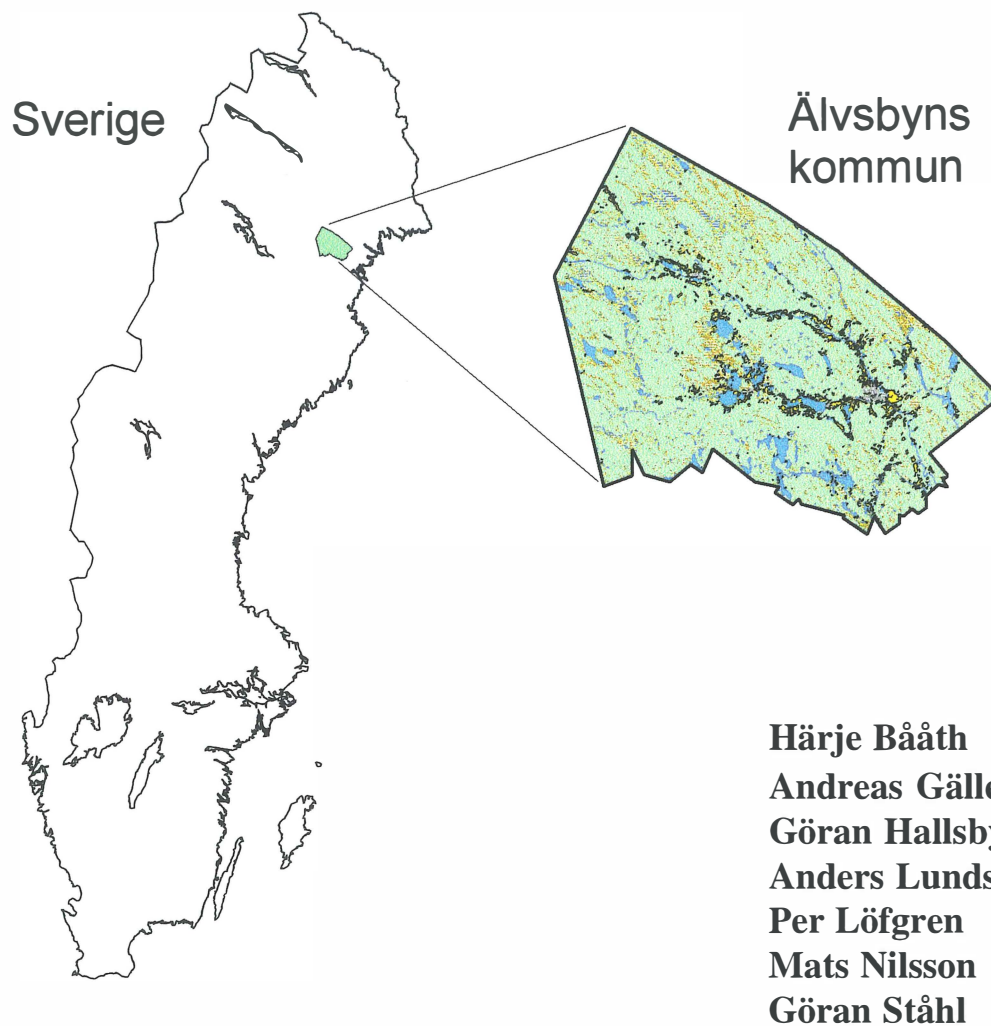


Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser



Arbetsrapport 65 2000



Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser

**Härje Bååth
Andreas Gällerspång
Göran Hallsby
Anders Lundström
Per Löfgren
Mats Nilsson
Göran Ståhl**

Arbetsrapport 65 2000

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-14 19 15, 77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR--65 --SE

Abstract

Method for estimations of the local forest bio-fuel resource.

A new method for detailed estimations of local above-ground woody biomass is presented. The procedure has been developed with the aim to support large and small scale strategic planning, from various aspects of bio energy utilisation in Sweden. Important features of the method are options to deal with areas defined by the user, and to include local harvest restrictions. A planning tool suitable for local forest owners, municipalities, and bio energy enterprises has previously not been available since costume-made local estimates of woody biomass have lacked sufficient precision or been considered to costly.

In the suggested method satellite image data and a sample of field plots from the Swedish National Forest Inventory (NFI) are combined using the "k Nearest Neighbour" method (kNN). The results are transferred to the forestry planning system Hugin which provides estimates of the present and future potentials of forest bio-fuels. In the Hugin system there are great possibilities to take into account various local interests and restrictions that influence the potential of woody biomass utilisation. As an example, the priority and the intensity of forestry treatments such as establishment of new stands, pre-commercial thinning, thinning, and final cut can be considered. Other factors that can be incorporated are harvest restrictions for specific areas like nature preservation areas or riparian zones. In addition minimum requirements for harvest amounts per hectare can be set as general restrictions. In the initial steps geographical objects like roads, railroads, or forests at a specified distance from roads can be excluded from further calculations.

As a demonstration example the above-ground woody biomass was calculated for the municipality Älvsbyn in northern Sweden. The estimates were based on traditionally performed cutting operations and results can be presented separately for different species by tree fractions (bark, needles, branches and tops). The influence of distance to road was demonstrated in a separate estimate where the maximum terrain transport distance was set to 300 m. Calculations were made for the present state of the forest and the state during the following five ten-year periods.

In order to get an Relative root mean squared error (RMSE) for mean wood volume of <10% using only the NFI data, the area for which the mean value is calculated must be at least 100.000 ha. With the presented method it will be possible to estimate wood volume and biomass volume for areas as small as 200 – 450 ha with acceptable RMSE.

Sammanfattning

Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser.

Syftet med projektet var att utveckla en kostnadseffektiv metodik som passar till lokala uppskattningar av skogsbränsletillgången inom valfritt geografiskt område. Med tidigare kända metoder har beräkning av skogsbränslen, med godtagbar precision, endast varit möjliga på landsnivå och för större områden som län. Den framtagna metoden utnyttjar, i ett första steg, kNN-skattningar för att kombinera satellitbilsdata med fältdata från den landsomfattande Riksskogstaxeringen. Därefter utförs skogliga konsekvensberäkningar med Hugin-systemet för att skatta möjligt skogsbränsleuttag på kort och lång sikt. I Hugin finns stora möjligheter att ta lokala hänsyn och införa restriktioner för uttagen. Som exempel kan nämnas prioritering och omfattning av skogliga åtgärder som föryngring, röjning, gallring och föryngringsavverkning. Andra faktorer som kan styras är t.ex. begränsningar för avverkning på vissa typer av mark (ståndorter). Med den framtagna metoden blir det även möjligt att utesluta områden som naturskyddade områden, vägar, kantzoner kring sjöar och vattendrag mm där uttag av skogsbränslen inte bör ske eller där begränsningar råder. Allmänna begränsningar i form av krav på minsta uttagsmängder per hektar kan också inkluderas i beräkningarna. Som ett demonstrationsexempel skattades skogsbränsletillgången i Älvsbyns kommun. Det möjliga uttaget beräknades för traditionell avverkning fördelat på gallringar och föryngringsavverkning. Uppdelning gjordes på olika trädslag och fraktioner som bark, barr, grenar och toppar. Resultat redovisas också från en separat beräkning där det maximala terrängtransportavståndet sattes till 300 m.

