

Ekonomiskt rationell dynamisk utveckling för skogen, skogsindustrin och energiindustrin i Sverige

Version 2008-01-22 (Totalt 50 sidor)

Av

Peter Lohmander

Professor i skoglig företagsekonomi med inriktning mot ekonomisk optimering
SLU, SE-901 83 Umeå, Sweden

<http://www.Lohmander.com>

Peter@Lohmander.com

Detta dokument är i första hand avsett som underlag för diskussioner vid Energy Forum, 6-7 February 2008, Stockholm. Konstruktiva kommentarer och förslag till konkreta åtgärder mottages tacksamt!

Sammanfattning

Sverige har stora skogstillgångar. Virkesförrådet har aldrig, under den tid då skogsförrådet har uppmätts, d.v.s. på ca 100 år, varit större än det är i januari 2008. Trots detta präglas bilden i media av katastroflarm. Skogsstyrelsen varnar för att avverkningsnivån är för hög, trots att denna med mycket stor marginal har understigit tillväxten under mycket lång tid.

Sverige är en nation som till betydande del lever på skogsindustriell produktion. Skogsindustrin och skogsbruket ger också stora exportintäkter samt rejäla bidrag till sysselsättningen, framför allt i regioner som i övrigt har förhållandevis hög arbetslöshet.

Betydande delar av skogsindustrins produktionsanläggningar läggs ned under 2008 med hänvisning till bristande råvarutillgång, trots att skogstillväxten vida överstiger avverkningen.

Energiindustri baserad på förnyelsebara bränslen är under uppbyggnad i Sverige. Nya kraftvärmeverk planeras och byggs samt möjligheterna att framställa förnyelsebara bränslen baserade på skogsråvara utreds.

I detta läge är det av central betydelse att utreda hur en rationell och samordnad utveckling av skogsbruk, skogsindustri samt energiindustri kan optimeras. Denna studie har därför inriktats mot "Ekonomiskt rationell dynamisk utveckling för skogen, skogsindustrin och energiindustrin i Sverige" under kommande decennier.

Skogstillgångarnas fördelningar på virkesförråd, tillväxt, trädslag och energi- innehåll samt alternativa möjligheter i skogsbruket beskrivs inledningsvis och utgör utgångsförutsättningar för optimeringen. Skogs- och energi- sektorernas kapacitetsinvesteringar integreras i analysen.

Det visar sig att det finns mycket stora möjligheter att kraftigt öka det industriella utnyttjandet av skogsråvara, oavsett hur denna användning fördelas mellan skogsindustri och energiindustri.

Analysernas grundversioner bygger på antagandet att priserna är reall oförändrade över tiden. Känslighetsanalyser av olika slag genomföres. Läsaren kan också själv undersöka vad

alternativa antaganden betyder för resultaten genom att direkt använda de nyutvecklade datorprogrammen. Dessa finns tillgängliga på Internet samt redovisas i Appendix.

Även om vi inte är beredda att sänka virkesförrådsnivån under den nivå som gällde under 1980-talet så vore det rationellt att kraftigt öka avverkningen och rejält investera i skogs- respektive energi- industri. I en kalkyl har viss ökad tillväxt i den skog som anläggs efter avverkning beaktats. Kalkylen har inte på långa vägar utnyttjat hela den möjliga ökningen av tillväxten i den nya skogen vilken enligt redovisade uppgifter ligger på ca 40% (eller betydligt mer vid intensivodling). Kalkylen visar att vi ändå bör öka avverkningen ordentligt under en lång period.

Avverkningen kan exempelvis läggas på ca 136 Miljoner M3sk per år under en 20-årsperiod. Med anledning av att avverkningen i mitten av 2000-talets första decennium har legat på ca 86 miljoner M3sk per år, så innebär detta en ökad avverkning och ett ökat industriellt utnyttjande med ca 60%! Denna period inleds om fem år, d.v.s. år 2013. Om 25 år, d.v.s. år 2033, har vi då ca 2.6 miljarder kubikmeter kvar i skogen (vilket motsvarar läget i slutet av 1980-talet) även om vi inte räknar med mer än 19% tillväxtökning efter nyplantering. (Med andra ord är detta en försiktig kalkyl.)

Det totala ekonomiska värdet, d.v.s. nuvärdet av all verksamhet inom skogsbruk, skogs och energiindustri, beräknat vid kapitalmarknadens räntekrav, stiger rejält om avverkning och kapacitetsutbyggnad genomföres i enlighet med kalkylerna. Även om vi inte alls är beredda att sänka virkesförrådsnivån under 2008 års extremt höga nivå och även om vi inte alls beaktar det faktum att nyplanterad skog växer betydligt snabbare än äldre skogar, så bör avverkningen och det industriella utnyttjandet ökas mycket redan idag. Då kan vi exempelvis öka avverkningen till 112 Miljoner M3sk per år (en ökning med drygt 30 % i jämförelse med avverkningsnivån i mitten av 2000-talets första decennium) under mer än 21 år. Industri av olika slag som utnyttjar skogsråvara bör expanderas mycket. Sysselsättningen förbättras kraftfullt under lång tid i hela landet.

Erkännanden

Varmt Tack till E.ON Sverige AB för ekonomiska medel till projektet "Ekonomisk skogsproduktion m.h.t. skogsindustri och energiindustri". Varmt Tack även till Energy Forum för initiativ till en angelägen konferens i Stockholm Februari 6-7, 2008.

Peter Lohmander

Till läsaren

Denna texts utformning är optimerad för den läsare som direkt vill kunna kontrollera fakta, genomföra egna kalkyler med alternativa förutsättningar och hitta relevant information. Därför är fakta- och programlänkar direkt inlagda i texten. Mer övergripande litteratur och kalkyler finns på vanligt sätt redovisade i slutet av dokumentet. Den vetenskapliga fronten förflyttas ständigt. Nya idéer och ny information inkommer efterhand. Eventuella frågor och förslag till revideringar av denna textversion mottages därför tacksamt!

Inledning

Sverige har stora skogstillgångar. Virkesförrådet har aldrig, under den tid då skogsförrådet har uppmätts, d.v.s. på ca 100 år, varit större än det är i januari 2008. Trots detta präglas bilden i media av katastroflarm. Skogsstyrelsen varnar för att avverkningsnivån är för hög, trots att denna med mycket stor marginal har understigit tillväxten under mycket lång tid.

Sverige är en nation som till betydande del lever på skogsindustriell produktion. Skogsindustrin och skogsbruket ger också stora exportintäkter samt rejäla bidrag till sysselsättningen, framför allt i regioner som i övrigt har förhållandevis stor arbetslöshet.

Betydande delar av skogsindustrins produktionsanläggningar läggs ned under 2008 med hänvisning till bristande råvarutillgång, trots att tillväxten vida överstiger avverkningen.

Energiindustri baserad på förnyelsebara bränslen är under uppbyggnad i Sverige. Nya kraftvärmeverk planeras och byggs samt möjligheterna att tillverka förnyelsebara bränslen baserade på skogsråvara utreds.

