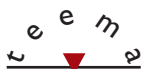


Tomas Lämås och Bo Dahlin

Heureka – analys- och planeringssystem för mångbruk och miljö



Inledning

Skogsbrukets utvecklingsbehov rör inte enbart teknologi och metodik för avverkning och skogsvård utan också de system som används i beslutsprocesser för hur resursen nyttjas. Antalet mantimmar per avverkad kubikmeter virke har minskat kraftigt de senaste årtiondena. I takt med ett minskat antal maskinförare etc. har också planerare och beslutsfattare fått större och större arealer att hantera. Lokalkännedom och tid för tillsyn av skogsinnehavet har reducerats. Förutom en nedgång i antalet arbetstillfällen i skogsbruket har vi dessutom en trend att fler och fler människor tappar närkontakt med skogen. Samtidigt höjs målsättningar och krav på skogen som en resurs för olika produkter, dess miljövärden och dess sociala värden. Den här utvecklingen – rationaliseringar inom skogsbruket, ökade krav på resursen och ett ökat behov att kommunicera hur resursen hanteras – skapar ett behov av betydligt kraftfullare beslutsstöd än dagens för den personal som arbetar med skoglig planering och för beslutsfattare på olika nivåer.

I mitten av 1990-talet gjordes i Sverige en utredning av behovet av nya planeringssystem inom skogsbruket (Dahlin m.fl. 1996). Som en följd av detta startades forskningsprogrammet Heureka år 2000 vid SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet). Resultat från forskningsprogrammet har presenterats vid flera konferenser och i såväl vetenskapliga tidskrifter som mer populärvetenskapliga sammanhang.

Målet med forskningsprogrammet Heureka är att utveckla ett mångbruksinriktat analys- och planeringssystem för skogsbruket. Systemet är avsett som beslutsstöd för skogsföretag, myndigheter och organisationer. Inom Heureka integreras kunskap från olika discipliner för att utforma datorbaserade analys- och planeringssystem. Särskilda applikationer utvecklas för myndigheters regionala och nationella analyser, för skogsföretags planering på lång och kort sikt, samt för småskogsbrukets behov. En bärande idé för programmet är att ta tillvara olika forskares och forskargrupperns goda idéer och resultat och sätta samman dem på ett sätt som medger syntesanalyser av skogsresursernas nyttjande. Ett par andra bärande idéer är att:

- Se till helheten, inte delarna var för sig. Traditionellt separeras miljöövervakning och miljökonsekvensbeskrivning från analyser av resursutnyttjande. I Heureka studeras uthålliga möjligheter för helheten direkt.
- Analyser för lång tid och specifika rum. Åtgärder i skogen har effekter under många decennier. Trädskiktets utveckling går dock att både styra och prediktera. Heureka ger lösningsförslag för specifika skogsområden – inte tumregler.

Trädskiktets utveckling

Stommen i Heurekas system är prognosmodeller för skogens utveckling. Här är trädskiktets utveckling

helt central, eftersom detta är avgörande för såväl det ekonomiska utfallet av skogsbruket som flertalet miljökonsekvenser; träden påverkar ju t.ex. i hög grad tillståndet i marken, samt i botten-, fält- och buskskikt. Trädens utveckling kan prognostiseras mycket väl med empiriska modeller, samtidigt som utvecklingen – i verkligheten – kan styras med god noggrannhet genom olika skogsbruksåtgärder. Det finns därmed en solid grund för att utveckla ”styr-system” för skogsbruket.

Applikationer

Heureka utvecklas i huvudsak som ett system. Samtidigt kan vi se att olika användare kommer att ha olika krav på funktionalitet, gränssnitt, koppling till andra system etc. Därför har vi valt att från det gemensamma systemet ta fram olika applikationer. Applikationerna omfattar förutom ett datorprogram också system för beskrivning av skogen, datainsamlingsrutiner m.m.

Fyra applikationer för olika användare och problemområden är under utveckling:

- 1) Nationell och regional analys
- 2) Planering för småskogsbruket
- 3) Långsiktig planering vid större skogsföretag
- 4) Operativ planering

Den första applikationen – för nationell och regional analys – är avsedd för analys av virkesproduktion, miljö- och naturvärden inom stora geografiska områden. Användarna återfinns bland myndigheter, organisationer och t.ex. skogsägarföreningar.

