visualisering; molnighet, ljussättning, vyer, placering av objekt, markttextur är bara en bråkdel av alla parametrar som går att styra.

Användaren i sig kan påverka väldigt mycket men jag anser att valet av programvara är minst lika viktigt i sammanhanget. Det finns idag programvaror där det är möjligt att göra oerhört realistiska visualiseringar. Men det finns en fallgrop som bör uppmärksammas vid all visualisering. Vi människor fascinerar av det som är bildskönt och verklighetstroget och tar lätt till oss det vi ser som sanningen. Den vackraste visualiseringen behöver nödvändigtvis inte vara den bästa för att illustrera verkligheten, men det är troligtvis den bilden som betraktaren tar till sig som den sanna. Utvecklingen går hela tiden framåt och det kommer troligtvis snart att finnas program där det går att göra ytterst realistiska visualiseringar med hög förankring till verkligt data. Dessa framtida möjligheter bör redan i dag has i åtanke i utvecklingsarbetet kring visualisering.

Med tanke på att visualiseraren i sig påverkar mycket av slutproduktens utseende tror jag att det är viktigt att hitta rätt sätt för att kommunicera en visualisering. Det är lätt hänt att den som visualiserar väljer vy efter eget tycke och smak. Den som visualiserar besitter kunskapen om vad som är möjligt att visualisera utifrån givet data. Denna person bör därför i samråd med uppdragsgivaren innan visualisering specificera val av vy och gemensamt komma fram till exakt vad som bör och kan visas upp. Uppdragsgivaren vet å andra sidan vad som är det väsentligaste att kunna visa och därför tror jag att denna kommunikation är väldigt viktig. Det finns idag inget universalt visualiseringsverktyg att använda, så därför måste hela tiden visualiseringarna anpassas efter uppgiften. T ex så kanske det i vissa fall räcker med att modifiera en bild i ett bildredigeringsprogram för att uppnå de önskade resultatet.

5.5 Framtiden – ideér för att utveckla visualisering som verktyg

Trots att det finns viss kritik mot visualisering och dess användningsområden idag, så tror jag visualiseringen har en ljus framtid. För att visualisering ska bli mer aktuellt och lättillgängligt för skogsbruket har jag en del tankar kring vad som skulle kunna förbättras.

Processen att överföra data om skogstillståndet från i det här fallet, Heureka, till ett terrängmodelleringsprogram tar alltför lång tid idag och måste göras smidigare. Det bästa vore om planeringsverktyget hade en visualiseringsfunktion inbyggd och direkt kunde framskriva visualiseringar med ett enkelt knapptryck. Applikationen StandWise i Heureka klarar just detta att utifrån skogens tillväxt skapa 3D - visualiseringar. Dessa visualiseringar är dock på bestånds nivå och består enbart av träd, men tanken är väldigt bra och något som skulle kunna utvecklas vidare. Som tidigare nämndes skulle detta också ta bort en stor del av skillnaden i visualiseringar som idag finns beroende på vem som skapat dem.

En utveckling av 3D-modeller i form av träd och övrig vegetation är också nödvändig. För att kunna arbeta med visualisering i skogsbruket kommer det krävas modeller som kan beskriva skogen som den ser ut. Buskar, fler trädarter och olika modeller för träd med olika utseende kommer att behövas. En gran i fjällnära skog har t ex inte samma utseende som en gran i södra Sverige. Mer verklighetstroga modeller gör att betraktaren lättare kan sätta sig in i visualiseringen. Det kommer aldrig att gå att skapa helt realistiska träd som precis ser ut som de gör i verkligheten, men jag tycker att man ska sträva efter att uppnå detta. Idag är de flesta visualiseringar uppbyggt på ett stokastiskt sätt där träden är utplacerade efter stammar/ha. I de allra flesta fall tror jag att denna typ av visualisering fungerar, men i vissa fall krävs mer noggranna visualiseringar och då kan laserdata komma till användning. Idag är det möjligt att identifiera trädslag utifrån laserdata. Det går också att ta reda på krontäckning, höjd och diameter för enskilda träd och deras koordinater (Tolt m fl, 2008).