I detta läge är det av central betydelse att utreda hur en rationell och samordnad utveckling av skogsbruk, skogsindustri samt energiindustri kan optimeras. Denna studie har därför inriktats mot "Ekonomiskt rationell dynamisk utveckling för skogen, skogsindustrin och energiindustrin i Sverige" under kommande decennier.

Skogstillgångarnas fördelningar på virkesförråd, tillväxt, trädslag och energi- innehåll samt alternativa möjligheter i skogsbruket beskrivs inledningsvis och utgör utgångsförutsättningar för optimeringen. Skogs- och energi- sektorernas kapacitetsinvesteringar integreras i analysen.

Analysen och diskussionen i denna rapport förutsätter information från ett stort antal olika källor och ämnesområden.

Först fokuseras på förutsättningar för investeringar, inklusive ekonomisk avkastning på aktiemarknaden i dominerande företag, ekonomiska fakta för skogs- och energibolag samt investeringsbedömningsprinciper i skogsbolag.

Sedan behandlas det fysiska utgångsläget i den svenska skogen, energi i Sverige, bioenergi i Sverige samt aktuell fördelning av skogens avverkning på skogsindustri och energiindustri, lagerförändring samt restposter.

Därefter genomförs analysen. Denna kan beskrivas som operationsanalys inriktad mot målet ekonomisk optimering. Analysen genomföres med tre alternativa avgränsningar: Råvaruperspektiv, Totalperspektiv I samt Totalperspektiv II.

Slutligen avrapporteras några aktuella observationer av vad som faktiskt genomföres i industrisektorerna och de viktigaste generella slutsatserna. Studien avslutas med konkreta förslag till ändamålsenliga åtgärder.

Ekonomisk avkastning på aktiemarknaden och underlag för investeringsplanering

När vi planerar verksamheter med betydande tidshorisonter, såsom investeringar i skogs- och energiindustri samt avverkningar i olika tidsperioder, bör vi först grundligt orientera oss i den ekonomiska omvärlden. Ekonomibilagan i Dagens Nyheter, torsdagen den 3 januari 2008, får här tjäna som underlag. Vi ska först studera den förväntade avkastningen på aktiemarknaden och avgränsa oss till de största bolagen. De bolag på Stockholmsbörsen som anges ha börsvärde på minst 100 miljarder SEK ingår i studien.

Den ekonomiska informationen i Ekonomibilagan inkluderar bl.a. "P/e- tal", vilka definieras som "Betalkurs dividerad med förväntad vinst per aktie".

Vi konstaterar att $1/(P/e\text{-tal}) = \text{Förväntad vinst per aktie dividerad med betalkurs}$. Med andra ord kan vi säga att "1/(P/e-tal)" motsvarar "Förväntad ränta på pengarna om dessa investeras i den aktuella aktien".

Tabell 1.

Börsvärde, P/e-tal samt sista betalkurs för bolag på Stockholmsbörsen. P/e-talens medelvärde och standardavvikelse har beräknats.

Källa: Ekonomibilagan i Dagens Nyheter, torsdagen den 3 januari 2008.

Namn	Börsvärde (MSEK)	P/e tal	Sista betalkurs (SEK/aktie)
Atlas Copco A	114969	14	93,5
Ericsson B	237951	11	14,75
H&M B	319429	24	386
Investor B	109706	4	143
Nordea Bank	274008	10	105,5
Sandvik	125746	13	106
Scania B	119600	15	149,5
SEB A	112694	8	164
SHB A	128801	11	205
Telia Sonera	267182	16	59,5
Volvo B	224548	15	105,5
SUMMA	2034634		
Medelvärde		12,8	
Standardavvikelse		5,1	

Tabell 2.

Ekonomiska data för några skogs- och energibolag.

Källa: Ekonomibilagan i Dagens Nyheter, Torsdagen 3 januari 2008.

Namn	Börsvärde (MSEK)	P/e tal	Sista betalkurs (SEK/aktie)
<i>Skogsbolag:</i>			
Holmen B	20426	10	241
SCA B	79325	12	112,5
Stora Enso R	12692	neg	95,25
<i>Energibolag:</i>			
Vostok Gas	23619	5	5 41
Fred Olsen Energi (Oslo)	19808 (MNOK)	13	(NOK/aktie) 297
StatoilHydro (Oslo)	539200 (MNOK)	9,9	(NOK/aktie) 169,1

När vi studerar Tabell 1 kan vi konstatera att $1/(P/e\text{-talets medelvärde}) = 0,078125$.

Om vi avgränsar oss till aktiemarknadens största bolag så finner vi att aktiernas förväntade avkastning är ca 7,81 %.

Hur bedömer man investeringar inom ett av Sveriges större skogsföretag? Låt oss studera vad vi finner i årsredovisningen SCA 2006. SCA ger en lista på viktiga nyckeltal. Där står bland annat att kravet på eget kapitals avkastning är 8.5% under 2007, att det var 9.0% under 2006 och 8.0% under 2005.

När det gäller strategiska investeringar, skriver SCA följande (SCA 2006):

Citat:

”SCA utvärderar alla strategiska investeringar (företagsförvärv eller expansionsinvesteringar) med den kassaflödesbaserade styrmodellen. För samtliga investeringar gäller att kravet på en avkastning överstiger kapitalkostnaden. Varje strategisk investerings framtida kassaflöde beräknas och diskonteras med kapitalkostnaden. Det ger ett nuvärde för det beräknade framtida kassaflödet. Om nuvärdet är högre än utläggen för investeringen är investeringen värdeskapande. SCAs krav är att nuvärdet med viss marginal ska överstiga investeringsutlägget.

...

SCAs avkastningskrav på tillgångarna bestäms av kapitalmarknadens bedömda avkastningskrav på en investering i SCA-aktier och av aktuella nivåer på den långa räntan. Avkastningskravet, den vägda kapitalkostnaden, (WACC, Weighted Average Cost of Capital)

beräknas per årsskiftet 2006/2007 (...) Med tillämpning av denna beräkningsmetod blir den vägda kapitalkostnaden 6,4 %." (*Slut citat*)

Vi kan, när det gäller typiska investeringsbedömningsmetoder och avkastningskrav, konstatera följande:

Metodval:

Nuvärdeometoden tillämpas. Detta är också den generella metod som är förenlig med maximering av den totala budgeten över tiden med hänsyn till kapitalets förräntning. Det finns därför många generella böcker i ämnet ekonomisk teori som argumenterar för nuvärdeometodens tillämpning.

Avkastningskrav:

Som kalkylränta använder SCA vägd kapitalkostnad. Denna angavs till 6.4 %. Det beskrivs att investeringen "med marginal" ska ge positivt nuvärde med denna kalkylränta för att accepteras m.h.t. SCAs krav. SCAs krav på eget kapital 2007 anges till 8.5 %.