Den andra – applikationen för småskogsbrukets planering – skall förbättra möjligheterna att planera skogsbruket framförallt för småskogsägare. Den ska ge bättre möjligheter att beakta flera mål, hantera en längre tidshorisont och ge ett bättre ekonomiskt beslutsunderlag än nuvarande skogsbruksplaner. Tänka användare är markägare samt rådgivare och förvaltare, som är verksamma inom denna sektor av skogsbruket.

De två sista applikationerna är avsedda för stor-skogsbruket. Den första av dem – applikationen för långsiktig planering – är avsedd för en långsiktig, strategisk planering av virkesproduktionen med hänsyn till miljö- och naturvärden. Även frågor av

taktisk karaktär, t.ex. rumslig samordning av avverkningar, kan hanteras. Ett resultat från en tillämpning av applikationen är ett förslag till traktbank, d.v.s. vilka avdelningar som ska avverkas de närmsta åren. Förslaget tas över av den sista applikationen, avsedd för den kortsiktiga, operativa planeringen. Här hanteras frågor kring logistik och virkesförsörjning ur ett kortsiktigt perspektiv. Forskningsinstitutet Skogforsk ansvarar för den sista applikationen medan SLU ansvarar för de övriga.

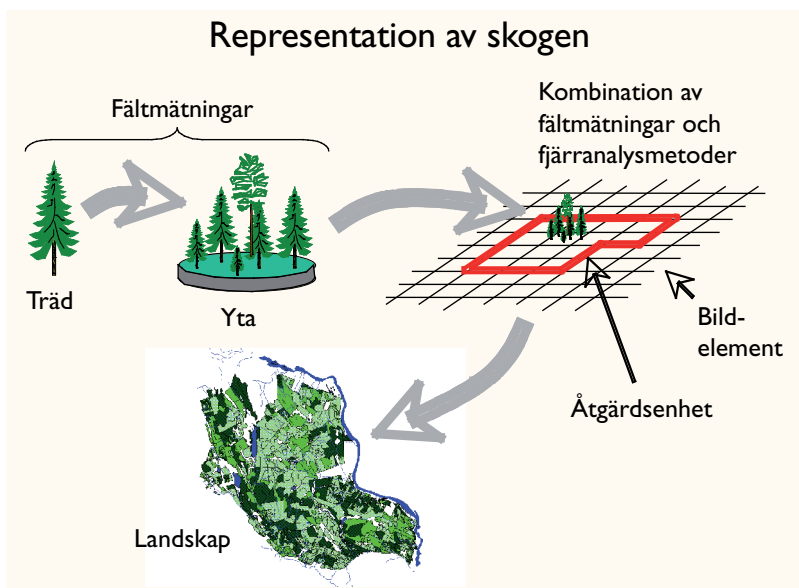
Data och informationshantering

Flera av de företeelser som ska hanteras kräver en heltäckande och detaljerad beskrivning av skogslandskapet. En ansats i Heureka baseras på en kombination av fältinventering och fjärranalys. Genom fältinventering finns information om enskilda träd och provytor. Satellitbilder är uppbyggda av en mängd rasterelement eller pixlar. Bilderna ger oss en viss grov men heltäckande information om skogen. Rasterelementen är typiskt av storleksordningen 25 × 25 meter. Genom att kombinera information i satellitbilder och information från fältinventeringar kan vi tilldela alla rasterelement träd- och ytdata. På så sätt skapas en detaljerad heltäckande beskrivning. Flera rasterelement kan utgöra en åtgärdsenhet, t.ex. enheter som ska gallras eller slutavverkas vid samma tidpunkt. Information i rasterelement och åtgärdsenheter bygger sedan upp landskapet (figur 1).

