



Skogsmarksgödsling

- en ekonomisk analys av olika gödslingsstrategier för ett skogsinnehav i norra Sverige

Marcus Bergsten

Arbetsrapport 148 2005

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 83 62

Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG--AR--148--SE

FÖRORD

Detta examensarbete har utförts på institutionen för geomatik och resurshushållning vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Arbetet motsvarar 20 poäng och ingår som en del av Jägmästarprogrammet. Initiativtagare och uppdragsgivare till arbetet är Sveaskog i Kalix som önskade en utvärdering av olika ekonomiska modeller som berör skogsgödsling. Min handledare Hans Winsa, Sveaskog, har bidragit med värdefulla synpunkter och kommentarer under arbetets gång. Vid SLU har Peder Wikström agerat ovärderlig handledare då han hjälpt till att hitta konstruktiva lösningar på de problem som dykt upp. Tack till mina handledare samt övriga på Sveaskog och SLU som hjälpt till under arbetets gång.

Marcus Bergsten Umeå 20050831

SAMMANFATTNING

Detta examensarbete analyserar de ekonomiska effekterna av olika gödselprogram i enskilda bestånd samt på innehavsnivå på Sveaskogs innehav i Kalix beräkningsområde. Arbetet omfattar olika ekonomiska modeller och ska fungera som beslutsstöd vid budgetarbete inför år 2006 där Sveaskog står inför beslut om storskalig satsning på gödsling.

Studien omfattar analyser av ekonomin i fem utvalda gödslingsprogram för vilka räntan på gödslingsinvesteringar samt produktionskostnad för den framgödslade volymen beräknats. En del av studien omfattar gödslingsinvesteringar på innehavsnivå där skillnad i avverkningsnivå samt nuvärdesökning för de olika programmen beräknats på innehavsnivå. De gödslingsprogram som ingår i studien är baserade på resonemanget att gallring eller slutavverkning ska ske tio år efter gödsling för att minska den tid som det investerade kapitalet är bundet och gödslingseffekten utnyttjats.

Av de program som ingår i studien ger gödsling tio år innan slutavverkning högst förräntning på det investerade kapitalet. Gödsling tio år innan gallring ger upphov till virke som är billigare att framställa per kubikmeter jämfört med gödsling innan slutavverkning. Högsta nuvärde och störst avverkningsbar volym ger programmet som innebär gödsling tio år innan alla gallringar och slutavverkning.

SUMMARY

The purpose of this study is to analyze the economic effects of different fertilization programs both on stand- and forest-level. The study is applied on an objective sample of inventory data for a forest area in Kalix in northern Sweden. The forest area belongs to the forest company Sveaskog. The study includes different economic models and will be used as a support when the company decides how to invest and how much to invest in fertilization.

The study investigates the economy of five different fertilization policies. For each program the rate of interest invested in fertilization and the cost for the extra produced volume has been calculated. One part of the study includes fertilization at a forest-level context and the results show how the different programs affect annual cut volume and NPV (net present value). The programs included in the study are based on the theory that fertilization should be carried out ten years before thinning or clear cutting because then the invested capital is not bound longer than necessary and the fertilization effect has been utilized.

Among the programs included in the study, fertilization ten years before clear cutting gives the highest interest on invested capital. Fertilization ten years before thinning produces extra volumes to a lower cost than fertilization ten years before clear cutting. Fertilization before all thinning and clear cut gives the highest NPV and highest annual cut volume. A program with fertilization before all harvest activities makes it possible to increase the annual cut volume with 7-12 % on forest-level depending on demands on interest and tolerance to fluctuation in harvested volume between periods.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	5
1.1 Bakgrund.....	5
1.2 Studiens syfte	5
2. DATA & ANALYSVERKTYG	6
2.1 Baskrav för gödsling	6
2.2 Prislistans utformning:	6
2.3 Utformning av gödslingsprogram	6
2.4 Data	7
2.5 Prognosinstrument: Bestånds nivå	7
2.6 Prognosinstrument: Innehavsnivå	8
2.7 Studiens upplägg: Bestånds nivå.....	8
2.8 Studiens upplägg: Innehavsnivå.....	9
2.9 När skördas effekten från gödsling?	10
2.10 Utförda analyser	10
2.11 Lönsamhetsbegrepp	10
3 RESULTAT	12
3.1 Bestånds nivå	12
3.1.1 Endast gödsling innan nästkommande gallring (gödslingsprogram 1) .	12
3.1.2 Gödsling innan varje nästkommande gallring (gödslingsprogram 2) ...	12
3.1.3 Gödsling endast 10 år innan slutavverkning (gödslingsprogram 3).....	13
3.1.4 Gödsling 10 år innan sista gallring och slutavverkning (gödslingsprogram 4)	13
3.1.5 Gödsling 10 år innan varje gallring och innan slutavverkning (Gödslingsprogram 5)	14
3.2 Innehavsnivå	14
3.2.1 Konsekvens av restriktioner på nuvärde	14
3.2.2 Redovisning av gödslingsprogram	15
4. DISKUSSION	19
5. REFERENSER.....	21

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Det skogsbruk som bedrivs av alla skogsbolag idag har krav på hög virkesproduktion samtidigt som ökande avsättningar till naturvård av framför allt gammal skog minskar den areal på vilken virkesproduktion kan bedrivas. Dessa förutsättningar gör att den areal som brukas måste producera mer i framtiden än vad den gjort fram till idag för att kunna försörja industrin med råvara. För att öka produktionen på skogsmark är gödsling ett alternativ som på kort och lång sikt kan påverka vilka volymer som finns tillgängliga för avverkning (Jacobson & Pettersson 2003).

Historiskt sett har gödsling använts på betydligt större arealer än idag men en allt starkare miljödebatt bidrog sannolikt till att minska omfattningen av gödslingen. Den intensiva forskning som bedrivits på miljöeffekter efter gödsling har visat att de negativa effekterna på mark och vatten inte är så omfattande som först befarats, miljöbelastningen på det framgödslade virket kan t.o.m. vara lägre än på det ej framgödslade och nu har ämnet gödsling som produktionshöjande åtgärd aktualiserats (Loviken 1994). Gödsling har historiskt i störst omfattning utförts 10 år innan slutavverkning. Gödslingseffekten varar i norra Sverige 8-10 år och detta medför att gödsling 10 år innan slutavverkning ansetts ekonomiskt väldigt lönsamt då kapitalet investerat i gödsling bundits under relativt kort tid. En normalgiva på 150 kg kväve ger upphov till 13-18 m³sk extra virke vid slutavverkning. Tillväxtökningen blir några m³sk större i norra Sverige jämfört med södra. Vinsten vid gödsling består av volym- och dimensionseffekt. Volymeffekt innebär att den stående volymen ökar vid en gödslingsåtgärd. Dimensionseffekt betyder att träden efter gödsling blir grövre. Detta bidrar till ett ökat pris per kubikmeter kombinerat med sänkta avverkningskostnader då grova träd är billigare att avverka per volymenhet. Vid studier på de ekonomiska effekterna av gödsling är det viktigt att fånga båda faktorerna då ca 55-65 % av vinsten utgörs av volymeffekt och resterande av dimensionseffekt (Pettersson 1996).