SCA har 2008-01-03 P/e talet 12. Detta motsvarar en förväntad avkastning på 8.33%

Medelvärde för P/e-talet för de undersökta största 11 bolagen är vid samma tidpunkt 12.8 vilket motsvarar en förväntad avkastning på 7,81 %. En typisk kalkylränta ligger därför i intervallet 7 % - 9 %. Om priserna (i stort sett) ökar i takt med inflationen (2 %) så kan vi genomföra en real kalkyl med kalkylränta 5 % - 7 %. (Sveriges inflationsmål har i början av 2000-talet legat på 2 %.)

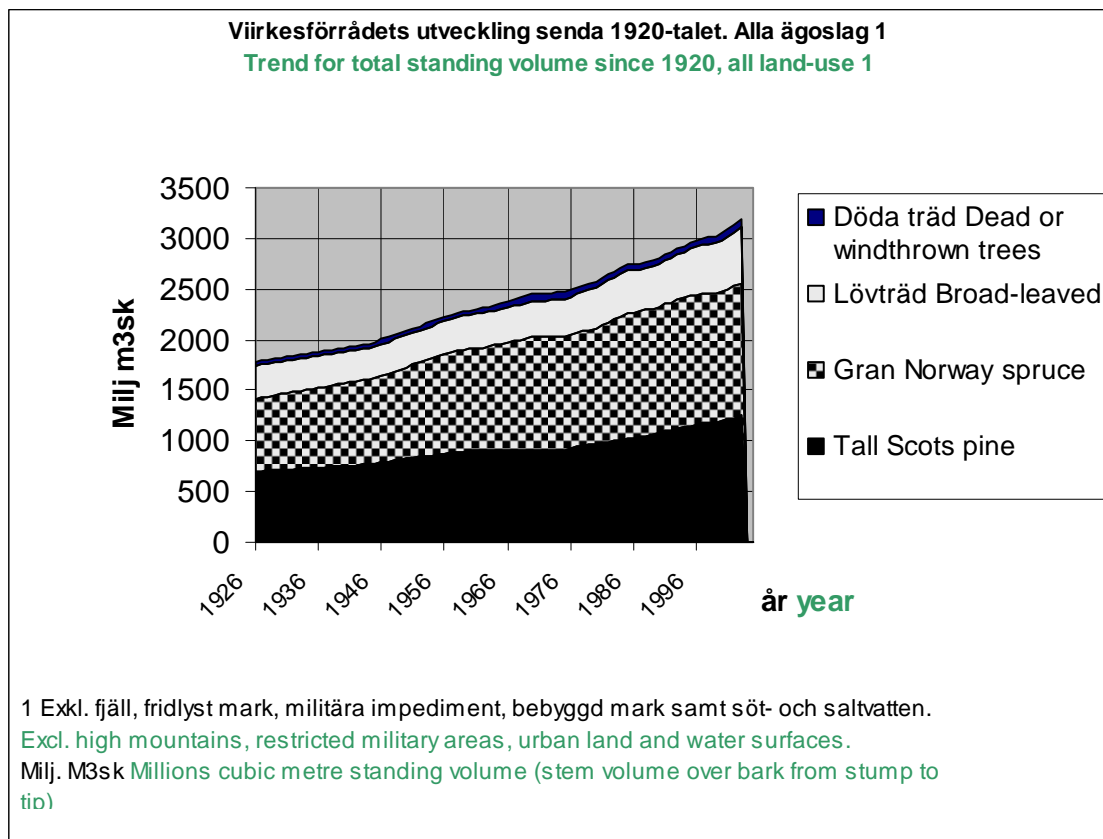
Av dessa skäl genomförs beräkningarna i grundversion med 6 % real kalkylränta. Läsaren uppmuntras att vi intresse själv studera vad alternativa antaganden betyder för resultaten. De datorprogram som beskrivs längre fram i denna text kan enkelt användas för detta.

Det fysiska utgångsläget

Av den information som Skogsstyrelsen ger på Internet och i Skogsstatistisk Årsbok framgår tydligt att virkesförrådet i Sverige mycket kraftigt har ökat ända sedan 1920-talet. Detta gäller för såväl tall och gran som lövträd.

En mycket entydig bild av utvecklingen och nuläget ges av de figurer som inkluderas nedan. De figurer som redovisar skogstillstånd, avverkning och tillväxt har sifferunderlag som hämtats från Skogsstyrelsens egna hemsidor.

Här finns den länk som direkt kan användas för att hämta aktuella statistiska uppgifter inom det skogliga området <http://www.svo.se/episerver4/templates/SFileListing.aspx?id=16583>

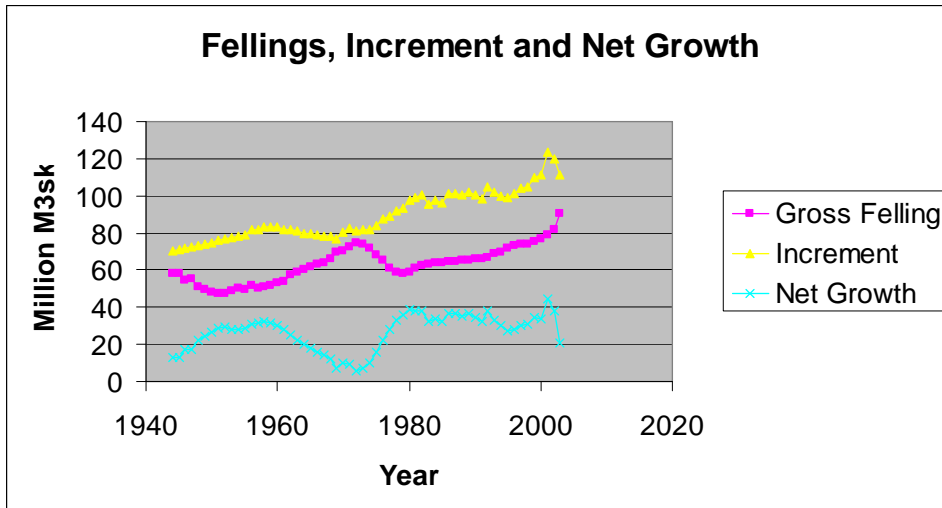


Figur 1.

Virkesförrådets utveckling sedan 1926. Figuren har 2007-10-26 direkt klippts in från Skogsstyrelsens egen hemsida utan ytterligare bearbetning.

Vi kan konstatera att tillväxten uppenbarligen mycket kraftigt har överstigit tillväxten under hela den period som redovisas. Vi konstaterar också att detta gäller för såväl tall och gran som lövträd. Fjäll, fridlyst mark, militära impediment, bebyggd mark samt söt och saltvatten har exkluderats.