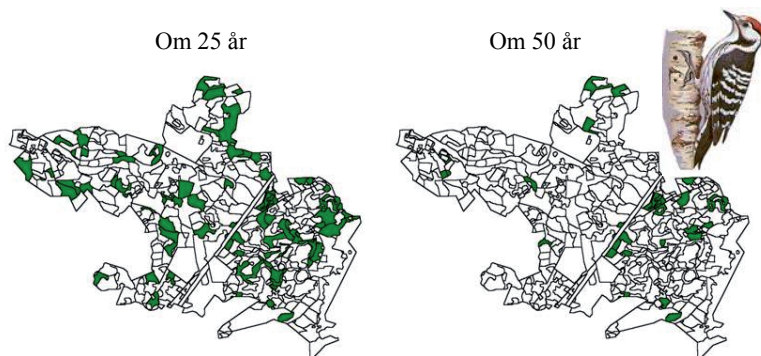
En målsättning är också att olika datakällor ska kunna användas, som traditionellt beståndsregister eller enbart provytor, för att passa varierande tillgång på information om skogen.

Att kunna åskådliggöra resultaten på ett intuitivt och lättfattligt sätt är av stor betydelse. Kartor är lämpliga att visa hur utvecklingen över ett bestämt geografiskt område. I figur 2 exemplifieras detta med två kartor som illustrerar lämpliga framtida habitat för mindre hackspett vid ett bestämt skötselalternativ. Olika alternativ kan på detta sätt lätt jämföras.

För många människor kan även kartor te sig som främmande och svåra att tolka och att ta till sig. Ett alternativ att ytterligare tydliggöra resultat är att visualisera resultaten i 3D-grafik. Figur 3 illustrerar en sådan visualisering av ett prognostiserat framtida skogstillstånd. Förutom att kunna ta fram renderade



Figur 1. Ansatsen för den geografiska representationen i Heureka. Rasterelement motsvarar bildelementen (pixlar) i fjärranalysbilder, typiskt i storleksordningen 25 x 25 m.



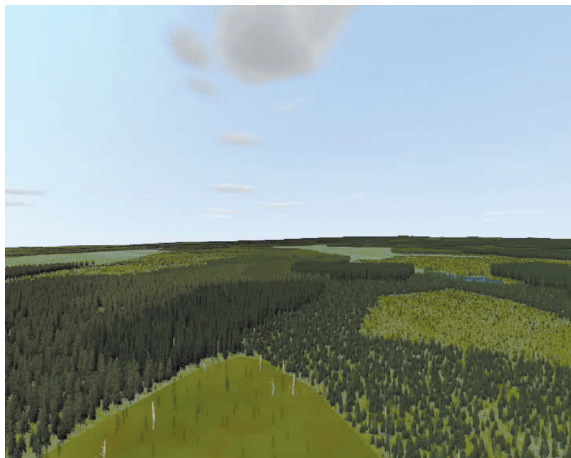
Figur 2. Lämpliga habitat i Remningstorp för mindre hackspett om 25 respektive 50 år för ett skötselalternativ.

bilder som i figuren, så kan en mängd bilder sättas samman till en filmsekvens, så att man får känslan av att flyga över landskapet.

Heurekas system har ambitionen att hantera ett flertal nyttigheter, långa tidshorisonter och stora arealer. Överskådliga resultatredovisningar som enkelt kan anpassas till användarens frågeställningar och behov krävs för att inte riskera att dränka användaren med information. I figurerna nedan ges exempel på resultatrapporter för olika nyttigheter och för deras indikatorer med vilka de mäts.

Figur 4 visar ett exempel på hur en övergripande redovisning av resultatet av en analys med Heureka system för ett antal olika nyttigheter kan komma att ske. I övre vänstra bilden ges en aggregerad sammanställning för ett alternativ grundat på vissa förutsättningar. I den övre högra bilden finns en jämförelse mellan tre olika alternativa analyser. I de nedre bilderna redovisas ett antal indikatorer för virkesproduktion (nedre vänstra) och biodiversitet (nedre högra). En användare skall enkelt i resultatredovisningen kunna bestämma vilka indikatorer

som skall redovisas. Ett alternativ till den habitat-inriktade redovisning ovan är t.ex. mängder av olika skogstyper (gammal skog, lövrik skog, etc.) eller substrat (t.ex. död ved).