1.2 Studiens syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka vilka ekonomiska effekter som olika gödselprogram i enskilda bestånd samt på innehavsnivå medför för Sveaskogs innehav i Kalix beräkningsområde. Arbetet omfattar olika ekonomiska modeller och ska fungera som beslutsstöd vid budgetarbete inför år 2006 där Sveaskog står inför beslut om storskalig satsning på gödsling.

2. DATA & ANALYSVERKTYG

2.1 Baskrav för gödsling

För att gödsling ska ge god tillväxteffekt och goda förutsättningar till bra ekonomiska enligt Pettersson (1996), ett bestånd uppfylla följande sju baskrav.

1. Fastmark <30 cm humus
2. Podsol
3. Ståndortsindex 16-28
4. Lägst förstagallringsskog
5. Minst 80 % tall + gran
6. Frisk och välsluten skog
7. Ingen avverkning under effektperioden

Dessa baskrav har följts genom hela studien undantaget krav på lägst förstagallringsskog då gödsling i vissa fall simulerats tio år innan förstagallring samt att inga bestånd har sorterats bort p.g.a. att de inte anses friska och välslutna.

2.2 Prislistans utformning:

För att kunna fånga både volym- och dimensionseffekt vid gödsling har en prislista med ett pris per diameterklass konstruerats. Prislistan är baserad på statistik från VMF Nord under perioden 2004-02-04 till 2005-02-03 (Muntlig referens Stig Jonsson VMF Nord) och Sveaskogs prislista "Original prislista 109 justerad för klen timmer och specialsortiment". Statistiken visar utfallet på kvalitetsklasser per diameterklass på det virke som VMF Nord mätt in norr om Skellefteå under tidsperioden. Sveaskogs prislista visar pris per kvalitét och diameterklass. Den prislista som ligger till grund för studierna är en kombination av prislista och statistik där ett medelpris per diameterklass räknats fram (För vidare information om konstruerad prislista se bilaga 1). Effekten av sänkta avverkningskostnader vid grövre diametrar fångas av Sveaskogs tidsåtgångsfunktioner från 2003 för skördare och skotare. På begäran av Sveaskog redovisas inte dessa funktioner.

2.3 Utformning av gödslingsprogram

Vid val av gödslingsprogram för de ekonomiska analyserna har fem program som inkluderar gödsling utvärderats. Utformningen av programmen har baserats på resonemanget att gödsling ska ske 10 år innan gallring eller slutavverkning för att så fort gödseffekten avtagit skörda åtminstone en del av resultatet från investeringen. Detta resonemang gynnar den ekonomiska vinsten med gödsling (Eriksson 1988). Två av de utvärderade gödslingsprogrammen innefattar gödsling innan gallring men inte innan slutavverkning. Båda dessa program är av intresse då de visar hur en specifik gödsling förräntar sig oavsett om beståndet gödslas igen senare under omloppstiden. Det kan ur investeringssynpunkt vara intressant att veta hur investering i gödsling innan gallring förräntar sig då ett

investeringsprogram som sträcker sig över en längre tidsperiod av någon anledning måste avbrytas. De utvärderade programmen anges i tabell 2.1

Tabell 2.1 Typ av gödslingsprogram som har utvärderats.

Program	Beskrivning av gödselprogram	Antal gödslingar
0	Referensprogram, högsta möjliga nuvärde utan gödsling	0
1	Gödsling 10 år innan nästa gallring.	1
2	Gödsling 10 år innan alla gallringar	>0
3	Gödsling 10 år innan slutavverkning	1
4	Gödsling 10 år innan sista gallring och 10 år innan slutavverkning	1-2
5	Gödsling 10 år innan alla gallringar och slutavverkning.	>0

2.4 Data

De beståndsdata som ligger till grund för studien är hämtade från en inventering enligt Indelningspaketets inventeringsrutiner (Jonsson m.fl.1993). Beståndsdata representerar Kalix beräkningsområde, en del av Sveaskogs innehav. Materialet som ingår i studien består av 196 bestånd som representerar en total areal på ca 130 000 ha där 105 st av dessa bestånd representerar en areal på ca 84 000 ha som uppfyller baskraven för gödsling (för info om baskraven se 2.1).

2.5 Prognosinstrument: Beståndsnivå

För att generera skötselprogram med och utan gödsling i bestånden har Ecostand, en datorbaserad skötselmodell använts (Wikström 2002). Ecostand utgår från ett matematiskt formulerat optimeringsproblem bestående av en målfunktion och ett antal restriktioner där programmet letar efter de gallrings- och slutavverkningstidpunkter som ger optimalt värde på målfunktionen. Skötselmodellen är baserad på funktioner för tillväxt på enskilda träd, samma som de som används i Indelningspaketet (Söderberg 1986). Med Ecostand har dels de skötselprogram som redovisas på beståndsnivå samt de skötselprogram som utgör underlag för studier på innehavsnivå genererats. Gödslingseffekten har beräknats med SkogForsks prognosfunktioner för beräkning av tillväxteffekt vid kvävegödsling (Pettersson 1994). Orsaker till att Ecostand användes istället för Indelningspaketet är metodmässiga och praktiska. Till de förra hör att Petterssons funktioner (1994) skulle användas istället för de äldre funktionerna som används i Indelningspaketet, samt att Indelningspaketets implementering av gödslingsfunktioner inte medger en direkt prognostisering av tillväxtökningen, utan gödslingseffekten simuleras genom att manipulera tillväxtperiodens längd. Detta försvårar de ekonomiska analyserna som skulle göras här. Praktiska skäl omfattar bland annat att enkelt kunna ändra i tillväxtmodellen, att enkelt kunna jämföra identiska program som bara skiljer sig med avseende på om gödslings sker eller ej, att direkt kunna beräkna internräntor, att enkelt kunna detaljstudera alternativ som inte finns tillgängliga med Indelningspaketet, och att kunna studera andra tillståndsvariabler än de som rapporteras i Indelningspaketet.