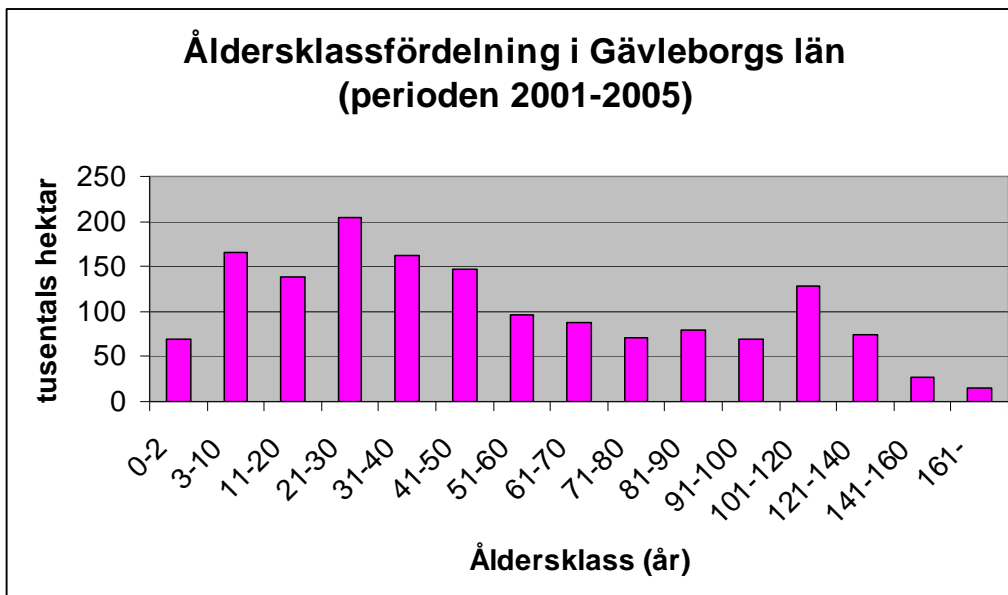
Källa: <http://www.svo.se/episerver4/templates/SFileListing.aspx?id=16583>



Figur 2.

Avverkning (Gross Felling), tillväxt (Increment) och nettotillväxt i virkesförrådet (Net Growth).

Källa: Det sifferunderlag som har använts för att konstruera figuren har hämtats från Skogsstyrelsens hemsidor. www.svo.se 2008-01-02 .



Figur 3.

Figuren visar skogens åldersklassfördelning i Gävleborgs län. Motsvarande figurer kan vid behov konstrueras för åldersklassfördelningar från samtliga län. Av utrymmesskäl redovisas här endast ett län. (I Gävleborgs län ligger Norrsundets massafabrik, som enligt besked från ägarna kommer att läggas ned, delvis p.g.a. bristande råvarutillgång, trots att det där finns mängder av skog som för länge sedan har passerat ekonomiskt lämplig ålder för avverkning.)

Källa: Det sifferunderlag som har använts för att konstruera figuren har hämtats från Skogsstyrelsens hemsidor. www.svo.se 2008-01-02 .

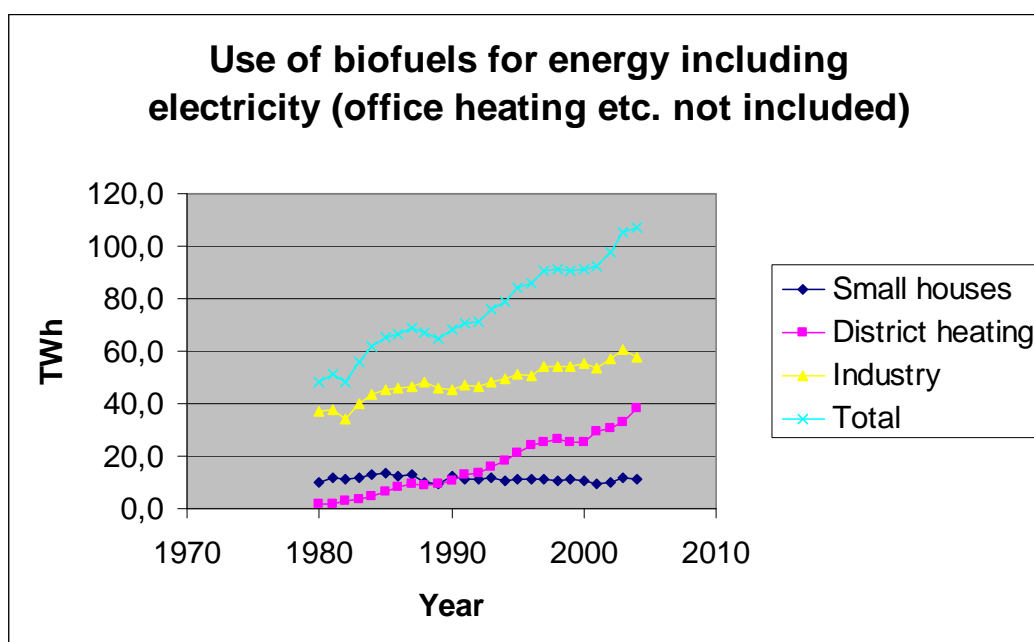
Energisektorn och bioenergiutnyttjande i Sverige

Energimyndigheten ger på Internet kontinuerlig och grundlig information om Sveriges energisektor. Ekonomifakta är också en organisation som sammanställer intressant statistik från olika håll, bland annat när det gäller energisektorn.

Från Ekonomifakta kunde man 2008-01-02 hämta en figur som visar att biobränslen, torv m.m. under 2006 stod för 116 TWh av Sveriges totala energitillförsel. Källan uppges vara Energimyndigheten. Länk: <http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energibalans/>

Energimyndigheten har i Energiläget i siffror 2006 publicerat en figur som visar användningen av biobränslen, torv m.m. för energiändamål 2005. Den totala användningen anges till 110 TWh. Dessa andelar anges:

Trädbränslen i fjärrvärmeverk	19%
Trädbränslen i skogs- och träindustri	12%
Returlutar i massaindustri och fjärrvärmeverk	34%
Biobränslen för elproduktion	9%
Biobränslen i bostadssektorn och övrigt	12%
Avfall, torv mm huvudsakligen i fjärrvärmeverk	14%

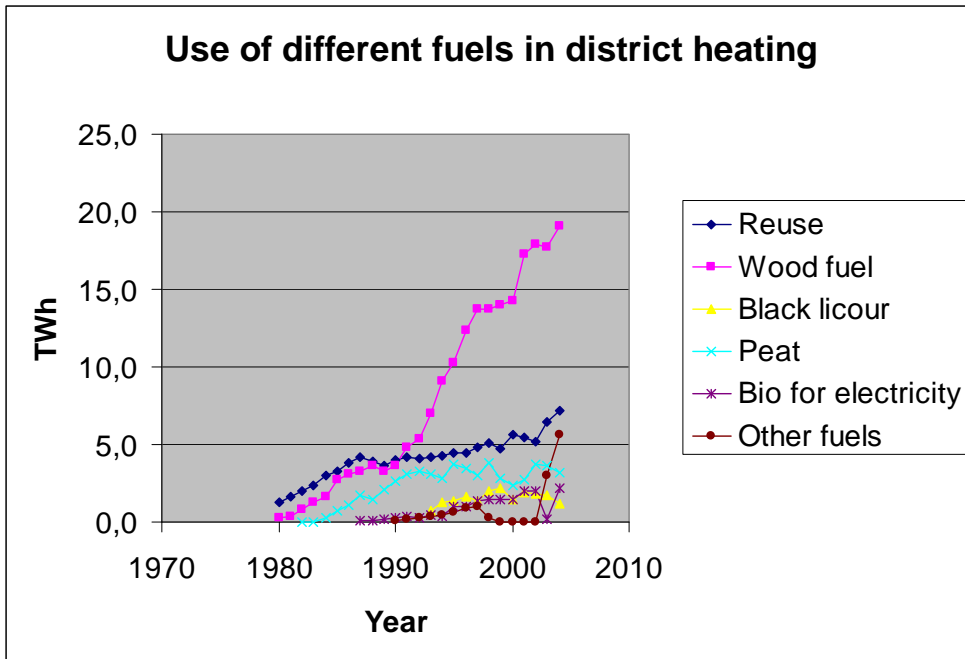


Figur 4.