För att uppnå ett relativt medelfel för virkesförråd som är lägre än 10 % genom att enbart använda riksskogstaxeringens provytor måste arealen uppgå till minst 100 000 ha.

Motsvarande areal vid användning av den beskrivna metoden är ca 450 ha. Metoden kräver fortfarande mycket manuell hantering. Utvecklingsarbete har därför påbörjats för att automatisera delar av processen och på så sätt göra metoden mer effektiv och användarvänlig.

Förord

Denna rapport beskriver en ny metod för detaljerade skattningar av Sveriges skogsbränsleresurs. Arbetets övergripande mål var att ta fram ett hjälpmedel med vilket grundförutsättningarna för den lokala skogsbränsleresursens utnyttjande kan beskrivas. Syftet var att t.ex. kommuner och olika aktörer i bibränslebranchen skall kunna få tillförlitliga uppgifter om resursens storlek, sammansättning, fördelning och utveckling på betydligt mindre arealer än vad som tidigare varit möjligt. Dessutom skall metoden möjliggöra valfria geografiska avgränsningar och skattningar utifrån lokala specifikationer.

För metodutvecklingen svarar Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, SLU i Umeå. Arbetet har utförts i nära samarbete med energikontoren i Norrbotten och Västerbotten och Energimyndigheten har stått för finansieringen.

Projektsamordnare har varit SkogL Härje Bååth. Databearbetningen har utförts av enhetschef Anders Lundström och SkogD Mats Nilsson. Fil mag Per Löfgren och Härje Bååth har svarat för bearbetning av kartdata. Huvuddelen av sammanställningen av materialet och utformningen av rapporten har utförts av SkogD Göran Hallsby, SLU Kontakt, och Härje Bååth. I projektgruppen har även ingått professor Göran Ståhl Inst f skoglig resurshushållning och geomatik samt avdelningschef Rolf Olsson och doktorand Sylvia Sjöström vid Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, jägmästare Andreas Gällerspång vid regionala Energikontoret i Norrbotten och jägmästare France Goulet vid regionala Energikontoret i Västerbotten.

Umeå i mars 2000



Härje Bååth

Innehållsförteckning

Bakgrund och syfte	5
Metodbeskrivning	6
Geografisk avgränsning	6
Satellitdata	6
Riksskogstaxeringen och utnyttjande av fälldata	7
kNN-metoden	7
Huginssystemet	7
Typfallet Älvsbyns kommun	8
Avgränsningar, bearbetning av fälldata, satellitdata och kNN-skattningar	8
Förutsättningar i Hugin	8
Resultat	9
Diskussion och slutsatser	12
Referenser	15
Bilaga 1	16

Bakgrund och syfte

I takt med att Sveriges omställning till ett mer hållbart energisystem fortsätter (Sveriges Riksdag 1997), väntas ökade uttag av biomassa för energiändamål och hårdare konkurrens om denna resurs. Därmed följer också ett växande behov av detaljerade och tillförlitliga skattningar av möjliga uttag, idag och i framtiden. Såväl regional strategisk planering som beslut om utveckling och nyetablering av verksamhet baserad på biobränsle är beroende av sådant underlag.

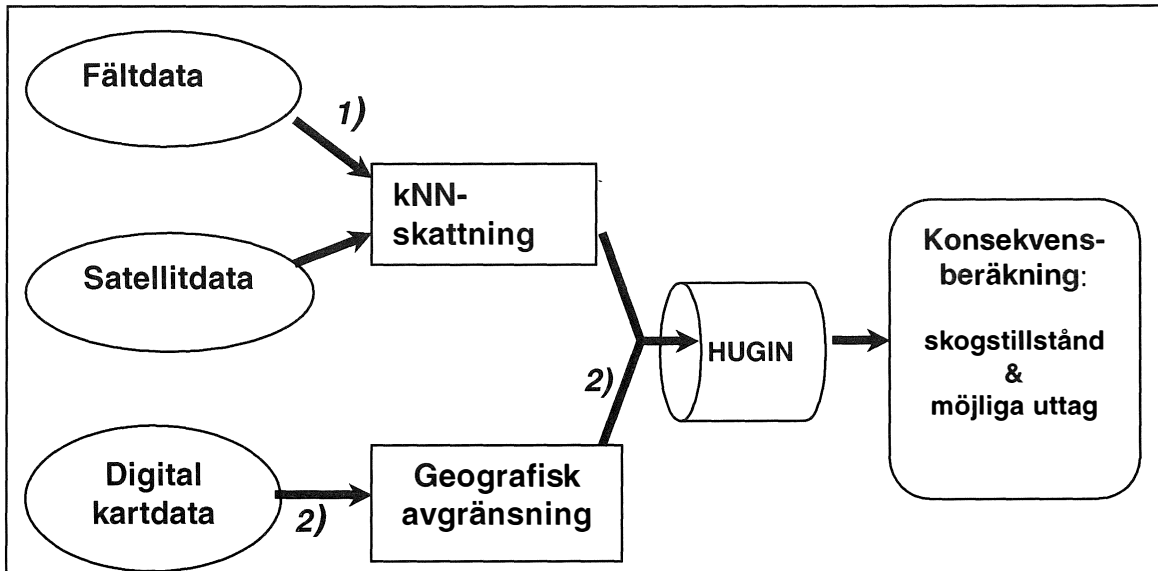
Huvuddelen av Sveriges bioenergitillförsel kommer från skogsmark (Energimyndigheten, 1999). Landets skogstillgångar inventeras årligen genom Riksskogstaxeringens försorg (Ranneby et al 1987). Fältdata från Riksskogstaxeringen kan bearbetas med analysverktyg som Hugin (Lundström & Söderberg 1996) eller Bio-sims (Parikka 1997) för att prognostisera det möjliga uttaget av skogsbränsle. Dessa prognoser bedöms ha godtagbar precision på länsnivå (Hägglund 1985) men inte på ytor av kommunstorlek eller mindre. Anledningen är att mängden fältdata som skattningarna grundas på blir för liten på så små ytor. Kompletterande inventeringar för att åtgärda detta bedöms alltför kostsamma.