2.6 Prognosinstrument: Innehavsnivå

För att kombinera de olika skötselprogram som genererats med Ecostand över hela innehavet har ett planeringsverktyg som utvecklats inom forskningsprogrammet Heureka använts (Lämås 2003, Wikström 2004). Verktyget är ett optimeringsprogram som kan användas för att planera stora skogsinnehav och för att skapa en strategisk plan som uppfyller de mål och krav som finns på verksamheten. Målet med verksamheten är i denna studie att maximera nuvärdet under varierande förutsättningar där en rad olika restriktioner och möjligheter till olika gödslingsprogram leder till varierande resultat.

2.7 Studiens upplägg: Beståndsnivå

Framskrivning av beståndens utveckling sker för period 1-21 där varje period är 5 år och period 1 representerar åtgärd idag. Detta medför att prognos för bestånden kan följas 100 år framåt eller fram till avverkning i en tidigare period, varefter ny skog etableras. För att kunna räkna fram lönsamheten på en gödslingsinvestering har gallringstidpunkten i det gödslade programmet, vid analyser på beståndsnivå, låsts till samma period som gallring utförts i referensprogrammet utan gödsling. Denna metod att fastställa gallringstidpunkt medför att intäkt från gallring och slutavverkning sammanfaller både vid gödslade och ogödslade skötselprogram. Skötselprogrammen som ligger till grund för fortsatta studier på gödslingsekonomi på beståndsnivå har genererats enligt följande förutsättningar.

1. Skötseln i referensprogrammet syftar till att maximera nuvärdet utan gödsling.
2. Gallringstidpunkt i gödslat program är låst till samma period som gallring utförts i referensprogram utan gödsling.
3. Vid fastställandet av referensprogrammet kan nästkommande gallring senareläggas max 2 perioder jämfört med föreslagen gallringstidpunkt i gallringsmall och slutavverkning kan senareläggas max 5 perioder jämfört med skogsvårdslagets lägsta slutavverkningsålder (LSÅ).
4. Gallring utförs enligt gallringsmall, oavsett om beståndet sköts enligt referensprogram utan gödsling eller med något av gödslingsprogrammen. Den gallringsmall som använts är samma som de som används i Huginssystemet (Lundström, A., Söderberg U. 1996 och Eriksson, B. 1981).
5. Gallringsstyrka får inte överstiga 35 % av grundytan, oavsett vad gallringsmallen anger.
6. Röntan har varierats mellan 2 och 4 %, med 0.5 procentenheters intervall.
7. Om ett bestånd ska gödslas måste minst halva arealen uppfylla baskraven för gödsling (undantag för ålder då gödsling kan ske tio år innan förstagallring).

2.8 Studiens upplägg: Innehavsnivå

Målet med skötseln på innehavsnivå är liksom på beståndsnivå att maximera nuvärdet.

Studierna på innehavsnivå har utförts genom att använda de av Ecostand genererade skötselprogrammen i alla bestånd som tillsammans representerar Kalix beräkningsområde.

Vid optimal skötsel i varje enskilt bestånd för att maximera nuvärdet kan den rådande åldersklassfördelningen eller ett hårt ställt räntekrav leda till hårda avverkningar i vissa perioder. För att åstadkomma en viss stabilitet i virkesflöden och skapa ett uthålligt skogsbruk har restriktioner införts. För information om vilka restriktioner som använts och vilken inverkan de har på nuvärdet se tabell 3.6.

För att kunna nå de krav restriktioner medför måste en förändring av skötseln i bestånden ske där gallrings- och avverkningstidpunkter flyttas. För att kunna nå en uppsatt restriktion måste det alltså finnas skötselalternativ att välja bland. Ecostand har således använts för att i de förberedande körningarna inför studier på innehavsnivå generera de upp till tjugo lönsammaste alternativen inom varje gödslingsprogram. Dessutom har ett antal program genererats för ny skog som etableras efter slutavverkning. Vilket skötselprogram som sedan väljs varierar beroende på vilka restriktioner som ingår i simuleringen på innehavsnivå.

De skötselprogram som genererats av Ecostand för att användas vid vidare studier av gödslingsekonomi på innehavsnivå är baserade på samma fem program som studierna på beståndsnivå. Framskrivning av beståndens utveckling sker för period 1-21 där varje period är 5 år och period 1 representerar åtgärd idag. Prognos för bestånden kan följas 100 år framåt. En väsentlig skillnad i de program som ingår i studien på innehavsnivå är att gallringstidpunkt och avverkningstidpunkt inte styrts för att sammanfalla med referensprogrammets.

Skötselprogrammen som ligger till grund för fortsatta studier på gödslingsekonomi på innehavsnivå har genererats enligt följande förutsättningar.

1. Skötseln i referensprogrammet syftar till att maximera nuvärdet utan gödsling.
2. Skötseln i gödslingsprogrammen syftar till att maximera nuvärdet utan hänsyn till när referensprogrammet gallrats eller slutavverkats.
3. Vid fastställandet av gallringstidpunkt och slutavverkningstidpunkt (i samtliga gödslingsprogram) kan nästkommande gallring senareläggas max 2 perioder jämfört med föreslagen gallringstidpunkt i gallringsmall och slutavverkning kan senareläggas max 5 perioder jämfört med LSÅ
4. Gallring utförs enligt gallringsmall oavsett om beståndet sköts enligt referensprogram utan gödsling eller enligt något av gödslingsprogrammen. Den gallringsmall som använts är samma som de som används i Huginsystemet (Lundström, A., Söderberg U. 1996 och Eriksson, B. 1981).

5. Gallringsstyrka får inte överstiga 35 % av grundytan.
6. Räntan har varierats mellan 2 och 4 %, med 0.5 procentenheters intervall.
7. Om ett bestånd ska gödslas måste minst halva arealen uppfylla baskraven för gödsling (undantag för ålder då gödsling kan ske tio år innan förstagallring).
8. Upp till tjugo alternativa skötselprogram genereras för den första generationen skog, samt ett total programalternativ för skog som nyetableras efter slutavverkning.

2.9 När skördas effekten från gödsling?

En följd av att alla bestånd gallras enligt gallringsmall oavsett om de sköts enligt ett program med eller utan gödsling är att delar av gödslingsinvesteringar innan gallring kommer att förräntas under resten av beståndens omloppstid. Hela den framgödslade volymen avverkas inte i nästkommande gallring och detta medför att beståndet har en större volym efter gallring jämfört med referensprogrammet utan gödsling. Denna volym kommer delvis att avverkas i en eventuell nästa gallring för att slutligen helt plockas ut vid slutavverkning. En bestående effekt av en gödsling är att förhållandet mellan trädstorlek (diameter) och ålder förändras. Detta gör att träden växer annorlunda än om ingen gödsling hade skett. Generellt kan man med hjälp av tillväxtmodeller utläsa att ett yngre träd med en stor diameter i relation till ålder växer snabbare än ett träd med samma ålder men med en mindre diameter. För äldre träd kan emellertid det omvända gälla. Effekten är alltså inte entydig och en tillväxtsimulator som använder sig av dessa funktioner är till hjälp för att kunna utvärdera de totala effekterna av gödsling.