Användning av biobränslen för energiändamål inklusive elektricitet (kontorsuppvärmning ej inkluderad).

Vi kan konstatera att industrin är den dominerande användaren av biobränsle samt att fjärrvärmesektorns användning växer snabbast.

Källa: Det sifferunderlag som har använts för att konstruera figuren har hämtats från Energimyndigheten. Energiläget i siffror, 2006

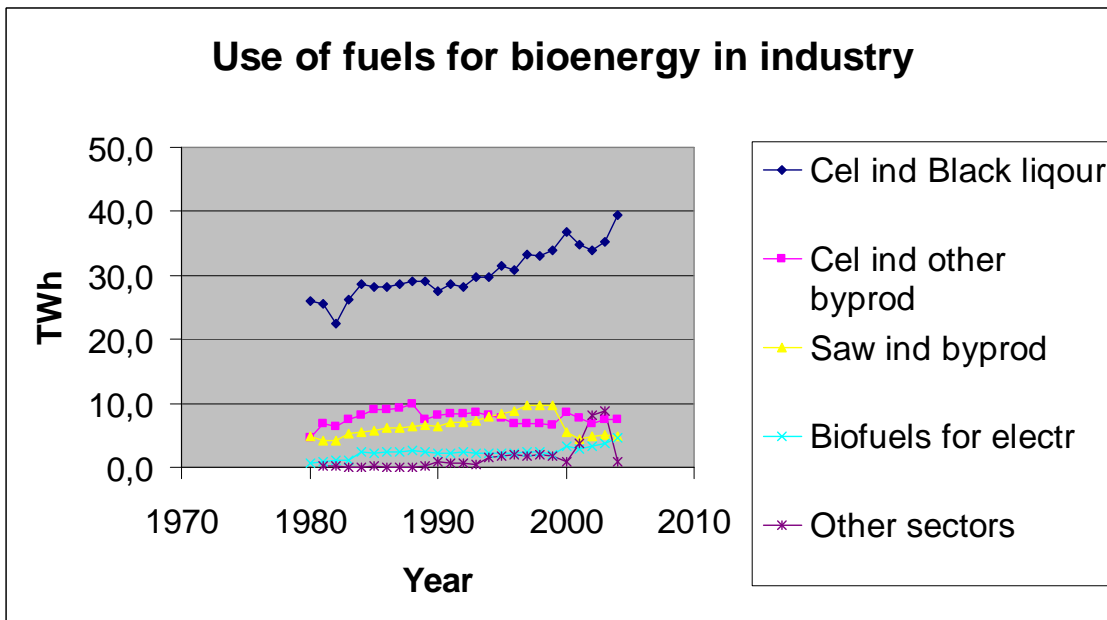
**Figur 5**

Användning av olika bränslen i fjärrvärme.

Vi konstaterar att träbränslen är klart dominerande bränslen i fjärrvärmesektorn.

Användningen av dessa bränslen ökar också snabbt.

Källa: Det sifferunderlag som har använts för att konstruera figuren har hämtats från Energimyndigheten. Energiläget i siffror, 2006

**Figur 6**

Användning av biobränslen i industrin.

Returlutar (black liquor) i cellulosaindustrin dominerar industrins biobränsleanvändning.

Källa: Det sifferunderlag som har använts för att konstruera figuren har hämtats från Energimyndigheten. Energiläget i siffror, 2006

Biomassaflöden i Sverige

Per Olov Nilsson, professor emeritus i skogsbrukets energisystem, har i Nilsson (2004) beskrivit biomassaflöden i svensk skogsnäring 2004. Hela rapporten, med ett antal intressanta figurer, kan hämtas från denna länk:

[http://www.svo.se/episerver4/dokument/sks/Statistik/dokumenten/Produktion/Tradbransle/ProjTradbr/Biomassaflöden%20i%20svensk%20skogsnäring%202004-2\(förf%20P-O%20Nilsson,%20prof%20emer\).pdf](http://www.svo.se/episerver4/dokument/sks/Statistik/dokumenten/Produktion/Tradbransle/ProjTradbr/Biomassaflöden%20i%20svensk%20skogsnäring%202004-2(förf%20P-O%20Nilsson,%20prof%20emer).pdf)

Nilsson (2004) skriver, beträffande år 2004, följande (citater):

“En kvantitet biomassa motsvarande 85% av tillväxten avverkades. Det stående biomassaförrådet på 2040 Mton torrsubstans ökade med 14,9 Mton torrsubstans varav 6,6 Mton torrsubstans stamved med bark. Drygt hälften av avverkningen togs ut, huvudsakligen i form av stamved och en mindre del i form av grenar och toppar från slutavverkningar. Knappt hälften lämnades kvar i skogen i form av grenar, toppar, stubbar och rötter. Av uttaget gick ungefär hälften till skogsindustriella produkter och hälften till energigenerering i olika former.” (Slut citat)

Nilsson (2004) skriver emellertid också att tillväxten av all biomassa var 75,9 Mton torrsubstans och att avverkningen var 61,0 Mton torrsubstans. Undertecknads (Lohmander) kalkyl visar att dessa siffror innebär att tillväxten översteg avverkningen med drygt 24,4%. Man kan också räkna ut att avverkningen var knappt 80,4% av tillväxten och att drygt 19,6% av tillväxten ej avverkades. Detta förefaller rimligt m.h.t. Figur 1. och Figur 2..

När vi dessutom konstaterar att nästan hälften av den faktiska avverkningen lämnades kvar i skogen så finner vi att det finns väldigt stora marginaler när det gäller biomassa i svenskt skogsbruk, även om vi inte alls är beredda att sänka det mycket höga virkesförrådet eller tror att den skog som planteras efter avverkning kommer att växa snabbare än den skog som avverkas.

Nilsson (2004) redovisar också en figur som visar att tillväxten i stamved med bark uppgår till 41,6 Mton torrsubstans och att bruttoavverkningen i stamved med bark uppgår till 35,0 Mton torrsubstans. Tillväxten fördelas på förrådsökning 16%, slutavverkning 51%, gallring 24%, plockhuggning 8% samt röjning 1%.