Virtual reality kommer vi förmodligen att se mer av i framtiden. Med virtual reality är det möjligt för användaren att själv styra sig fram i 3D-modellen. Tänk att kunna visa en avverkning i tätortsnära skog genom att användaren själv får navigera sig fram i modellen. Det blir då möjligt att välja egna vyer från vilka avverkningen kan betraktas. Denna typ av visualisering borde ge betydligt mer än att enbart betrakta stillbilder, d v s bilder som är framtagna från ett utvalt läge från modellen.

Augmented reality (AR) är dock kanske det mest intressanta just nu i 3D-världen. AR är en form av Realtidsvisualisering och kan ses som en kombination av den verkliga och virtuella världen. Ett exempel på AR är i sportsammanhang när expertkommentarer i sina analyser kan ”rita” i repriserna för att illustrera något. Tekniken har blivit tillgänglig för den breda allmänheten och finns att tillgå i de flesta smartphones idag. Begränsningar i teknik och kostnader har dock gjort att AR inte riktigt börjat användas inom landskapsvisualisering (Jarvis m fl, 2008).

För skogsbruket tror jag definitivt att AR kommer slå igenom inom några år. Tänk vad enkelt det vore för en vägplanerare att ta fram mobilen när han ute i skogen och titta hur olika vägdragningsalternativ skulle se ut. Eller skördarföraren som kan se beståndsgränser och naturvårdsområden direkt i framrutan på skördaren. En skogsbruksplanerare skulle kunna titta på ett skogsinnehav i sin mobil och få direkt koppling till volym, ålder, trädslagsfördelning mm och se var beståndsgränserna är. Detta är bara några ideér på användningsområden som skulle kunna vara möjligt.

För många låter detta säkert banalt och överkligt. Behöver vi verkligen all denna teknik? Personligen kan jag tycka att det både är lite skrämmande och intressant på samma gång. Jag tror att det är viktigt att prova sig fram och inte förkasta nya tekniker på förhand. Det fanns säkert en stor skara människor som inte ville använda GPS:en när den kom, men hur många klarar sig utan den idag? Tiderna förändras och vårt sätt att bruka skogen kommer säkert också att göra det. Hur vi väljer att använda och bruka ny teknik kommer vara avgörande för framtiden. I Sverige har vi varit bra på att utnyttja befintlig teknik och förhoppningsvis kommer vi fortsätta att vara det, i så fall kan jag se en ljus framtid för visualiering i det svenska skogsbruket.

Referenser

Tryckta källor

- Appleton, K, & Lovett, A. (2005) GIS-based visualization of development proposals: reactions from planning and related professionals. *Computers, Environment and Urban Systems*. 29: 321-339.
- Bergen S.D, Ulbricht, C. A, Fridley, J. L, Ganter, M. A. (1995) The validity of computer-generated graphic images of forest landscape. *Journal of Environmental Psychology*, Volume 25: 135-146.
- Bishop, I.D, & Lange, E. (2005) *Visualization in Landscape and Environmental Planning: Technology and Applications*. London and New York. (2005) Taylor & Francis Group
- Bruce, V, Green, P.R & Georgeson, M.A. (1996) *Visual Perception, Physiology, Psychology and Ecology*. Psychology Press, Hove, UK.
- Daniel, T. C. & Meitner, M. M. (2001) Representational validity of landscape visualizations: the effects of graphical realism on perceived scenic beauty of forest vistas. *Journal of Environmental Psychology*, 21: 61-72.
- Eriksson, L-O., Hallgren, L., Nordström, E-M., Ångman, E., Öhman, K. (2010) Krav på beslutsstöd för deltagande och konflikthantering vid skoglig planering. Arbetsrapport 288 2010. Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
- Gustafsson, L , Kouki, J, Sverdrup-Thygeson, A. (2010) Tree retention as a conservation measure in clear-cut forests of northern Europe: a review of ecological consequences, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25: 295-308.
- Karjalainen, E & Tyrväinen, L. (2001) Visualization in forest landscape preference research: A Finnish perspective. *Landscape and Urban Planning* 59: 13-28.
- Karjalainen, E & Komulainen, M. (1998) Field afforestation preferences: A case study in northeastern Finland. *Landscape and Urban Planning* 43: 79-90.
- Lewis, J.L, Sheppard, S.R.J, Sutherland, S. (2004) Computer-based visualization of forest management: A primer for resource managers, communities and educators. *BC Journal of Ecosystems and Management*. Volume 5: 5-13.
- Jarvis, C., Priestnall G, Polmaer G, Li, J. (2008) Geo-contextualized visualization for teaching and learning in the field. Department of Geography, University of Leicester, UK.
- Jonsson, M, Ranius, T, Ekvall, H, Bostedt, G. (2010) Cost-effectiveness of silvicultural measures to increase substrate availability for wood-dwelling species: A comparison among boreal treespecies, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25: 46-60.