Utvecklingen inom skoglig fjärranalys öppnar nu möjligheter att skatta virkesförråd och trädbiomassa ovan mark på mindre arealer än tidigare, utan att ytterligare insamling av fältdata är nödvändig. Grundtanken i studien som presenteras här är att kombinera satellitbildsanalys med fältdata från Riksskogstaxeringen och på så sätt komplettera befintliga provytedata med data skattade från satellitbilder. En metod som kallas 'kNN' (k Nearest Neighbour) har utvecklats för detta syfte (Tomppo 1990, Tokola et al. 1996, Nilsson 1997, Fazakas et al. 1999). En fördel med metodiken är att resultaten kan användas direkt i skogliga konsekvensberäkningar med t.ex. Hugin. Därmed blir det också möjligt att göra lokala beräkningar för skogsbränsleuttag och samtidigt, i högre grad, väga in lokala preferenser och restriktioner för uttagen.

Denna rapport beskriver momenten som ingår i den föreslagna metoden och redovisar resultat från ett typfall där beräkningar av skogsbränsleresursens utveckling gjorts för Älvsbyns kommun.

Metodbeskrivning

Metoden bygger på användning av befintliga objektiva fältdata från Riksskogstaxeringen, i kombination med yttäckande satellitdata och konsekvensberäkningar med Hugin-systemet. (figur 1). Med kNN- metoden överförs uppgifter från Riksskogstaxeringens noggrannt inventerade provtytor till varje bildelement i satellitbilden.



Figur 1. Flödesschema för skattningens utförande. De ingående komponenterna beskrivs i texten nedan. **1)** Korrigerig och framskrivning av fältdata. **2)** Lokala preferenser och restriktioner

Geografisk avgränsning

Det område som skall analyseras avgränsas på en digital karta (t.ex. blå kartan i skala 1:100 000) där andra markslag än skogsmark först utesluts. Dessa arbetsmoment utförs med hjälp av ett GIS-system. Hänsyn tas till lokala preferenser eller restriktioner gällande vilka områden som skall utnyttjas för trädbränsleuttag. Lokala specifikationer för den geografiska avgränsningen kan exempelvis grundas på naturvårdshänsyn, transportavstånd till avnämare eller terrängtransportavstånd. Alla lägesbestämda data från kartor och satellitbilder som används skall vara i digital form i raster- eller vektorformat och i samma geodetiska koordinatsystem.

Satellitdata

Satellitdata består av digitala bilder, där varje bildelement (pixel) har ett numeriskt värde motsvarande strålningsenergin från den yta på marken (geometrisk upplösning) som täcks av bildelementet. Den geometriska upplösningen är vanligen 20-30 m. För varje bildelement lagras mätdata som digitala signaler från satellitscannerns olika våglängdsband (spektral upplösning).

De satellitdata som används måste vara registrerade under den period lövträden bär löv och bör vara så färska som möjligt. Bilderna skall vara geometriskt precisionskorrigerade till det svenska kartkoordinatsystemet RT90 då metoden bygger på att enskilda pixlar skall kunna identifieras och kopplas samman med kartdata och riksskogstaxeringens provtytor.

Riksskogstaxeringen och utnyttjande av fältdata

Riksskogstaxeringen är en helt och hållet markbaserad årlig stickprovsinventering av alla markslag i landet utom fjällen. Fältdata insamlas på provytor, utlagda längs sidorna på systematiskt utlagda kvadrater, s.k. trakter (Ranneby et al 1987). Traktstorleken varierar i olika regioner i landet beroende på hur varierad skogen är. Två typer av trakter ingår i taxeringen, tillfälliga och permanenta, varav de senare återinventeras med ett visst intervall. Vid taxeringen inventeras tre typer av provytor, nämligen förråds-, återväxt- och stubbytor. Provyornas radie är 10m på permanenta trakter och 7 m på tillfälliga trakter. På permanenta trakter är antalet provytor åtta medan de tillfälliga trakterna har tolv provytor (Hägglund 1985). För varje provyta registreras areal och ståndortsegenskaper. Dataunderlag för beräkning av virkesförråd, tillväxt och eventuella virkesuttags storlek insamlas i samband med att samtliga stammar och stubbar på provytorna artbestäms och diamettermäts (Anon 1999a). Ett urval av de diametermätta träden tas ut som provträd och på dem mäts även höjd och krongräns. Därefter kan provträdens volymer skattas. Med stöd av diameter-volym-sambandet för provträden kan sedan samtliga träds volymer beräknas.

För att få ett tillräckligt stort grundmaterial till den fortsatta bearbetningen används fältdata från flera år. Provyornas tillstånd skrivs fram med tillväxtfunktioner till den tidpunkt då satellitdata registrerades (Nyström 2000, Söderberg 1986). För att lokalisera provytornas läge i satellitbilden kompletteras fältdatabasen med provytornas koordinater. Sedan 1996 används GPS vilket ger en noggrannhet på 5-10m.

Vid användning av fältdata från provytor inventerade flera år före registrering av satellitdata förekommer det att skogstillståndet som visas på satellitbilden avviker från det som mätts in i fält. I de flesta fall är förklaringen att avverkningar utförts under åren mellan inventering och satellitbilsregistrering men dålig överensstämmelse kan också bero på felaktig lokalisering av provytor i satellitbilden. Avvikande ytor sorteras bort med hjälp av en regressionsfunktion som skattar ett digitalt värde för provytan vilket sedan jämförs med motsvarande pixels verkliga värde.

kNN-metoden

Med kNN-metoden (k Nearest Neighbour) beräknas skogstillståndet för varje bildelement i satellitbilden med data från de framskrivna fältytorna. Metoden kan beskrivas som en interpolering där värdet för ett godtyckligt bildelement skattas som ett vägt medelvärde av de spektralt närmaste fältytorna.

Hugin-systemet

Hugin-systemet är ett beräkningssystem för långsiktiga regionala konsekvensberäkningar med vars hjälp skogliga hushållningsstrategier kan analyseras. Användaren kan själv ange hur de olika åtgärderna skall utföras. Som exempel kan nämnas prioritering av åtgärder, omfattning och stamantal vid röjning, val av trädslag och dimension vid gallring samt hur den slutavverkade arealen skall föryngras. Andra faktorer som kan styras är t. ex.

transportavstånd eller om avverkningen skall begränsas på vissa ståndorter. Om inga individuella specifikationer anges kan beräkningarna göras enligt en standardrutin som formulerats på grundval av hur skogsbruket bedrivits under tidigare år och i princip begränsas av skogsvårdslagens tillämpning. Exempel på ytterligare standardiserade scenarier för framtida skogsskötsel kan hämtas från underlaget till Skogliga konsekvensanalyser 99 (Skogsstyrelsen, 2000) (se bilaga 1).

Resultaten redovisas i tioårsintervall och omfattar skogstillstånd, tillväxt, och utfallet från avverkningar i form av gallringar respektive föryngringsavverkning mm. Med separata biomassa-funktioner (Petersson, 1999) beräknas vidare utfallet som ton torrsvikt av stamved, grenar, toppar, bark och barr, uppdelat på trädslag och avverkningsform.