Ekonomisk optimering ur olika perspektiv

Nu ska vi, med alternativa avgränsningar, studera hela det system som omfattar de tre ”sektorerna” svenskt skogsbruk (SSB), svensk skogsindustri (SSI) och den del av svensk energiindustri som använder skogsråvara (SEI). Ambitionen är att se om det går att bestämma en dynamisk strategi för hela detta system som leder till bästa möjliga totala ekonomiska resultat.

Det bör alltid vara intressant att generera största möjliga totala överskott. Hur man sedan med hänsyn till olika omständigheter väljer att fördela detta totala överskott mellan de olika sektorerna är en fråga som ligger utanför denna texts avgränsning.

Det är givetvis möjligt att optimera strategier för dessa tre sektorer var för sig. Emellertid är det uppenbart att de tre sektorerna har mycket starka kopplingar till varandra. Om vi exempelvis från skogsbrukets horisont betraktar industrikapaciteten i skogsindustri och energiindustri som konstant och försöker optimera den skogliga verksamheten, så får vi givetvis fram en möjlig lösning för skogsbrukets avverkningar. Vi kan kalla den SSB1.

Om vi i skogsindustrin och energiindustrin sedan betraktar skogsbrukets avverkningar som givna och därefter försöker optimera kapaciteter och verksamheter i dessa sektorer, så får vi vissa lösningar. Vi kan kalla dem SSI1 och SEI1. SSB1, SSI1 och SEI1 ger tillsammans *inte* den totalt sett bästa möjliga lösningen, eftersom dessa dellösningar har beräknats utan hänsyn till rationell dynamisk samordning och de samordningsvinster som är möjliga att uppnå. Om vi emellertid simultant optimerar verksamheterna i SSB, SSI och SEI så har vi helt andra möjligheter att dynamiskt koordinera hela systemet. Klart bättre totalt ekonomiskt resultat kan uppnås. Referenslistan innehåller många exempel på ekonomisk optimering av system i vilka skogsbruk, logistik och industri hanteras simultant.

På de följande sidorna ska vi se hur vi kan beskriva de tre sektorernas dynamiska möjligheter med matematiska modeller. Vi ska se hur vi kan beräkna en kombination av skogens avverkning och nyplantering med kapacitetsinvesteringar och produktion i skogs- och energiindustri sådan att det totala ekonomiska resultatet maximeras. Beräkningarna genomföres med analytiska och numeriska metoder i olika upplösning.

Det är fullt möjligt att öka detaljeringsgraden praktiskt taget hur mycket som helst. Denna rapport har dock ambitionen att göra det möjligt för läsaren att få en total överblick över alla relevanta antaganden och kalkyler, vilket ej vore möjligt med högupplösta modeller. Författaren menar också att stora delar av det skogliga utredningsväsendet lider av ”att man inte ser skogen p.g.a. alla träd”. Det viktiga är, till råga på allt, att inte bara se skogen utan även att förstå hur dess nyttjande, dynamiskt, kan och bör kopplas ihop med olika industrisektorer på bästa möjliga sätt. Då är det inte rationellt att gräva ner sig i detaljerna i en av delarna och bortse från helhetens krav. Vi kan dela in analyserna, vilka alla kan benämnas ”Operationsanalys med ekonomisk optimering” i dessa tre kategorier:

- *Råvaruperspektiv*
- *Totalperspektiv I*
- *Totalperspektiv II*

Operationsanalys med ekonomisk optimering ur ett råvaruperspektiv

Skogsekonomi fick explicit teoretisk form i och med en artikel av Faustmann (1849). Denna har efterhand utvecklats i alltmer matematisk riktning. Se exempelvis Johansson och Löfgren (1985) och Lohmander (2007).

En stor del av den skogsekonomiska teorin avgränsas till de ekonomiska besluten i skogsbruket, ofta inom ramen för de enskilda skogsbestånden. Priser, drivningskostnader med mera betraktas som givna utifrån. Avverkningstidpunkter, gallringsvolym och förnyringsmetoder fastställs m.h.t. det enskilda skogsbeståndets omständigheter.

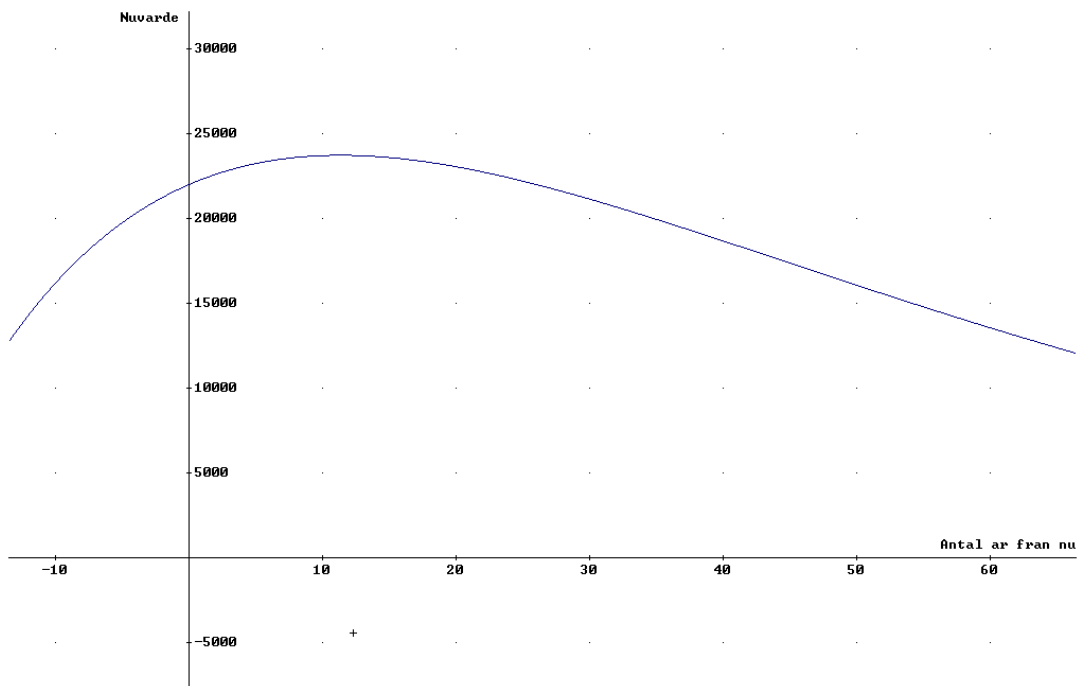
Givetvis kan beslutsproblem och investeringskalkyler avgränsade till enskilda skogsbestånd vara relevanta för många ägare av mindre skogsfastigheter. I många fall är ju de flesta omständigheter att betrakta som givna utifrån med det perspektivet.

Ur ett typiskt ”råvaruperspektiv” är en av de klassiska frågorna följande:

Hur kan vi optimera nuvärdet av skogsbruket, $\Pi(t)$? (Nuvärdet är en funktion av tidpunkten för avverkning, t .)