Meitner, M, Gandy, R. Nelson, J. (2006) Application of texture mapping to generate and communicate the visual impacts of partial tree retention systems in boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 228: 225-233.

Myklestad, E & Wagar, J. (1977) Computer assistance for visual management of forests and landscapes. *Landscape Planning*, 4: 313-331.

Orland, B & Ursavas, C (2006) Using Computer Visualizations to Help Understand How Forests Change and Develop. *The Public and Wildland Fire Management*. 187-195.

Palander, T, Turunen, K, Laukkanen, S. (2003) Attitude of Finnish timber buyers towards implementation of a forest computer visualization. *Silva Fennica*, 37: 269-281

Pedroli, B, van Doorn, A, de Blust, G, Paracchini, M.L, Wascher, D. & Bunce, F. (2007) Europe's Living Landscape. Essays exploring our identity in the countryside. KNNV, Zeist, The Netherlands.

Tolt, G, Brattberg, O, Follo, P, Gustavsson, A, Haapalathi, G, Lundberg, M. (2008) Omvärldsmodellering 2007-2008 – slutrapport. FOI -Totalförsvarets forskningsinstitut, Linköping.

Uusitalo, J, & Orland, B. (2001) Virtual forest management: Possibilities and challenges. *Journal of Forest Engineering*, 12: 57-66

Wang, X, Song, B, Chen, J, R. Crow, T, J. LaCroix, J. (2006) Challenges in visualizing forests and landscapes. *Journal of forestry*. September 2006

Zeh, M. (2001) Photorealistische 3D-Visualisierung. Am Beispiel der spät- und postglazialen Landschafts- und Vegetationsentwicklung im Südschwarzwald. Geographisches Institut Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. Diplomarbeit

Hemsidor

FutureForest. Hemsida.[online] (2011-04-10) Tillgänglig:
<http://www.futureforests.se/download/18.5686ae2012c08a47fb5800023815/1.Growth+Parks.pdf>