Typfallet Älvsbyns kommun

Avgränsningar, bearbetning av fältdata, satellitdata och kNN-skattningar

Beräkningar utfördes dels för produktiv skogsmark inom Älvsbyns kommun och dels för den andel produktiv skogsmark som är belägen inom ett terrängtransportavstånd på högst 300 m till befintliga vägar. Geografiska avgränsningar gjordes i Blå Kartan (1:100 000) med GIS-systemet ArcView och i samma moment avmaskades även naturreservat, biotopskyddade områden, vägar och kraftledning.

De satellitdata som användes vid beräkningarna var två Spots-scener. Den västra scenen registrerades 96-08-22 och den östra 96-09-07. Bilderna, som hade 20 m pixelstorlek, var geometriskt precisionskorrigerade till det svenska kartkoordinatsystemet RT90. För att få ett tillräckligt stort grundmaterial vad gäller fältdata utnyttjades fältdata från Riksskogstaxeringens provytor från åren 1990-1996. Provyternas tillstånd skrevs fram med tillväxtfunktioner till den tidpunkt då satellitdata registrerades (1996). Fältdatabasen kompletterades med koordinater för varje provyta samt de spektrala värdena för motsvarande pixel i satellit-bilden. Ytornas koordinater digitaliserades från kartor (i skala 1:10 000 eller 1:20 000) där ytcentrum markerats av Riksskogstaxeringens fältlag. Det spektrala värdet beräknades för Spotbildens samtliga spektralband. Fältdata från hela det område som täcktes av satellitbilderna utnyttjades för att på så sätt få ett större fältdataunderlag. Beräkningarna grundades på de 871 provytor som återstod sedan ca 20% av ytorna med den sämsta överensstämmelsen mellan fältdata och satellitbild sorterats bort. Med kNN-metoden beräknades skogstillståndet för varje bildelement i satellitbilden med de framskrivna ytornas data. I denna undersökning tilldelades varje pixel samma värde som dess spektralt närmaste fältyta ($k=1$). Med Hugin-systemet beräknades nuvarande virkesförråd, möjlig avverkning och möjligt bio-bränsleuttag samt beräkningar för fem tioårsperioder framåt.

Förutsättningar i Hugin

Skötsel-förutsättningarna baserades på den gällande skogspolitiken och på de principer för skogsskötsel som, enligt Riksskogstaxeringens provytor, tillämpats under mitten av 1990-talet. Med den gällande skogspolitiken avses 1979 års skogsvårdslag, skogsvårdsförordningen (1993:1096) och Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (SKSFS 1993:2). Lagen och dess bilagor innebär bl.a. att produktionsmålen och miljömålen skall jämnställas.

Nedan listas huvuddragen i det använda skötselprogrammet.

- Skogsvård - 50 % av föryngringsarealen självföryngras
 - 30 % av ungskogsarealen röjs
 - 2500-2800 stammar lämnas efter röjning
- Avverkning - Vid gallring av lövrika bestånd lämnas 55-60% av lövträden
 - För övrigt användes funktioner baserade på hur slutavverkningar och gallringar utförts under 1990-talet
- Miljöhänsyn - 5 % av arealen undantas helt från skogsbruk
 - 5 % av arealen drivs med naturvårdsinriktad skötsel
 - 2-4 naturvårdsträd / ha lämnas vid föryngringsavverkning
- Jordbruksmark Ingen aktiv beskogning av jordbruksmark

Resultat

Med givna skogsskötsel förutsättningar ger beräkningar i Hugin bilden av att den möjliga, uthålliga uttagsnivån av skogsbiomassa kommer att stiga från ca 170 000 ton TS/år med dagens avverkning till runt 190 000 ton TS/år mot slutet av beräkningsperioden (figur 2.). Därav utgör grot (grenar och toppar), från de konventionella avverkningar som förutsätts, 20-25% vilket motsvarar drygt 44 000 ton TS/år. De största mängderna grot (ca 70%) väntas från föryngringsavverkning där det genomsnittliga utfallet beräknas till ca 32 000 ton TS/år. Första gallringar beräknas ge grot motsvarande ca 6 000 ton TS (14%) och övriga gallringar ca 7 000 ton TS (16%) i genomsnitt per år.

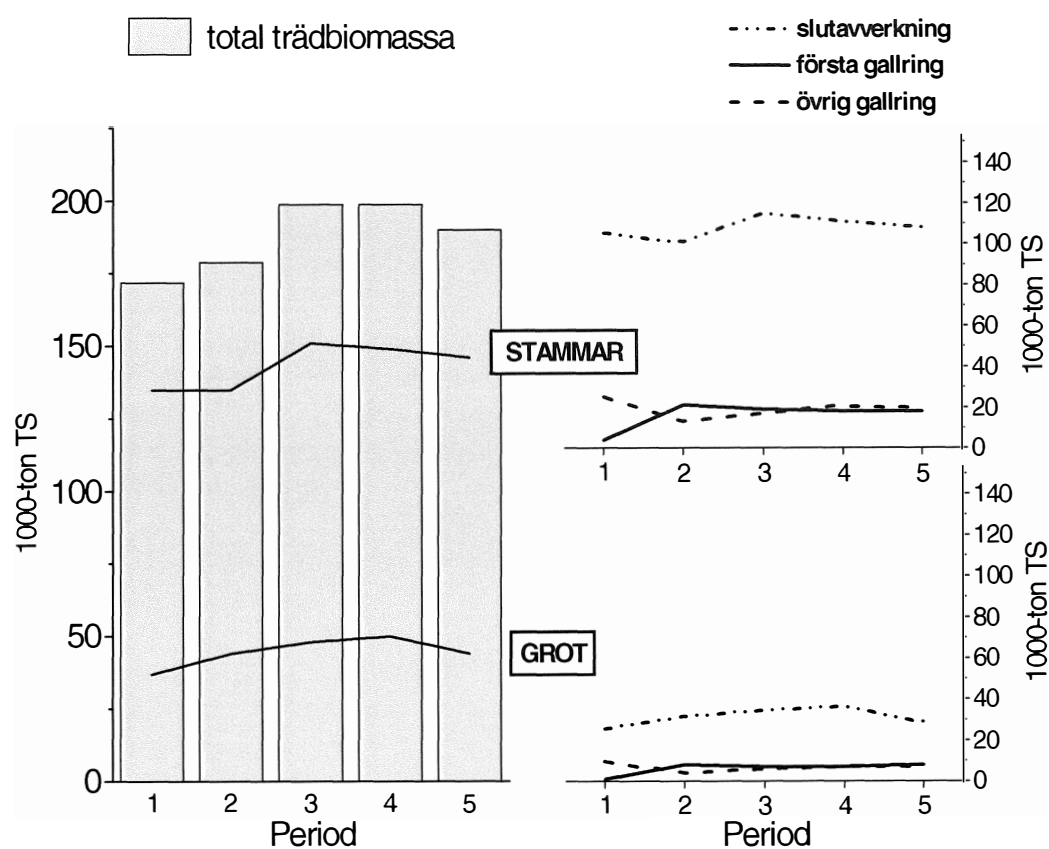
Det effektiva värmevärde för trädbiomassa är ca 5,33 MWh per ton TS (Nilsson 1999). Det totala trädbiomassauttaget som anges ovan motsvarar alltså ca 960 GWh/år varav ca 171 GWh/år faller ut som grot i föryngringsavverkningar och 69 GWh/år som grot i gallringar. Dagens system för uttag av grot medför ett spill på drygt 30 % som också bör dras av vid beräkning av vilka mängder som kan levereras under beräkningsperiodens första år.