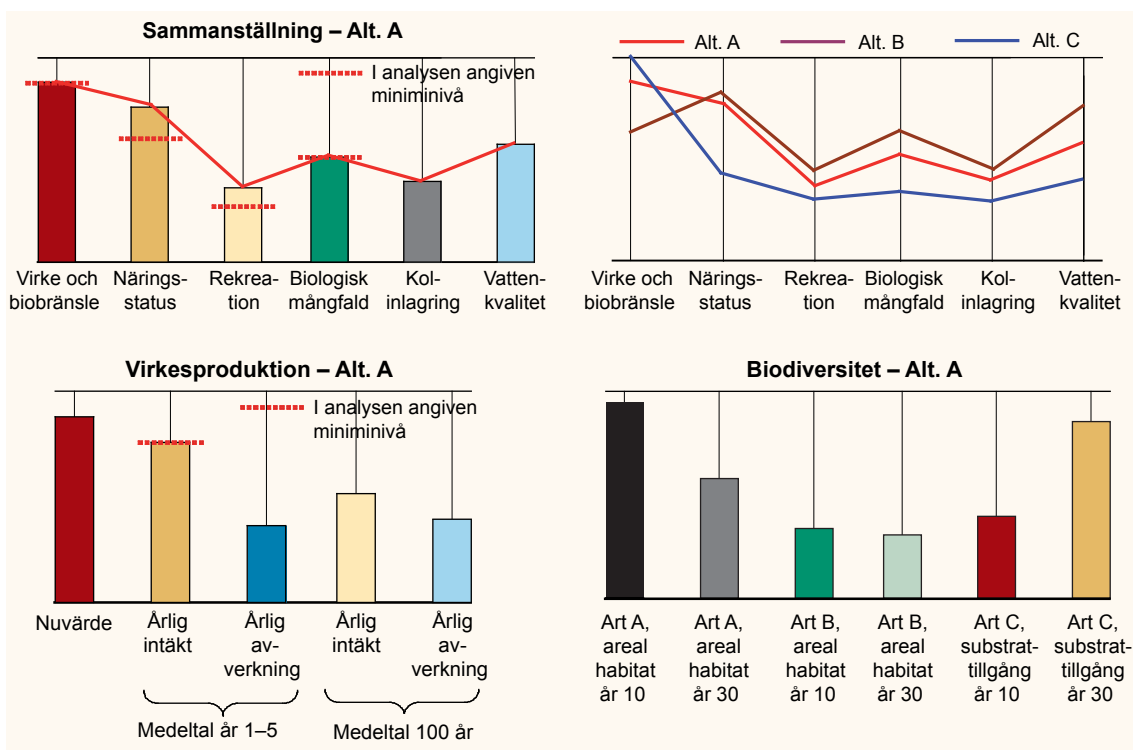
Figur 3. Visualiserad bild över prognostiserade skogstillståndet i Remningstorp år 2024.

Ämnesvisa projekt

För att sammanställa de kunskaper som finns inom för Heureka relevanta kunskapsområden tillsattes ämnesvisa projekt. Projektens uppgift är att sammanställa och, där det behövs, ta fram ny kunskap, samt att formulera dessa kunskaper i form av funktioner, tabeller och algoritmer som kan integreras i Heureka-systemet. Under perioden fram till med 2005 drevs 13 ämnesvisa projekt i Heureka. Nedan presenteras dessa projekt kortfattat.

Produktionsmodeller. Nya tillväxtfunktioner har tagits fram (Elfving 2004; Fahlivik och Nyström 2006), liksom för inväxning (Wikberg 2004) och avgång (Fridman och Ståhl 2001). Dessutom har effekter av evighetsträd (s.k. spartäd) studerats (Elfving och Jacobsson 2006).

Produktion och klimat. Effekten av ett framtida förändrat klimat på skogstillväxten har beräknats med en processbaserad modell för att integreras med de empiriska tillväxtfunktionerna. På så sätt kan ef-



Figur 4. Exempel på en möjlig modell för övergripande resultatredovisning.

fekten av olika skötselalternativ vid skilda klimatscenarier skattas (Bergh m.fl. 2006).

Nedbrytning av död ved. Material som underlag för funktioner för nedbrytningsförloppet av död ved har samlats in och rikstäckande funktioner i enlighet med Krays m.fl. (2002) kommer att tas fram. Förekomsten av död ved och dess kvalitet är en viktig komponent för biodiversiteten såväl som för mängden kol i skogsekosystemet.

Biomassa och kol. Marklunds biomassa-funktioner (Marklund 1988) har kompletterats (Petersson och Ståhl 2006) och kolhalten för olika träslag och delar av trädet har uppmätts.