2.10 Utförda analyser

På beståndsnivå har internränta, kostnad per framgödslad m³sk, nuvärdesdifferens och den extra volym som gödslingen gett upphov till beräknats. Dessa beräkningar har utförts på samtliga skötselprogram vid olika förräntningskrav på skogsbruket. På innehavsnivå har nuvärdesökning och ökade avverkningsmöjligheter för gödslingsprogrammen beräknats. Detta har skett vid samtliga förräntningskrav och vid olika restriktioner som styr avverkningsnivåer, slutförråd och gallringsandel.

2.11 Lönsamhetsbegrepp

Internräntan på en gödslingsinvestering har räknats fram genom att alla extra intäkter gödslingsprogrammet gett upphov till i efterföljande gallringar och slutavverkning har diskonterats med en viss ränta det antal år som gått mellan gödslingsprogrammets start och respektive avverkningsåtgärd. Vid skötselprogram med upprepade gödslingar har gödslingskostnaden för de upprepade gödslingarna också diskonterats med den aktuella räntan. Internräntan är den ränta som ger att summan av alla diskonterade framtida extra intäkter i ett gödslingsprogram sammanfaller med summan av alla diskonterade gödslingskostnader. Dess värde beräknas genom iterering. Internräntan kan användas för att jämföra gödslingsinvesteringar med andra investeringsalternativ.

Kostnaden per framgödslad m³sk har i denna studie beräknats genom att fördela det belopp som investerats i gödsling på den extra tillväxt som gödslingen förväntas ge. Det är denna kostnad som redovisas som kostnad per framgödslad skogskubikmeter (kr/m³sk). Kostnaden räntebelastas normalt inte då den förväntade tillväxtökningen från gödsling direkt kan avverkas i andra bestånd. Denna kostnad kan jämföras med kostnad för anskaffning av virke externt genom köp.

Nuvärdesdifferens är ett mått på hur stor den procentuella ökningen av nuvärdet blir vid gödsling. Nuvärdesdifferens beräknas enligt följande formel. (Nuvärde med gödsling – nuvärde utan gödsling) / nuvärde med gödsling * 100.

3 RESULTAT

3.1 Beståndsnivå

De fem gödslingsstrategierna redovisas separat nedan.

3.1.1 Endast gödsling innan nästkommande gallring (Gödslingsprogram 1)

I tabell 3.1 presenteras resultat för gödslingsstrategin som innebär att gödsling endast kan ske en gång, och i så fall 10 år innan nästa gallring. Referensprogram (skötsel utan gödsling) visade sig i flertalet fall inte innehålla gallringar efter år 10, vilket innebär att ett relativt få antal bestånd har utvärderats med denna policy. Gödsling innan avverkning i de två första perioderna, d.v.s. avverkning idag eller på 5 år, kan inte utföras då kravet på 10 år mellan gödsling och avverkning måste uppfyllas. Ett högre räntekrav leder till att fler gallringar eller slutavverkningar tidigareläggs till de två första perioderna och detta förklarar att färre bestånd gödslats vid högre ränta. Samma resonemang gäller resterande gödslingsprogram som redovisas i tabell 3.2-3.5.

Tabell 3.1 Medelvärden med standardavvikelse (SD) för olika lönsamhetstal vid skogsgödsling enligt program 1.

Räntekrav (%)	Internränta (%)	Nuvärdesdifferens (%)	Kostnad per gödslad m3sk (kr)	Extra avverkad volym (m3sk/gödslad ha)	Antal bestånd
2.0	5.1 ± 1.4	7.6 ± 3.3	86.6 ± 35.3	23.6 ± 4.8	42
2.5	5.4 ± 1.6	7.8 ± 3.9	85.9 ± 38.5	24.1 ± 5.1	34
3.0	5.5 ± 1.7	7.3 ± 4.6	87.3 ± 35.7	23.6 ± 5.3	29
3.5	5.5 ± 1.8	6.7 ± 7.2	86.9 ± 39.1	24.3 ± 6.4	25
4.0	5.5 ± 1.8	4.5 ± 8.4	87.0 ± 38.3	24.0 ± 6.0	24

3.1.2 Gödsling innan varje nästkommande gallring (gödslingsprogram 2)

I tabell 3.2 presenteras resultaten för gödslingspolicyn som innebär att gödsling sker innan varje nästkommande gallring. Dessa bestånd utgör en delmängd av de bestånd som redovisas i tabell 3.1..

Tabell 3.2 Medelvärde med standardavvikelse (SD) för olika lönsamhetstal vid skogsgödsling enligt program 2. De bestånd som redovisas i tabellen har gödslats två gånger, för information om de bestånd som gödslats bara en gång, se tabell 3.1.

Räntekrav (%)	Intern-ränta (%)	Nuvärdes-differens. (%)	Kostnad per gödslad m3sk (kr)	Extra avverkad volym (m3sk/gödslad ha)	Antal bestånd
2.0	4.9 ± 1.1	17.0 ± 5.5	86.0 ± 15.2	42.8 ± 10.6	17
2.5	4.9 ± 1.2	17.5 ± 4.8	84.3 ± 16.1	46.4 ± 7.7	13
3.0	5.2 ± 1.3	16.9 ± 7.6	86.3 ± 18.5	45.6 ± 8.4	9
3.5	4.6 ± 1.0	10.2 ± 7.0	90.4 ± 24.1	44.3 ± 10.9	5
4.0	4.7 ± 1.1	6.0 ± 8.8	90.8 ± 23.6	44.0 ± 10.4	5

3.1.3 Gödsling endast 10 år innan slutavverkning (gödslingsprogram 3)

Resultat vid gödsling endast 10 år innan slutavverkning redovisas i tabell 3.3. Vid högre ränta tidigare läggs slutavverkningstidpunkten i flera fall till inom de första 10 åren vilket förhindrar att gödsling utförs. Bland de bestånd som gödslats är den övervägande delen talldominerade bestånd och endast några få grandominerade. Jämför man hur gödslingen har förräntat sig, vid gödsling enligt program 3, mellan de två olika trädslagen kan man i de få granbestånd som verkligen gödslats inte urskilja någon skillnad jämfört med tallbestånden.