Tabell 1. Årlig brutto-avverkning i Älvsbyns kommun (% av uttaget). Medelvärden för tio-årsperioder från skattning med Hugin.

Trädslag	Period				
	94 - 03	04 - 13	14 - 23	24 - 33	34 - 43
Tall	83	69	70	65	66
Gran	11	21	16	22	17
Contorta	0	0	0	1	2
Björk	5	9	10	11	14
Övrigt löv	1	1	4	1	1
TOTALT	100	100	100	100	100

Virkesförrådet i Älvsbyns kommun var vid utgångsläget (1996) drygt 12 milj m³sk. Under de närmaste tio-årsperioderna förväntas virkesförrådet öka till

drygt 13 milj m³sk. I avverkningarna beräknas tall utgöra ca 70% av uttaget medan gran och björk utgör 10 respektive 17% (tabell 1).



Figur 2. Årlig trädbiomassa som kan skördas inom Älvsbyns kommun under de närmaste 50 åren enligt konsekvensberäkning med Hugin. I figuren redovisas medelvärden för tio-årsperioder. Period 1= 1994-2003, Period 2= 2004-2013 osv.

När det gäller trädslagsfördelningen i den kvarvarande skogen beräknas tallandelen minska något, medan gran- och björkandelen ökar (tabell 2.).

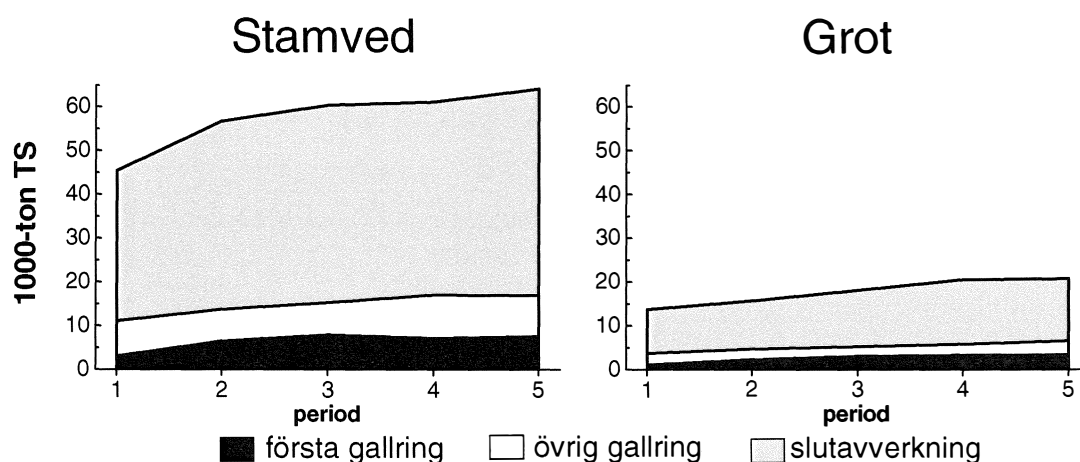
Tabell 2. Virkesförrådets fördelning på trädslag (% av stående skog) beräknat i tio-årsintervall under 50 år för Älvsbyns kommun. Skattning med Hugin

Trädslag	År					
	1994	2004	2014	2024	2034	2044
Tall	70	65	64	62	60	58
Gran	18	21	20	20	19	19
Contorta	0	0	1	1	2	2
Björk	10	12	13	14	15	17
Övrigt löv	1	2	3	3	4	5
TOTALT	100	100	100	100	100	100

Jämfört med dagsläget förutses även vissa förändringar i skogens åldersklassfördelning (tabell 3). I stora drag beräknas arealandelen skog i åldersklasserna upp till 80 år och skog äldre än 141 år ligga drygt 2 % högre under beräkningsperioden. Arealandelen i åldersintervallet 81-140 år beräknas däremot ligga runt 4 % lägre än idag.

Åldersklass	År						
	1994	2004	2014	2024	2034	2044	
0 -	22	21	23	26	27	25	
21 -	14	17	16	12	17	19	
41 -	13	12	14	19	16	13	
61 -	11	13	13	12	11	18	
81 -	12	8	10	10	10	7	
101 -	12	13	8	6	5	5	
121 -	11	10	7	7	5	3	
141 +	5	6	8	7	8	9	
TOTALT	100	100	100	100	100	100	

När det maximala terrängtransportavståndet sätts till 300 m från bilväg sjunker den beräknade utfallet till i genomsnitt 40% av vad som angivits för hela kommunens skogsmarksareal (figur 3). Grotmängderna blev för den första 10-årsperioden ca 14000 ton TS/år, varav ca 10000 ton TS från förnygringsavverkning. Under de följande 10-års perioderna beräknades utfallet öka till ca 20 000 ton TS / år varav ca 14 000 ton TS från förnygringsavverkning.



Figur 3. Beräknad utfall av trädbiomassa i form av stammar respektive grot inom Älvsbyns kommun när maximalt terrängtransportavstånd sätts till 300 m. Medelvärden för de fem närmaste tio-årsperioderna enligt konsekvensberäkning med Hugin.