Det nu befintliga skogsbeståndet har i utgångsläget vissa egenskaper: virkesförråd, tillväxt, dimensionsfördelning, fördelning på träslag, kvalitetsfördelning etc.. När tiden går växer beståndet, ändrar dimensionsfördelning, kvalitetsfördelning o.s.v.. Beståndet ger ett visst netto vid slutavverkning som kan beskrivas som $B(t)$. Vid slutavverkning frigörs också marken för ny plantering eller annan användning. Markens värde, bestämt som nuvärdet av det fortsatta skogsbruket eller annan användning, är L . Kapitalmarknadens ränta är r . Diskontering sker i kontinuerlig tid. Nuvärdet kan då beskrivas så här:

$$\Pi(t) = e^{-rt} (B(t) + L)$$



Figur 7.

Nuvärdet (SEK per hektar) ur ett råvaruperspektiv.

Figur 7. visar ett exempel på hur nuvärdefunktionen kan se ut i följande situation: Det befintliga skogsbeståndet har 100 kubikmeter per hektar. Tillväxten är 5 kubikmeter per hektar och år. Nettopriset (pris minus drivningskostnader per kubikmeter) är 200 SEK och

konstant över tiden. Markens värde efter avverkning är 2000 SEK per hektar. Kalkylräntan är 3% i kontinuerlig tid. Då blir det värde som frigöres per hektar vid avverkning: $200(100 + 5t) + 2000$, vilket kan skrivas $20000 + 1000t + 2000$ eller $22000 + 1000t$. Med diskontering så blir nuvärdet detta: $EXP(-0.03t) \cdot (22000 + 1000t)$. I det aktuella exempel som figuren visar bör avverkning ske om ca 12 år. Då maximeras nuvärdet. Nuvärdet per hektar blir då knappt 24 000 SEK.

Man kan givetvis också genomföra kalkyler ur råvaruperspektiv m.h.t. alternativa beskrivningar av den ekonomiska omvärlden. Exempelvis kan man räkna ut hur man bör avverka m.h.t. slumpmässiga prisvariationer.

Det finns särskilda optimeringsprogram som kan användas för kalkyler och beslutsproblem av denna typ. Två exempel är dessa:

- http://www.lohmander.com/program/Faust_Slut/InFaust3.html
- <http://www.lohmander.com/program/Stump02/InStump022.html>

Observationer

- Med kalkyler ur råvaruperspektiv kan man visa att det finns en mycket stor mängd skog i Sverige som idag bör avverkas omedelbart även om man inte har högre kalkylränta än 3%.
- Om kalkylräntan är högre bör man om möjligt avverka ännu mer.
- Om tillväxten i kommande skog förbättras stiger markvärdet. Då bör man också avverka den äldre skogen tidigare.
- Det finns omfattande juridiska begränsningar vilka gör det omöjligt för många skogsägare att vidta de åtgärder i skogsbruket som leder till bästa möjliga ekonomiska resultat. I skogsvårdslagen och dess föreskrifter finner vi begränsningar vilka reglerar tidpunkt för slutavverkning, avverkningsareal per tidsperiod, virkesförråd per hektar efter gallring samt förnyngningsmetoder och artval med mera. Det finns inga officiella kalkyler som visar att alla dessa regler är ekonomiskt motiverade. Man kan i många fall visa att dessa regler medför betydande sänkningar av de ekonomiska resultat som skulle kunna uppnås utan dessa bestämmelser. (Referenslistan inkluderar flera texter som behandlar dessa frågor.)

Operationsanalys med ekonomisk optimering ur Totalperspektiv I

Inom ramen för "Totalperspektiv I" beskriver vi de relevanta omständigheterna på följande sätt:

Vi betraktar avverkning, skogsförnyring, industriellt utnyttjande av skogsråvara (inom såväl traditionell skogsindustri som energiindustri) och dynamisk kapacitetsplanering i industrin i ett sammanhang.

Skogen och industrikapaciteten i Sverige har vissa utgångslägen "just nu". Vi inför en tidsaxel. Tiden, t , "just nu" sätter vi till noll. Skogens virkesförråd och tillväxten i den befintliga skogen är exogena "parametrar" som beror på tidigare åtgärder.

Vi överväger att justera (expandera) kapaciteten i industrin (skogs- respektive energiindustri). Kapacitetsjustering tar viss tid. Planering, tillståndsprovning och byggande tar tid. Om vi beslutar om detta vid $t = 0$ så kan kapaciteten börja användas vid tiden t_1 .

Den kapacitetsjustering (ökning) som vi genomför vid t_1 är en beslutsvariabel.

När vi beslutar om denna kapacitetsjustering så beaktar vi också skogstillståndet och dess förändringar över tiden, vilka kommer att bero på avverkningsnivåerna i framtida perioder, vilka i sin tur beror på skogs- och energiindustrins framtida produktion. Skogsavverkningen och industrikapaciteten anpassas dynamiskt till varandra så att bästa totalekonomi kan erhållas.

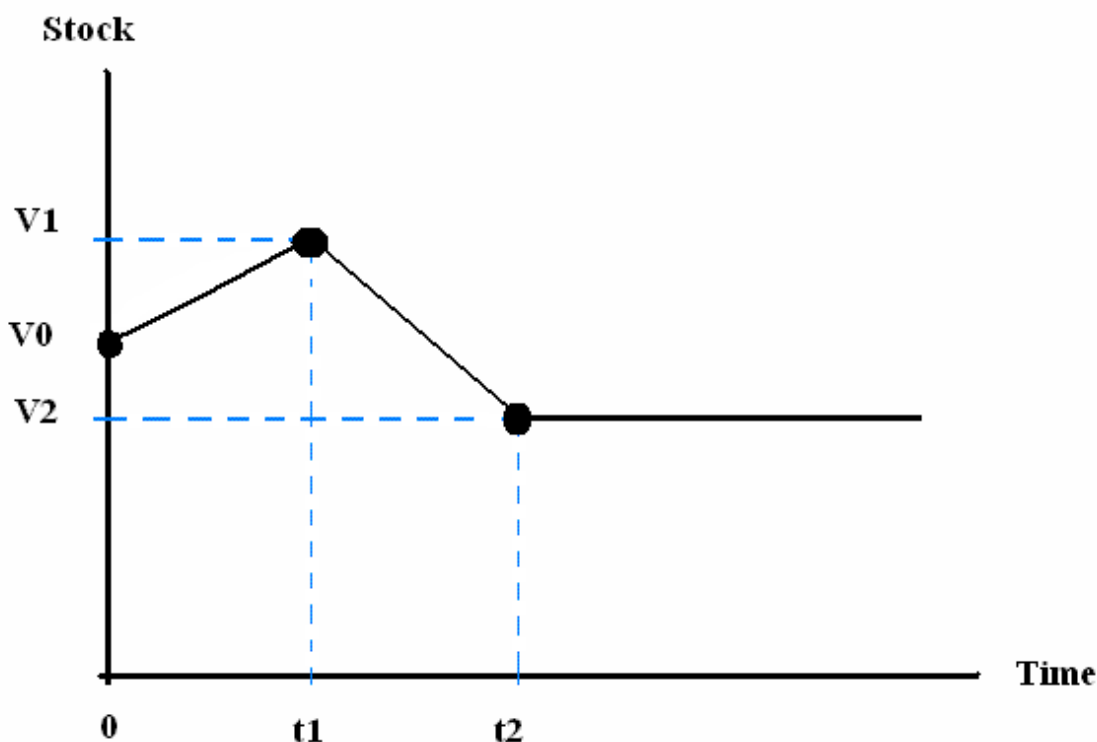
Vi inser följande: Om vi expanderar industrin mycket, så kan det hända att vi vissa år behöver använda mer skogsråvara än vad tillväxten ger oss under samma år. I så fall kommer virkesförrådet att sjunka över tiden. Vissa år kan också det motsatta gälla, d.v.s. att vi förbrukar mindre än tillväxten och därmed bygger upp virkesförrådet till kommande perioder. Så har situationen redan varit under nästan 100 år, vilket framgår av Figur 1. och Figur 2.. Vi måste därför bestämma oss för vilken den lägsta acceptabla virkesförrådsnivån är.