Tabell 3.3 Medelvärde med standardavvikelse (SD) för olika lönsamhetstal vid skogsgödsling enligt program 3.

Räntekrav (%)	Intern-ränta (%)	Nuvärdes-differens. (%)	Kostnad per gödslad m3sk (kr)	Extra avverkad volym (m3sk/gödslad ha)	Antal bestånd
2.0	12.3 ± 1.4	7.5 ± 2.3	103.1 ± 12.0	18.7 ± 2.0	82
2.5	12.5 ± 1.5	8.6 ± 2.2	98.6 ± 11.8	19.5 ± 2.1	74
3.0	12.7 ± 1.3	9.7 ± 3.0	96.5 ± 10.6	19.9 ± 2.0	66
3.5	12.8 ± 1.3	10.1 ± 3.4	94.0 ± 10.6	20.4 ± 2.1	58
4.0	12.8 ± 1.3	10.3 ± 3.9	92.5 ± 8.5	20.1 ± 4.0	55

3.1.4 Gödsling 10 år innan sista gallring och slutavverkning (gödslingsprogram 4)

De bestånd som gödslats enligt gödslingsprogram 4 och som presenteras i tabell 3.4 utgör en delmängd av de bestånd som presenteras i tabell 3.3.

Tabell 3.4 Medelvärde med standardavvikelse (SD) för olika lönsamhetstal vid skogsgödsling enligt program 4. De bestånd som redovisas i tabellen har gödslats två gånger, för information om de bestånd som gödslats bara en gång, se tabell 3.3.

Räntekrav (%)	Internränta (%)	Nuvärdesdifferens (%)	Kostnad per gödslad m3sk (kr)	Extra avverkad volym (m3sk/gödslad ha)	Antal bestånd
2.0	7.1 ± 1.0	16.5 ± 5.7	85.6 ± 6.0	44.6 ± 3.1	42
2.5	7.5 ± 1.0	18.3 ± 5.2	83.7 ± 6.4	45.7 ± 3.4	34
3.0	7.4 ± 1.3	19.1 ± 6.7	85.5 ± 8.1	44.8 ± 4.1	30
3.5	7.2 ± 1.3	18.5 ± 6.6	85.0 ± 10.3	45.4 ± 5.6	25
4.0	7.3 ± 1.2	17.3 ± 7.2	84.4 ± 9.9	45.6 ± 5.4	24

3.1.5 Gödsling 10 år innan varje gallring och innan slutavverkning (Gödslingsprogram 5)

De bestånd som gödslats enligt gödslingsprogram 5 och som presenteras i tabell 3.5 utgör en delmängd av de bestånd som presenteras i tabellerna 3.3 och 3.4.

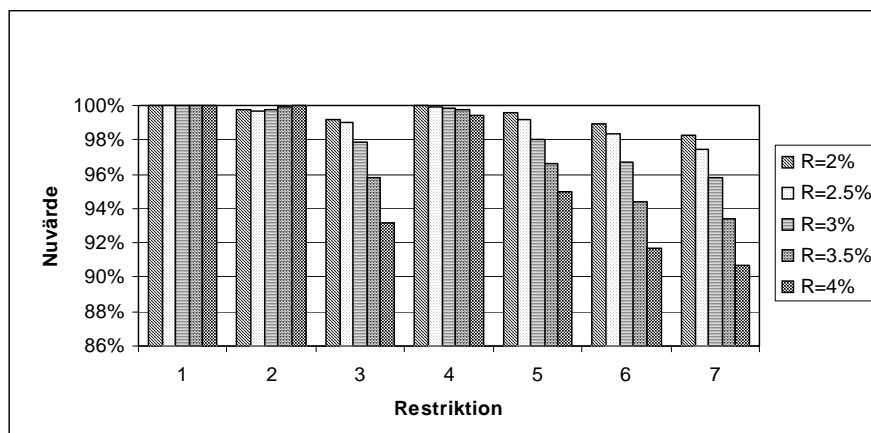
Tabell 3.5 Medelvärde med standardavvikelse (SD) för olika lönsamhetstal vid skogsgödsling enligt program 5. De bestånd som redovisas i tabellen har gödslats tre gånger. För information om de bestånd som gödslats två gånger, se tabell 3.4 och för de bestånd som gödslats bara en gång, se tabell 3.3.

Räntekrav (%)	Internränta (%)	Nuvärdesdifferens (%)	Kostnad per gödslad m3sk (kr)	Extra avverkad volym (m3sk/gödslad ha)	Antal bestånd
2.0	5.2 ± 0.9	27.6 ± 5.2	87.6 ± 10.4	65.9 ± 7.6	15
2.5	5.4 ± 1.1	26.7 ± 5.2	86.6 ± 10.5	66.7 ± 7.7	13
3.0	5.7 ± 1.1	27.1 ± 10.5	88.4 ± 11.9	65.5 ± 8.5	9
3.5	5.2 ± 0.8	19.7 ± 5.5	90.9 ± 15.2	64.1 ± 10.8	5
4.0	5.3 ± 1.0	15.3 ± 7.8	91.0 ± 15.0	64.0 ± 10.6	5

3.2 Innehavsnivå

3.2.1 Konsekvens av restriktioner på nuvärde

De restriktioner som använts och vilken påverkan de har på innehavets nuvärde vid skötsel utan gödsling redovisas i diagrammet nedan. Restriktionerna som ingår i studien har valts med avseende på de krav ett skogsbolag kan ha på sina avverkningar, d.v.s. att de på sikt inte ska överstiga tillväxten, avverkningsnivån mellan perioder får inte variera okontrollerat då det finns ett försörjningsansvar på råvara samt ett krav på att kunna sysselsätta maskinlag både i slutavverkning och gallring.