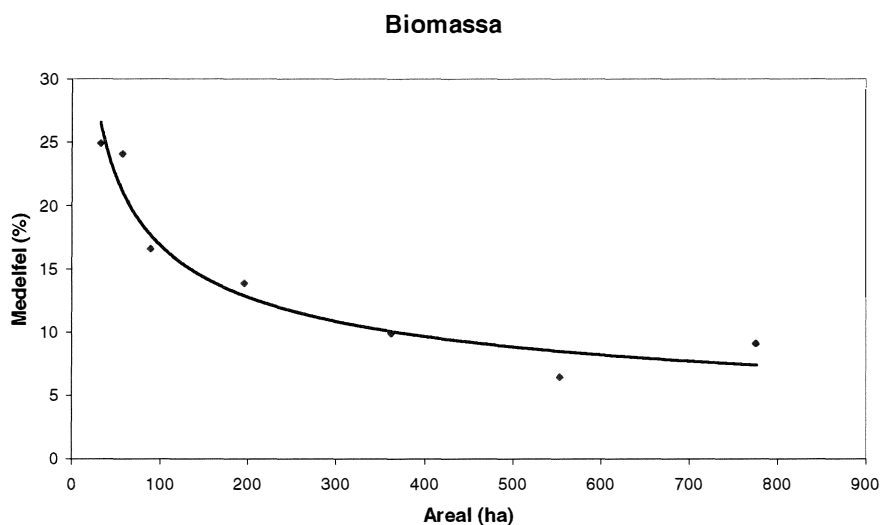
Diskussion och slutsatser

Det beskrivna arbetssättet framstår som en framkomlig väg för att skatta den lokala skogsbränsleresursen på skogsmark. Metoden drar nytta av tidigare erfarenhet av konsekvensanalyser med Hugin, baserade på Riksskogstaxeringens fältdata, samtidigt som introduktionen av kNN-skattningar ökar de båda komponenternas användbarhet och resultatens relevans för småskalig strategisk planering.

Då det är verkliga fältytor från Riksskogstaxeringen som bildar basen i metoden kan befintliga rutiner för bl.a. tillväxt- och utbytesberäkning enkelt appliceras på tilldelade data. Detta ger stor flexibilitet när skötsel- och avverkningsprogram skall utformas. Dessutom bör den förbättrade upplösningen underlätta planering av olika naturvårdshänsyn. Likaså kan kommunala eller statliga översiktsplaner användas för att identifiera områden där energibränsleuttag bör eller inte bör utföras. Genom att utnyttja fältdata från flera års inventeringar i Riksskogstaxeringen krävs inga ytterligare kostsamma fältinventeringar. Om förutsättningarna ändras, t.ex. genom nya skogspolitiska beslut och ändringar i Skogsstyrelsens rekommendationer kan detta snabbt införas i Hugin.

För att uppnå ett relativt medelfel för virkesförrådet som är lägre än 10 % genom att enbart använda Riksskogstaxeringens provytor, måste arealen uppgå till minst 100 000 ha (Anon 1999b, Li & Ranneby 1992). Tidigare studier har visat att utnyttjande av Landsat TM data tillsammans med Riksskogstaxeringens data med användning av kNN-metoden gav medelfelet 10 % vid en areal av 100 ha (Fazakas et. al. 1999). För biomassa var medelfelet ca 17 % vid arealen 100 ha och 10 % vid ca 450 ha.

I typfallet Älvsbyn gjordes ingen utvärdering av medelfelet för olika stora områden utan endast en enklare utvärdering på provytenivå. Resultaten visar att medelfelet var några få procentenheter högre än det för Vindelns kommun. Eftersom det i Vindeln fanns ett stort provytematerial (2500 cirkelytor med 10 m radie inom ett 6500 ha stort område) beräknades även medelfelet för olika områdesstorlekar. Exempelvis kan nämnas att medelfelet för biomassa även här var ca 10 % vid en områdesstorlek på 450 ha (Figur 4).



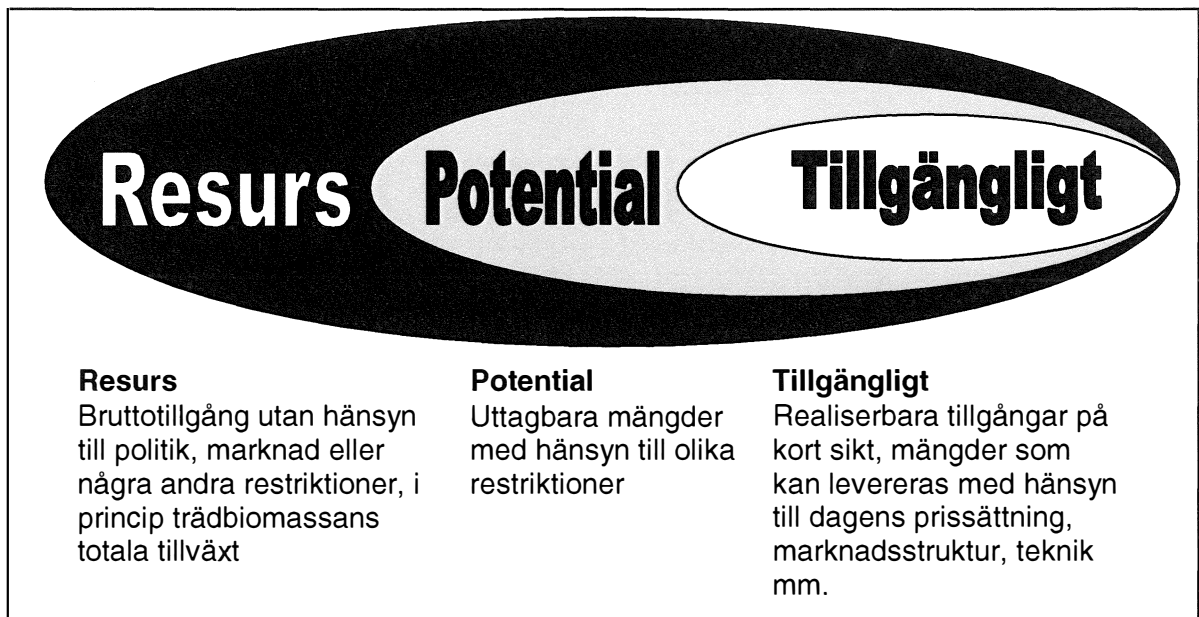
Figur 4. Medelfel i procent för biomassa vid olika områdesstorlek i Vindelns kommun.

I de flesta fall bör skogsbränsleresursens storlek och kommande utveckling kunna beräknas med godtagbar precision på områden ned till 200 ha storlek d.v.s. motsvarande en cirkelyta med knappt 800 m radie.

Först när skattningarna kan utföras på så små arealer blir det meningsfullt att specificera lokala preferenser och restriktioner för biobränsleresursens utnyttjande. I ett lokalt perspektiv framgår även nyttan med de detaljerade resultat som Hugin kan redovisa. Beräkningsenheten i konsekvensanalyserna är enskilda träd och därför kan utfallet presenteras uppdelat på trädslag och olika biomassafraktioner som barr, bark, stam, toppar respektive grenar.