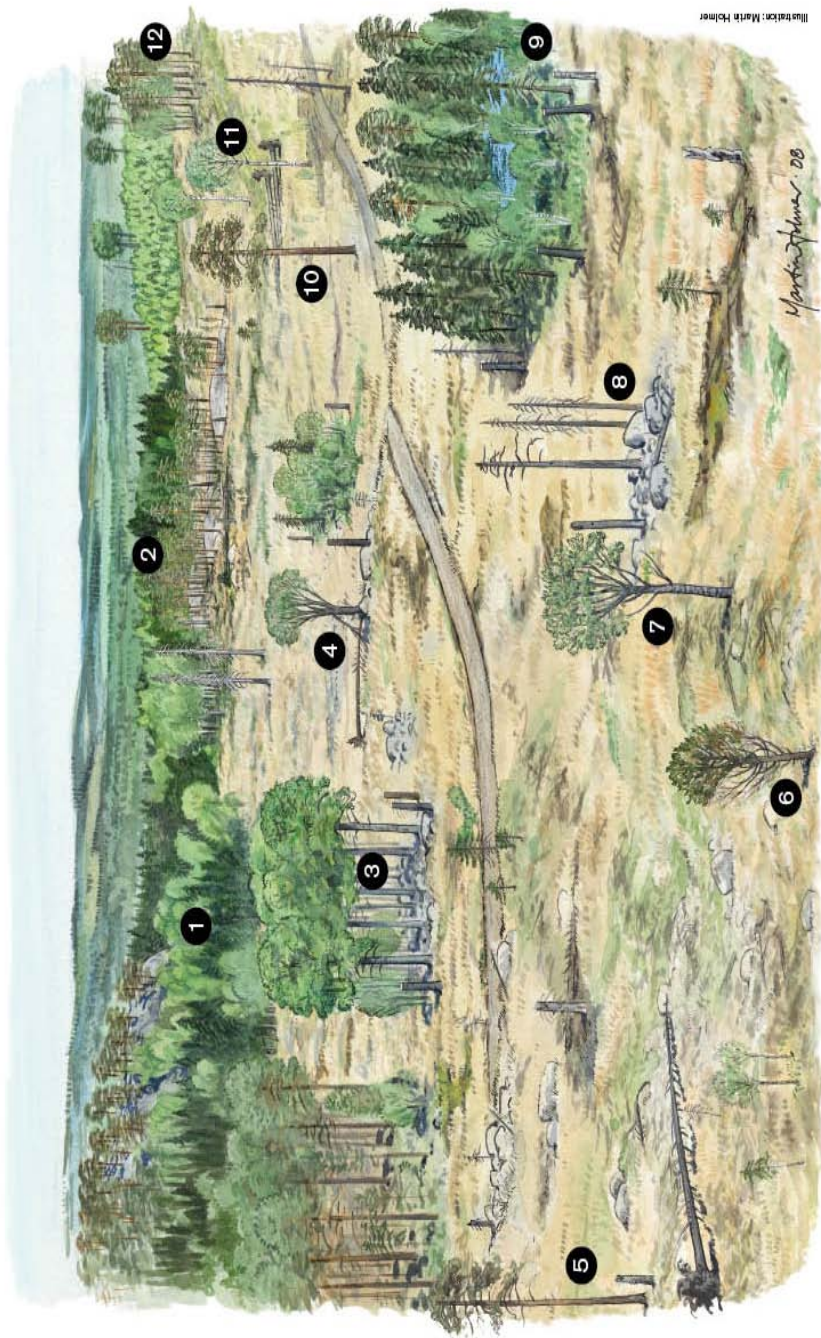
Skogsstyrelsen. Hemsida. [online] (2011-06-30) Tillgänglig:
<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/14-Naturhansyn.pdf>

Programvaror

3D Nature, LLC. 2005. Programvara för landsskapsvisualisering. <http://www.3dnature.com/>

Heureka version 1.2.0.3, 2011. Programvara för framskrivningar av bestånd. http://heureka.resgeom.slu.se/wiki/index.php?title=Heureka_Wiki/sv

W SVEASKOG



- | | | |
|--|--|---|
| 1. Kantzon. Hänsynskrävande biotop mot bergkant. | 4. Trädformig sälg. | 8. Död ved, torrträd. |
| 2. Hällmarksimpediment. | 5. Gammal tall med brandljud eller kulturspår. | 9. Hänsynskrävande biotop, signalarter. |
| 3. Naturvärdesträd, grova aspar, lövträdsgrupp. | 6. Grov gammal en. | 10. Naturvärdesträd, gammal tall. |
| | 7. Trädformig rönn. | 11. Lövträd. |
| | | 12. Trädgrupp. |

Illustration: Martin Holmer