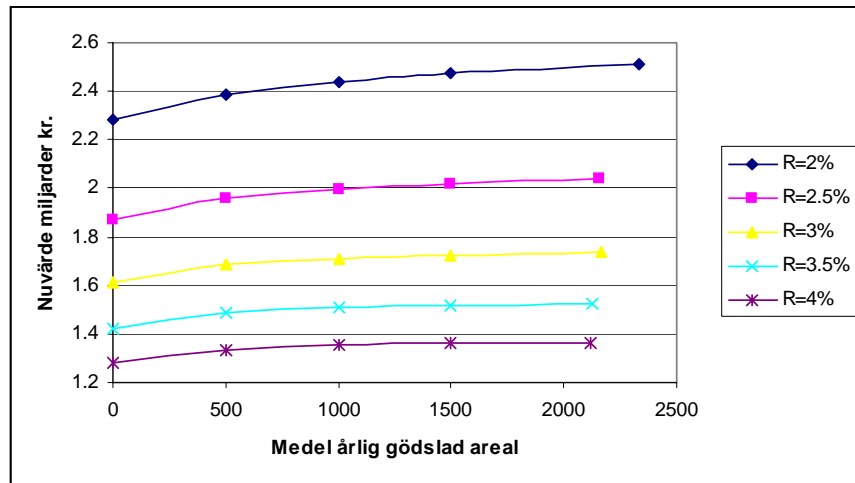
Figur 3.4 Förändring av nuvärde p.g.a. restriktioner vid olika räntekrav på skogsbruket. De restriktioner som använts framgår av tabell 3.6. Den med ökande ränta större relativa värdeminskningen beror på att hög ränta leder till fler avverkningar i tidiga perioder men med restriktioner tvingas många av dessa avverkningar framåt i tiden. D.v.s. restriktionerna leder till större förändringar i det optimala skötselprogrammet vid en hög ränta jämfört med en låg.

Tabell 3.6 Redogörelse av restriktionernas innebörd.

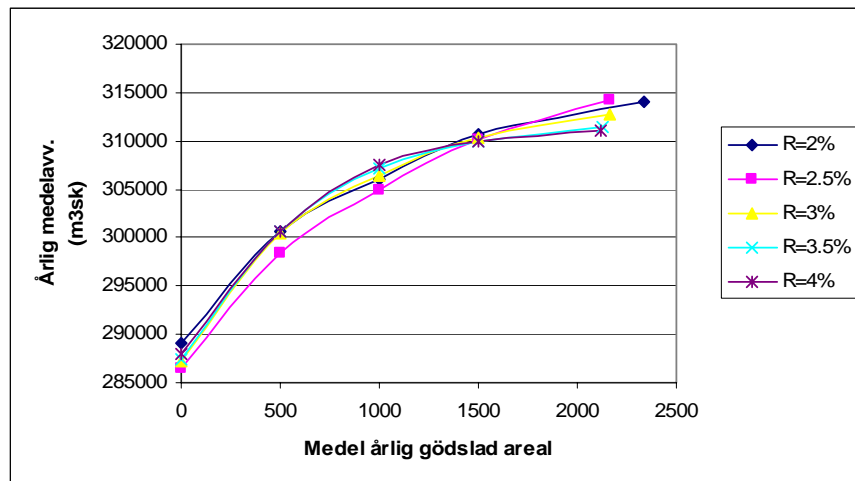
Restriktion	Beskrivning
1	Inga restriktioner
2	Förråd sista perioden \geq förråd första perioden
3	Max 5 % variation på avverkningsnivån mellan perioderna
4	Andel gallrad areal ≥ 0.25 * (gallrad+slutavverkad areal)
5	Andel gallrad areal ≥ 0.50 * (gallrad+slutavverkad areal)
6	Kombination av restriktion 2, 3, 4
7	Kombination av restriktion 2, 3, 5

3.2.2 Redovisning av gödslingsprogram

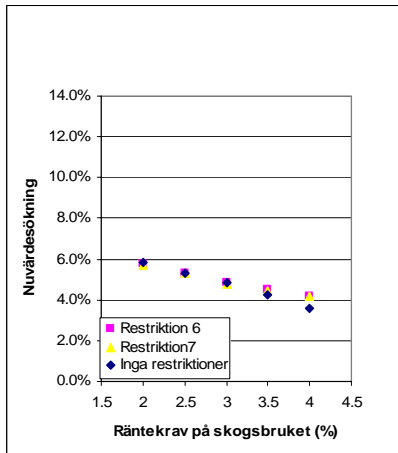
Vid gödslingssimulering över hela innehavet visar en jämförelse att vid gödsling enligt program fem (gödsling innan varje avverkning inklusive både gallring och slutavverkning) fångas, beroende på räntekrav, 99-100 % av den maximala nuvärdesökning man kan åstadkomma genom att välja mellan alla gödselprogram. Slutsatsen man kan dra från detta är att det, enligt modellen, är lönsamt att gödsla alla gödslingsbara bestånd. En annan slutsats är att det inte är ekonomiskt optimalt att bara gödsla innan gallring. En konsekvens av denna slutsats är att program som innebär gödsling enbart innan gallring inte berörs i fortsättningen. De gödselprogram som kan anses vara relevanta och som redovisas på innehavsnivå är program med gödsling tio år innan slutavverkning, gödsling tio år innan både sista gallring och slutavverkning samt gödsling innan alla avverkningsåtgärder.



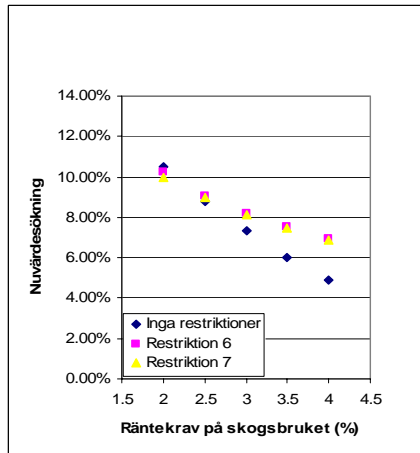
Figur 3.5 Gödsling enligt program 5 (gödsling innan varje avverkning inklusive både gallring och slutavverkning). Restriktion 3 (max 5 % varians på avverkningsnivån mellan perioderna) gäller.



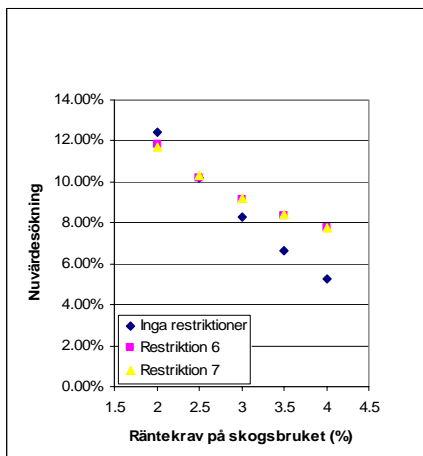
Figur 3.6 Gödsling enligt program 5 (gödsling innan varje avverkning inklusive både gallring och slutavverkning). Restriktion 3 (max 5 % varians på avverkningsnivån mellan perioderna) gäller.



Figur 3.7 Nuvärdesökning vid gödsling enligt program 3 (Gödsling 10 år innan slutavverkning) För information om restriktioner se tabell 3.6.