När den beskrivna metoden används ges två olika möjligheter att göra individuella geografiska avgränsningar, dels på det digitala kartunderlaget och dels genom olika specifikationer inför beräkningarna i Hugin. Som exempel redovisas i typfallet Älvsbyn hur en begränsning av terrängtransportavståndet inverkar på det möjliga skogsbränsleuttaget. Det bör dock noteras att ingen hänsyn kunnat tas till nya vägar som kan komma att byggas i samband med framtida slutavverkningar. Detta leder till att det möjliga uttaget under senare delar av beräkningsperioden sannolikt har underskattats. Även andra typer av lokala avgränsningar kan specificeras. Det kan t.ex. gälla zoner mot vattendrag, sjöar och våtmarker. Sådana kantzoner kan villkoras utifrån data kopplade till storlek eller skyddsklassning. Det är också möjligt att undanta områden där det förväntade skogsbränsleutfallet blir för litet för att uttaget skall bli lönsamt från beräkningarna

I en allmän diskussion om skogsbränsleresursens storlek uppstår ibland oklarheter som beror på begreppsförvirring. Det kan då vara lämpligt att göra en tydlig uppdelning av vad som avses med möjligt uttag (Figur 5.). Den teoretiska maxnivån motsvarar total trädbiomassa men ett så stort uttag är inte förenligt med ett uthålligt brukande eftersom det skulle försämra möjligheterna för framtida uttag. En rimlig utgångspunkt för att bestämma resursens storlek är istället ett genomsnittligt uttag som motsvarar trädbiomassans tillväxt. Men det är sällan vare sig önskvärt eller möjligt att ta tillvara hela tillväxten. Dels finns miljö- och naturvårdsskäl till att avstå från uttag på en del av skogsmarksarealen. Dels finns tekniska och ekonomiska begränsningar för hur stor andel av trädbiomassan på återstående areal som det är vettigt att ta ut för energiändamål. Lönner m. fl. (1998) har efter indelning av Sverige i fyra balansområden konstruerat utbudskurvor där kostnaden per ton TS trädbränsle beskrivs för olika sortiment, beståndstyper, avverkningsformer, drivningsförhållanden etc. Genom att kombinera ett sådant principresonemang med skattningar av trädbränsleresursens storlek inom vardera balansområdet beräknades *det potentiella uttaget* på tio års sikt. Vad som skall ses som *tillgängliga mängder* är en bedömning på ett eller ett par års sikt grundad på dagens avverkningsmetoder, prissättning marknadsstruktur och teknik.



Figur 5. Princip för beskrivning av den lokala trädbränsleresursen

En generell svaghet i de beskrivna beräkningsmetoderna är att alla tillväxtfunktioner bygger på data om beståndsutveckling som uppmätts flera decennier bakåt i tiden. Dagens och framtidens unga och medelålders skogar får en annan struktur och sammansättning än skogarna där dessa mätningar gjorts. Även tillväxtförutsättningarna lär förändras till följd av annorlunda beståndsegenskaper, antropogent kvävenedfall och globala klimatförändringar. Därför är det rimligt att anta att ju längre fram i tiden beräkningar görs desto sämre blir skattningarnas tillförlitlighet. Likväl innebär detaljupplösningen som uppnås, genom att foga kNN-skattningar till data från Riksskogstaxeringen och sedan göra konsekvensanalyser med Hugin, bättre anpassning till skiftande lokala förutsättningar jämfört med tidigare analyser för balansområden eller hela län.

I det fortsatta arbetet med att utveckla metoden kommer många arbetsmoment som nu är manuella att automatiseras så att beräkningarna blir effektivare och metoden mer användarvänlig. Nya planeringsmodeller och beslutsstödjande system för skogsbruk är också under utveckling (Dahlin m.fl. 1997). På sikt väntas mer dynamiska beräkningsprogram skapade inom Heureka-projektet kunna inkluderas som alternativ till Hugin.

Metoden bör med fördel kunna utnyttjas för att ta fram underlag till kommunala energistrategiplaner. Även enskilda större skogsägare eller grupper av skogsägare, byalag och liknande, kanske med planer på att bilda värmekooperativ, kan få användning av den. Likaså när beslut skall fattas om pågående och planerad verksamhet baserad på skogsbränsle bör den beskrivna metoden kunna ge ett bra underlag. Bättre tillgång och sjunkande pris på satellitbilder med lämplig upplösning väntas också underlätta ytterligare spridning av metodens användning

Referenser

- Anon. 1999a. Instruktion för Fältarbetet vid Riksskogstaxeringen. SLU, institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Umeå, Sverige.
- Anon. 1999b. Skogsdata 99 – Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från riksskogstaxeringen. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Umeå.
- Dahlin, B., Ekö, P-M., Holmgren, P., Lämås, T. & Thuresson, T. 1997. Heureka – en modell för skogshushållning. SLU, Skogsvetenskapliga fakulteten. Rapport 17. Uppsala.
- Elfving, B. 1982. Hugins ungskogstaxering 1976-1982. - Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Survey, HUGIN report no 27, 87 pp. (In Swedish.)
- Energimyndigheten 1999. Energiläget 1999. ET 81:1999. Eskilstuna.
- Fazakas, Z., Nilsson, M. & Olsson, H. 1999. Regional forest biomass and wood volume estimation using satellite data and ancillary data. *Agricultural and forest meteorology* 99-99 (1999) 417-425.
- Hägglund, B. 1985. En ny svensk riksskogstaxering. SLU, institutionen för skogstaxering, Rapport 37. Umeå, Sverige.
- Lundström, A., Nilsson, P. & Söderberg, U. 1993. Avverkningsberäkningar 1992, Länsvisa resultat. SLU, Inst för skogstaxering. Rapport 56. Umeå.
- Lundström, A. & Söderberg, U. 1996. Outline of the Hugin system for long-term forecasts of Timber yields and possible cut. *EFI proceedings* 5: 63-67.
- Lönner, G., Danielsson, B-O., Vikinge, B., Parikka, M. Hektor, B & Nilsson, P-O. 1998. Kostnader och tillgänglighet för trädbränslen på medellång sikt. SLU, Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier. Rapport 51.
- Nilsson, M. 1997. Estimation of forest variables using satellite image data and airborne lidar. *Sveriges lantbruksuniversitet, Silvestria* 17. Umeå.
- Nilsson, P-O. 1999. Energi från skogen. P-O.Nilsson (red.) SLU, SLU Kontakt 9.
- Nyström, K. 2000. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Arbetsrapport 68.
- Parikka, m. 1997. Biosims – a method for the estimation of woody biomass for fuel in Sweden. *Sveriges lantbruksuniversitet. Silvestria* 27. Uppsala.
- Petersson, H. 1999. Biomassafunktioner för trädfractioner av tall, gran och björk i Sverige. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Arbetsrapport 59 (In Swedish).
- Ranneby, B., Cruse, T., Hägglund, B., Jonasson, H. And Svärd, J. 1987. Designing a new national forest survey for Sweden. *Studia Forestalia Suecica*, Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forestry, Report No. 177. Uppsala, Sweden.
- Reese, H. & Nilsson, M. 1999. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. *Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Resource Management. Working Paper* 53. Umeå, Sweden.
- Skogsstyrelsen 2000. Skogliga Konsekvensanalyser 1999, SKA99. Skogsstyrelsen. Jönköping
- Sveriges Riksdag 1997. Protokoll 1996/97:117. 4 § En uthållig energiförsörjning.
- Söderberg, U. 1986. Functions for forecasting of field yields. *Swedish University of Agricultural Sciences, Section of Forest Mensuration and Management, report* 14, 251 pp. Umeå.
- Tokola, T., Pitkänen, J., Partinen, S., Muoninen, E.,. 1996. Point accuracy of a non-parametric method in estimation of forest characteristics with different satellite materials. *Int. J Rem. Sensing* 17, 2333-2351.
- Tomppo, E. 1990. Designing a satellite image-aided national forest survey in Finland. The usability of remote sensing for forest inventory and planning. In: *Proceedings from SNS/IUFRO workshop in Umeå 26-29 February 1990. Swedish University of Agricultural sciences, Remote Sensing Laboratory. Report* 4, pp. 43-47. Umeå.
- Tomppo, E. 1993. Multi-source national forest inventory of Finland. In: *Proceedings of the Ilvessalo symposium on national forest inventories, August 17-21, Finland.*