Rotröta. Modeller för att skatta rotröte-angrepp, sannolikhet för angrepp samt dess utbredning vid olika förutsättningar har konstruerats (Thor 2005).

Virkesegenskaper. Modeller för olika former av virkeskvalitet, gällande bl.a. kvistighet och densitet, har tagits fram (Moberg 2006; Moberg och Wilhelmsson 2003; Wilhelmsson 2006)

Mark. En modell för att beräkna kolets och kvävet kretslopp har anpassats till Heureka systemet (Ågren och Knecht 2001). Arbeta pågår med att anpassa en annan modell för att beräkna baskat-jon balansen (Sverdrup m.fl. 2002). Ett problem med den senare är bl.a. indatafrågan, men där ny forskning om markvittring kan visa sig ha stor betydelse (Akselsson m.fl. 2004).

Biodiversitet. Här arbetar man, förutom med mer vanliga typer av beräkningsindex t.ex. andel gammal skog, med att skapa utvärderingsmodeller för typer. Tanken är att vissa arters habitatskrav ger en god bild av ett landskaps potential att hysa många fler arter (Edenius och Mikusiński 2006; Mikusiński och Edenius 2006).

Datafångst. Arbetet har främst varit koncentrerat till att anpassa nya tekniker inom fjärranalysen till de behov som finns i Heureka. Radar, laser och automatisk tolkning av flygfoton är exempel sådana tekniker. En annan teknik är att knyta satellitdata till data från riksskogstaxeringen med s.k. kNN teknik, för att skapa heltäckande data för större områden. Detta har också gett till resultat att det idag finns heltäckande skogsdata i 25 m pixlar för hela Sverige (Reese m.fl. 2003).

Miljövärden. Hur värderar allmänheten olika nyttigheter från skogen? Genom att bättre förstå detta kan förhoppningsvis bättre avvägningar mellan olika

nyttigheter göras. Modeller för att skatta en skogs lämplighet för rekreation har tagits fram (Lindhagen och Hörnsten 2000).

Beslutsfattande under risk. Att skogsägande inte är helt utan risk bekräftade orkanen Gudrun som drabbade södra Sverige hårt under 2005. Inom detta område har en del översiktligt arbete bedrivits, vilka har intensifierats efter stormen (Eriksson 2006).

Optimering. Heureka-systemet ska utifrån olika kriterier kunna optimera skötseln över område. Linjär programmering kommer att integreras i systemet, men även olika heuristiska metoder (t.ex. simulated annealing och genetic algorithm) är aktuella, då vissa typer av problem inte är linjära (t.ex. spatialitet).

Markägares agerande. Skogsägare agerar utifrån sina värderingar och kunskaper. Undersökningar har visat att betydelsen av det ekonomiska utbytet från skogsägandet relativt sett har minskat. Andra faktorer som naturvärden, historisk känsla och jakt värderas av många ägare högre. Detta bör påverka agerandet bland skogsägare. Om vi kan modellera detta bör vi också bättre kunna förutsäga hur den framtida skogen kommer att skötas.

Framtid

Fler än 20 forskare och programmerare på 7 institutioner vid SLU samt vid Skogforsk är engagerade i forskningsprogrammet Heureka. Vi arbetar till största delen med att syntetisera kunskap från olika forskningsområden och vi ser Heureka som ett sätt att föra kunskap och forskningsresultat ut till praktisk användning. Heurekas kärna är nu systemerad och programmerad och de första versionerna av några av applikationerna är nu körbara (mars 2006).

Heureka har säkrat finansieringen för en andra fas fram till och med 2009. Finansiärer är SLU, Skogforsk, Mistra (miljöfond), Kempe-stiftelsen och Skogsindustrierna. Organisation och struktur inom programmet är delvis ändrad i jämförelse med den första fasen. Likaså har fokus för programmet förstärkts mot att ta fram operativa applikationer, till del på bekostnad av de ämnesvisa projekten. Målet är att de planeringssystem och beslutsstöd som utvecklas inom Heureka, under den närmaste fyraårsperioden ska komma till praktisk användning inom det svenska skogsbruket.