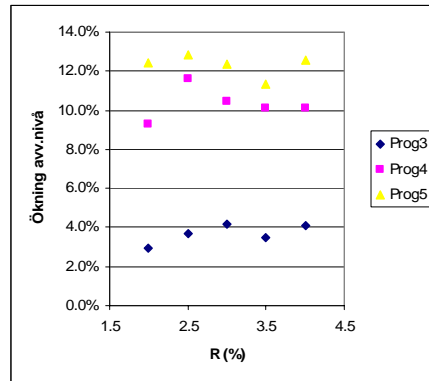
Figur 3.8 Nuvärdesökning vid gödsling enligt program 4 (Gödsling 10 år innan sista gallring och slutavverkning) För information om restriktioner se tabell 3.6.



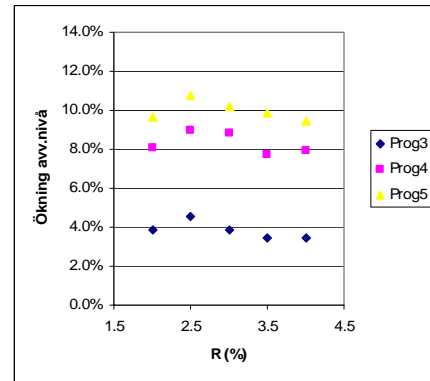
Figur 3.9 Nuvärdesökning vid gödsling enligt program 5 (Gödsling 10 år innan alla nästkommande gallringar samt slutavverkning) För information om restriktioner se tabell 3.6.

Den procentuella nuvärdesökningen vid ett högt räntekrav blir större om skogen sköts enligt restriktioner jämfört med skötsel utan restriktioner. Detta kan tyckas motsägelsefullt men beror på att ”kostnader av restriktioner” som är förknippade med att slutavverkningar senareläggs, till viss del kompenseras genom att fler bestånd hinner gödulas innan slutavverkning. Eftersom kostnaden av att senarelägga slutavverkningstidpunkter är högre för högre kalkylräntor, blir också denna kompenationseffekt relativt sett större. Det totala nuvärdet vid skötsel

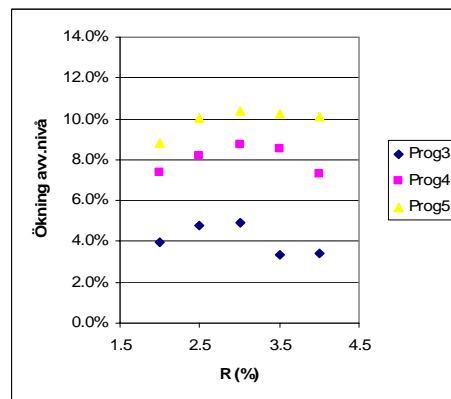
enligt restriktioner är dock fortfarande lägre p.g.a. att restriktionen tvingar fram en inoptimal skötsel (För information om restriktionernas inverkan på nuvarde se figur 3.4).



Figur 3.10 Ökning av avverkningsnivå med gödslingsprogram 3, 4, och 5 i relation till avverkningsnivån i ej gödslat program när all avverkning sker utan restriktioner (för information om gödselprogrammen se tabell 2.3).



Figur 3.11 Årlig avverkningsnivå med gödslingsprogram 3, 4 och 5 i relation till avverkningsnivån i ej gödslat program när all avverkning styrs enligt restriktion 6 (för information om gödselprogram se tabell 2.3 och för information om restriktion se tabell 3.6).



Figur 3.12 Årlig avverkningsnivå med gödslingsprogram 3, 4 och 5 i relation till avverkningsnivån i ej gödslat program när all avverkning styrs enligt restriktion 7 (för information om gödselprogram se tabell 2.3 och för information om restriktion se tabell 3.6).

4. DISKUSSION

I de analyser som utförts har gallringar simulerats enligt gallringsmall för både gödslade och ej gödslade bestånd. Detta medför att hela förräntningen på gödslingsinvesteringen inte plockas ut i nästkommande gallring. Ett alternativ till att använda gallringsmall skulle kunna vara att avverka hela den framgödslade volymen i nästkommande avverkningsåtgärd. Detta sätt att tänka påverkar rent logiskt gödslingsekonomin positivt då vinsten från gödslingen snabbare kan skördas och inte behöver räntebelastas under lika lång tid. Problem uppstår då två bestånd med samma stamantal och volym ska gallras där bara ett gödslats. Motiverar man att det gödslade beståndet ska gallras hårdare än enligt gallringsmall p.g.a. att det ger en högre ekonomisk vinst kan samma resonemang med en hårdare gallring föras på det ej gödslade beståndet. Gallrar man båda bestånden enligt gallringsmall undviker man de problem en hårdare gallring kan medföra i form av t.ex. snöbrott och stormskador.

Modellen visar att de bestånd som gödslats innan gallring enligt gallringsmall har en större stående volym efter gallringen jämfört med ett ogödslat program. Denna förändring av beståndet leder till en förändring i tillväxt under resten av beståndets omloppstid men det är svårt att fastställa om förändringen beror på de grövre träd gödslingen ger upphov till eller det volymmässigt förändrade gallringsuttaget. Modellen visar att de bestånd som gödslats innan gallring kan ha både högre och lägre volymtillväxt under resten av omloppstiden efter att gödslingseffekten avtagit. Denna effekt påverkar resultatet i större omfattning i de bestånd som gödslats vid lägre ålder och påverkar inte alls i de bestånd som gödslats innan avverkning.

De resultat som redovisas på beståndsnivå är något underskattade jämfört med den teoretiskt optimala gödslingsvinst som går att uppnå. Detta beror på att studierna har utförts som jämförande studier där det diskonterade värdet av intäkter från gallring och slutavverkning mellan ett gödslat och ej gödslat program jämförts. Vid jämförelsen har avverkningstidpunkten i det gödslade programmet låsts för att sammanfalla med det ogödslade referensprogrammet. Vid jämförelsen sker alltså gallring i samma period i båda programmen. Det skulle i framtida studier av gödslingsekonomi vara intressant att kunna räkna fram de lönsamhetstal som redovisas i denna studie då ett gödslingsprogram optimerats direkt och inte bara ett gödslat referensprogram. På innehavsnivå har gallringstidpunkten inte låsts till referensprogrammets och trots att kravet på tio år mellan gödsling och gallring kvarstår leder skötselprogrammen till ett något högre nuvärde jämfört med de program som redovisats på beståndsnivå. Anledningen till det något högre nuvärdet beror på flera anledningar. En orsak är att bestånd som enligt referensprogrammet ska avverkas i någon av de två första perioderna inte kan gödslas då kravet på tio år mellan gödsling och avverkning inte uppfylls. Då gallringstidpunkt, på innehavsnivå, inte låsts till referensprogrammet kan avverkningen senareläggas för att en gödsling tio år innan ska kunna utföras om det höjer nuvärdet. En annan följd av att referensprogrammets tidpunkter inte måste följas är att vissa bestånd avverkas i en tidigare period. Den tidigare

avverkningen beror på att gödslingen snabbare ger upphov till det kritiska virkesförråd som tillväxt utan gödsling inte kan förränta.