Elva olika scenarier använda i SKA99, Skogliga konsekvensanalyser 99.

1. **"90-talets skogsbruk"**
Scenariot skall visa på skogens möjligheter om skötseln fortsätter som under mitten av 1990-talet. Nuvarande och redan utfäst framtida naturvård kommer att implementeras i beräkningarna.
2. **"90-talets skogsbruk utan naturhänsyn"**
I detta scenario kommer bara formellt skyddade arealer som nationalparker, redan existerande och planerade naturreservat samt existerande och planerade biotopskydd att utgöra naturvård. På övrig skogsmark bedrivs ett rent produktionsinriktat skogsbruk utan generell hänsyn.
3. **"90-talets skogsbruk med fördubblade naturvårdsambitioner"**
I detta scenario kommer naturvårdsambitioner att höjas betydligt jämfört med 90-talets nivå. I princip skall de ansatta naturvårdsambitioner i detta scenario ligga på en nivå motsvarande 200% av dagens ambitioner.
4. **"90-talets skogsbruk med högre förnygringsambitioner"**
Detta scenario syftar till att undersöka effekterna av att höja förnygringsambitioner från dagens nivå till en nivå som motsvarar det skogspolitiska målet d.v.s. minst på 80-talets nivåer.
5. **"90-talets skogsbruk med högre röjningsambitioner"**
Röjningsarealerna har minskat kraftigt under 90-talet. I detta scenario kommer arealen röjning att ökas kraftigt så att de motsvarar arealen röjning under 80-talet.
6. **"90-talets skogsbruk med halverade viltskador"**
Skador orsakade av viltbete påverkar trädens produktion och kvalitet och förmodligen även skogsägarens trädslagsval. I detta scenario analyseras effekterna av en halvering av betesskadefrekvensens.
7. **"Intensivare skogsskötsel med större miljöhänsyn"**
I detta scenario skall skogsskötseln inom ramen för den nuvarande skogsmarksarealen förändras i en produktionspositiv riktning. Detta skall skapa utrymme för högre avverkningsnivåer kombinerat med större skogsbränsleproduktion samt mer och bättre naturvård
8. **"Intensivare skogsskötsel med naturvårdsambitioner på 90-talets nivåer"**
På samma sätt som i ovanstående scenario har skogsproduktionen inom ramen för den nuvarande skogsmarksarealen ökats. Skillnaden ligger i att naturvård implementeras såsom i scenariot "90-talets skogsbruk".
9. **"90-talets skogsbruk med högre skogsbränsleuttag"**
I detta scenario förutsätts en ökning i skogsbränsleanvändningen på ca 2% per år fram till år 2020. I ytterligare 30 år antas en årlig ökning på 1%. Dessa nivåer skall nås genom att utnyttja mer och mer av olika skogsbränslekällor i följande prioritetsordning.
 1. Nuvarande producerad mängd skogsbränsle.
 2. Ytterligare uttag av GROT i förnygringsavverkning upp till 75% av den totala GROT-mängden.
 3. Toppar i förnygringsavverkning ned till 10 cm i grovändan. Uttag på upp till 100% av tillgänglig areal.
 4. Uttag av skogsbränsle i "röjningsgallring".
10. **"90-talets skogsbruk med mycket stora skogsbränsleuttag"**
I detta scenario beräknas bruttotillgången på skogsbränsle givet att skogen sköts enligt scenariot 90-talets skogsbruk, men med skillnaden att toppar tas ut ned till 10 cm (ub) i alla förnygringsavverkningar och att "röjningsgallring" utförs på alla, för åtgärden lämpliga bestånd.
11. **"Intensivare skogsskötsel med mycket stora skogsbränsleuttag"**
I detta scenario beräknas bruttotillgången på skogsbränsle givet att skogen sköts enligt scenariot "intensivare skogsskötsel med större miljöhänsyn", men med skillnaden att toppar tas ut ned till 10 cm (ub) i alla förnygringsavverkningar och att "röjningsgallring" utförs på alla, för åtgärden lämpliga bestånd.

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

Riksskogstaxeringen:

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997 23 Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24 Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998 30 Fridman, J. & Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37 Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999 50 Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.
- 52 Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. - Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.
- 54 Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.
- 56 Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE.
- 57 Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE.

- 1999 61 Broman, N & Christoffersson, J. Mätfel i provträdsvariabler och dess inverkan på precision och noggrannhet i volymskattningar. ISRN SLU-SRG-AR--61--SE.
- 2000 65 Hallsby, G m.fl. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE.

Planering och inventering:

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRGL-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings-simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE.
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE.
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE.
- 63 Fridman, J., Löfstrand, R. & Roos, S. Stickprovvis landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--63--SE.

Biometri:

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SEG-AR--22--SE.
- 1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution. ISRN SLU-SRG-AR--64--SE

Fjärranalys:

- 1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 29 Hagner, O. Textur till flygbilder för skattning av beståndsegenskaper. ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing. ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.
- 53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.

Kompendier och undervisningsmaterial:

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.
- 1999 58 Holm, S. samt studenter vid Sveriges lantbruksuniversitet i samband med kurs i strategisk och taktisk skoglig planering år 1998. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverknings beräkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--SE.

Examensarbeten:

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.

- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur L.*) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla föryngringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SLU-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur L.*) Examensarbete. ISRN SLU-SEG-AR--35--SE.

- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provvytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet Fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.
- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonsekvenser med olika miljömål. Examensarbete för Skogsstyrelsen. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE

Internationellt:

- 1998 39 Sandewall, Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.
- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.
- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory (NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.
- 1999 60 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and Lao PDR, April 12-30, 1999. Edited by Mats Sandewall ISRN SLU-SRG-AR--60--SE.