Referenser

- Akselsson, C., Holmqvist, J., Alveteg, M., Kurz, D. & Sverdrup, H. 2004. Scaling and mapping regional calculations of soil chemical weathering rates in Sweden. *Water, Air & Soil Pollution: Focus* 4: 671–681.
- Barth, A., Lind, T., Petersson, H. & Ståhl, G. 2006. A framework for evaluating data acquisition strategies for analyses of sustainable forestry at national level. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(7): 94–105.
- Bergh, J., Freeman, M. & Räisänen, J. Modelling regional effects of global change on net primary production in Scandinavia. Submitted to *Global Change Biology*.
- Dahlin, B., Ekö, P.-M., Holmgren, P., Lämås, T. & Thureson, T. 1997. Heureka – en modell för skogshushållning. Ett strategidokument utarbetat vid Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Rapport 17. 115 s.
- Edenius, L. & Mikusiński, G. 2006. Utility of habitat suitability models as biodiversity assessment tools in forest management. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(7): 62–72.
- Elfving, B. 2004. Grundytetillväxtfunktioner för enskilda träd, baserade på data från riksskogstaxeringens permanenta provtytor. SLU, Inst för skogsskötsel. Stencil 2004-01-26.
- & Jakobsson, R. 2006. Effects of retained trees on tree growth and field vegetation in *Pinus sylvestris* stands in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(7): 29–36.
- Eriksson, L.O. 2006. Planning under uncertainty at the forest level: A systems approach. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(7): 111–117.
- Fahlvik, N. & Nyström, K. 2006. Models for predicting individual tree height increment and tree diameter in young stands in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(7): 16–28.
- Fridman, J. & Ståhl, G. 2001. A Three-step approach for modelling tree mortality in Swedish forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 455–466.
- Kruys, N., Jonsson, B.G. & Ståhl, G. 2002. A stage-based matrix model for decay-class dynamics of woody debris. *Ecological applications* 12(3): 773–781.
- Lindhagen, A. & Hörnsten, L. 2000. Forest recreation in 1977 and 1997 in Sweden: changes in public preferences and behaviour. *Forestry* 73(2): 143–153.
- Marklund, L.G. 1988. Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Survey. Report 45.
- Mikusiński, G. & Edenius, L. 2006. Assessment of spatial functionality of old forest in Sweden as habitat for virtual species. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(7): 73–83.
- Moberg, L. 2006. Predicting knot properties of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* from generic tree descriptors. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(7): 48–61.
- & Wilhelmsson, L. 2003. Nya beräkningsmodeller för vedegenskaper – ett verktyg för bättre utnyttjande av massaveden. Skogforsk, Uppsala. Resultat 3. 4 s.
- Petersson, H. & Ståhl, G. 2006. Functions for below-ground biomass of *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(7): 84–93.
- Reese, H., Nilsson, M., Pahlén, T.G., Hagner, O., Joyce, S., Tingelöf, U., Egberth, M. & Olsson, H. 2003. Countrywide estimates of forest variables using satellite data and field data from the National Forest Inventory. *Ambio* 32(8): 542–548.
- Sverdrup, H., Hagen-Thorn, A., Holmqvist, J., Wallman, P., Warfvinge, P., Walse, C. & Alveteg, M. 2002. Biogeochemical processes and mechanisms. Utgiven i Sverdrup, H. & Stjernquist, I. (red.). *Developing principals and models for sustainable forestry in Sweden*. Kluwer Academic Publishers. s. 91–196. ISBN 1-4020-0999-2.
- Thor, M. 2005. Heterobasidion root rot in Norway spruce. Modelling incidence, control efficacy and economic consequences in Swedish forestry. *Acta Universitatis Agriculturae Suecica*. Doctoral thesis 2005:5.
- Wikberg, P.-E. 2004. Occurrence, morphology and growth of understory saplings in Swedish forests. *Acta Universitatis Agriculturae Suecica, Silvicultura* 322.
- Wilhelmsson, L. 2006. Two models for predicting the number of annual rings in cross-sections of tree stems. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(7): 37–47.
- Ågren, G.I. & Knecht, M.F. 2001. Simulation of soil carbon and nutrient development under *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*. *Forest Ecology and Management* 141(1–2): 117–129.

23 referenser

- Tomas Lämås, SLU, Skoglig resurshushållning och geomatik, Umeå, e-post tomas.lamas@resgeom.slu.se
Bo Dahlin, Helsingfors Universitet, Institutionen för utnyttjandet av skogstillgångar