Investering i gödsling medför som alla andra investeringar en viss risk. Oförutsedda förändringar på marknaden eller nya upptäckter när det gäller patogener eller yttre faktorer som väder eller vind kan påverka inställningen till gödsling. Det finns idag vissa kunskapsluckor kring gödslingens effekt på mykorrhiza, trädlevande lavar och vedlevande insekter och ny kunskap inom dessa områden kan eventuellt förändra inställningen till gödsling (Högbom 2002). De program som visar lönsamhet i gödsling innan gallring ger en uppfattning om hur pengar investerade i gödsling förräntar sig om gödslingsprogram av någon anledning avbryts.

För att ett bestånd i denna studie ska kunna gödslas måste minst halva beståndets areal uppfylla de sju baskraven (undantaget kravet på lägst förstagallringsålder då vissa gödslingar sker tio år innan förstagallring). Endast den gödslingsbara delen av bestånden gödslas. Denna begränsning innebär att de bestånd som är praktiskt svåra att gödsla p.g.a. fragmentering sorteras bort. Om inventeringsdatat (stickprovsbestånden) är representativt för hela innehavet kan detta dock innebära att den gödslingsbara arealen underskattas. Begränsningen på just halva arealen skulle kunna se annorlunda ut och en förändring skulle påverka resultatet främst på innehavsnivå då det skulle leda till större eller mindre arealer att gödsla. Hur en förändring skulle påverka resultaten på beståndsnivå är mer oklart men man skulle kunna tänka sig att den gödslingsbara delen av de bestånd som tillkommer eller faller bort liknar resten av de gödslingsbara bestånd som ingår i studien. Alltså skulle inte resultatet påverkas nämnvärt.

En osäkerhetsfaktor som påverkar studien är att alla de sju baskraven inte uppfylls i vissa bestånd där gödsling simulerats. Att baskraven inte alltid uppfylls beror på problematiken med att t.ex. sortera bestånden efter vilka som anses friska och välslutna. Gödsling får enligt baskraven först ske när bestånden nått tidpunkt för förstagallring men i studien förekommer simulering av gödsling tio år innan förstagallring. Detta medför en viss osäkerhet på resultaten i de studier som innefattar gödsling tio år innan en förstagallring men det ger samtidigt en viss uppfattning om vilka ekonomiska konsekvenser upprepad gödsling samt gödsling av unga bestånd får. Störst påverkan på de redovisade resultaten får detta fenomen då gödsling innan all avverkning simulerats på innehavsnivå.

På basis av gjorda analyser som syftar till att utgöra ett beslutsunderlag kan ur ekonomisk och produktionsmässig synpunkt gödsling rekommenderas. Studien visar att det är få andra investeringar som visar lika god lönsamhet oavsett vilket lönsamhetstal man tittar på. Innan beslut om gödsling tas bör man tänka igenom vad de olika lönsamhetstalen innebär och om något av dem ska väga tyngre än något annat.

5. REFERENSER

- Eriksson, B. (1981). Åtgärdsval vid långsiktiga regionala avverkningsberäkningar - Sammanfattning av arbetet inom problemområdet "åtgärdsprogram" inom HUGIN-projektet. Slutredogörelse för anslag nr S620/P294 Statens råd för Skogs- och Jordbruksforskning.
- Högbom, L. Projekt kväve 2002: Kvävegödsling och miljön. Resultat/Skogforsk, 2002:14
- Jacobson, S. & Pettersson, F. 2003: Ny vår för skogsgödslingen? Resultat Skogforsk nr 23.
- Jonsson, B., Jacobsson, J. & Kallur, H. 1993. The Forest Management Planning Package. Theory and application. Studia Forestalia Suecica 189: 56.
- Loviken, G. 1994. Föryngring och gödsling av skogsmark ur ett livscykelanalytiskt perspektiv. Examensarbete i virkeslära nr 38. Institutionen för virkeslära, Sveriges lantbruksuniversitet Umeå.
- Lundström, A. and Söderberg U. 1996. Outline of the HUGIN system for long-term forecasts of timber yields and possible cut. In: Päävinen,R.,Roihuvuo,L.&Siitonen,M.(eds.), Large scale forestry scenario models: Experiences and requirements. EFI Proceedings of the International Seminar and Summerschool 15 –22 June 1995, Joensuu, Finland, 15-22 June, 1995.
- Pettersson, F. 1996. Kvävegödsling-en bortglömd produktionsresurs?. Redogörelse nr 1, Skogforsk.
- Eriksson, L. O. 1988. Gödslingens ekonomi i enskilda bestånd. Intern stencil nr 99. Institutionen för skogsteknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Garpenberg.
- Lämås, T. Ståhl, G. Dahlin, B. 2003. Heureka – bättre beslut i skogen! Fakta Skog nr 8.
- Pettersson, F. 1994. Tillväxtökningen efter kvävegödsling densamma idag som för 30 år sedan. Resultat Skogforsk nr 9.
- Wikström, P. 2002. Målinriktad skogsskötsel – för lönsamhet och biologisk mångfald. Fakta Skog nr 6.
- Wikström, P. 2004. Applikationen för långsiktig planering. Ur Har skogen mer att ge? Analysvertyg för framtidens miljö, produktion och sociala värden. SLUs Skogskonferens 2004. Red. Fredrik Ingmarson. Heureka-programmets årsrapport 2004. Rapport 20, Fakulteten för skogsvetenskap, SLU, Umeå.

Bilaga 1: Prislista

Prislista för timmer (kr/m³to) baserad på Sveaskogs original prislista 109 samt VMF Nords statistik på kvalitetsfördelning av inmätt timmer för perioden 04-02-04 t.o.m. 05-02-03 norr om Skellefteå.

Diameter	12	13	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Tall	356	392	415	457	480	496	515	526	518	524	549
Gran	-	-	380	412	442	442	425	432	452	444	434

Priserna som redovisas för varje diameterklass har räknats fram enligt följande formel:
Medelpris per dimensionsklass = Andel inmätt timmer av kvalitetsklass * pris per kvalitetsklass.

Pris (kr/m³fub) på massaved enligt Sveaskogs beräkningar med Indelningspaketet.

Barrmassa	205
Lövmassa	217