När vi väl vet vilken den lägsta acceptabla virkesförrådsnivån är, så kan vi också räkna ut hur lång tid vi kommer att kunna använda nyinvesterad industrikapacitet innan denna eventuellt till viss del måste förses med råvara från annat håll, flyttas till andra regioner eller tas ur drift. Den tidpunkt när vi kommer ner till den lägsta acceptabla virkesförrådsnivån kallar vi t_2 .

Inom tidsintervallet 0 till t_1 så tar vi ut samma avverkningsvolym som vid tidpunkt 0. Denna volym användes i den existerande industrin liksom tidigare. Avverkningsnivån är då h_0 .

Inom tidsintervallet t_1 till t_2 tar vi ut den avverkningsvolym som behövs för att använda den industrikapacitet som vi kommer att ha i det tidsintervallet. Den årliga avverkningsvolymen är då h_1 .

Från och med tidpunkt t_2 tar vi ut en avverkningsvolym, h_2 , som exakt motsvarar tillväxten. Det innebär att vi från och med den tidpunkten har konstant och uthållig verksamhet såväl i skogen som i industrin.



Figur 8.

Virkesförrådet (Stock) som funktion av tiden inom ramen för Totalperspektiv I.

Vi kan beskriva Totalperspektiv I via följande formel:

$$\max_{h_1} \pi = \int_0^{t_1} z_0 h_0 e^{-rt} dt + \int_{t_1}^{t_2} z_1 h_1 e^{-rt} dt + \int_{t_2}^{\infty} z_2 h_2 e^{-rt} dt$$

Vi studerar det totala värdet (nuvärdet) av de tre sektorerna SSB, SSI och SEI. Vi strävar efter att maximera detta värde genom att välja mest lämpliga värde på avverkningsnivån h_1 inom tidsintervallet t_1 till t_2 , vilken samtidigt bestämmer den nödvändiga industrikapaciteten inom samma tidsintervall. Kalkylräntan i kontinuerlig tid är r .

z_0, z_1 respektive z_2 betecknar ”nettointäkter”, d.v.s. intäkter minus kostnader per miljon kubikmeter som avverkas och användes i industri (skogsindustri och/eller energiindustri) inom respektive period. När nettointäkterna beräknas tar vi med såväl drivningskostnader och efterföljande förnygringskostnader i skogsbruket som alla relevanta intäkter och kostnader i skogs- och energiindustri samt kostnader i infrastruktur och logistik.

Följande ekvationer är centrala:

$$V_0 = 3000$$

$$V_1 = V_0 + (g - h_0)t_1$$

$$V_\infty = ?$$

$$h_1 = ?$$

$$t_2 = t_1 + \frac{(V_1 - V_\infty)}{(h_1 - g)}$$

Dessa kan motiveras på följande sätt: Virkesförrådet i utgångsläget, V_0 , är ca 3000 miljoner m3sk. Se Figur 1. Virkesförrådet vid t_1 , V_1 , kommer att vara lika med V_0 plus tillväxt, g , minus avverkning, h_0 , under vart och ett av åren fram till och med t_1 .

Virkesförrådet som vi eftersträvar efter tidpunkten t_2 kallar vi V_2 vilket också ska vara lika med det virkesförråd som vi vill ha i all framtid, V_∞ . Denna måste vi fastslå.

Vi kan explicit räkna ut de tre integralerna och beskriva optimeringsproblemet på följande sätt:

$$\max_{h_1} \pi = z_0 h_0 I_0 + z_1 h_1 I_1 + z_2 h_2 I_2$$

$$I_0 = \frac{(1 - e^{-rt_1})}{r}$$

$$I_1 = \frac{(e^{-rt_1} - e^{-rt_2})}{r}$$

$$I_2 = \frac{e^{-rt_2}}{r}$$

Bivillkoren är desamma som tidigare.

I de numeriska analyserna använder vi dessa sorter:

Målfunktionen, π , anges i miljarder SEK, virkesförråd anges i Mm3sk, tillväxt och avverkning anges i Mm3sk/år och tid anges i sorten år.

Tabell 3.

Parametrar använda vid optimering av strategi vid "Totalperspektiv I".

Dessa parametrar har valts eftersom de i stort sett beskriver situationen under Januari 2008. Nettointäkterna z_0, z_1, z_2 har alla normaliserats till "1" KSEK/m³sk. Detta är ett antagande som EJ har empiriskt underlag. Empiriska data gällande framtida förhållanden kommer vi aldrig att ha i förväg. Den intresserade läsaren uppmuntras att använda datorprogrammen med alternativa värden på dessa nettointäkter och se vad detta betyder för lösningarna. Vi noterar också att nettointäkterna i vissa situationer kan påverkas av verksamhetsvolymerna, särskilt på kort sikt. Så länge som de svenska skogs- och skogsenergisektorerna kan betraktas som små i relation till de relevanta delarna av världsmarknaderna så kan vi dock i översiktliga kalkyler över långa tidshorisonter betrakta dessa nettointäkter som exogena konstanter.

Kalkylränta	r	0,06
Tillväxt nu	g	106
Tillväxt med ny skog	g	106
	t1	5
Virkesförråd nu	v0	3000
Avverkning före t1	h0	86
	z0	1
	z1	1
	z2	1

Tabell 4.

Bestämningar av målfunktionsvärde π samt t_2 för olika val av h_1 förutsatt att $V_\infty = 3000$.

V_∞	h_1	t_2	π
3000	106	∞	1680
3000	108	55	1703
3000	110	30	1718
3000	112	21,6	1727
3000	114	17,5	1732
3000	116	15	1735

Observationer

- Även om vi inte är beredda att sänka virkesförrådet från dagens mycket höga nivå så bör vi öka avverkningen ordentligt under en lång period. h_1 kan exempelvis läggas på nivån 110 (Mm3sk/år) vilket är mycket mer än ca 86 Mm3sk/år, avverkningsnivån under första delen av det första decenniet under 2000-talet. I så fall kan den expanderade kan industrikapaciteten användas fullt ut under 25 år.
- I denna kalkyl har inte heller ökad tillväxt i ny skog beaktats.

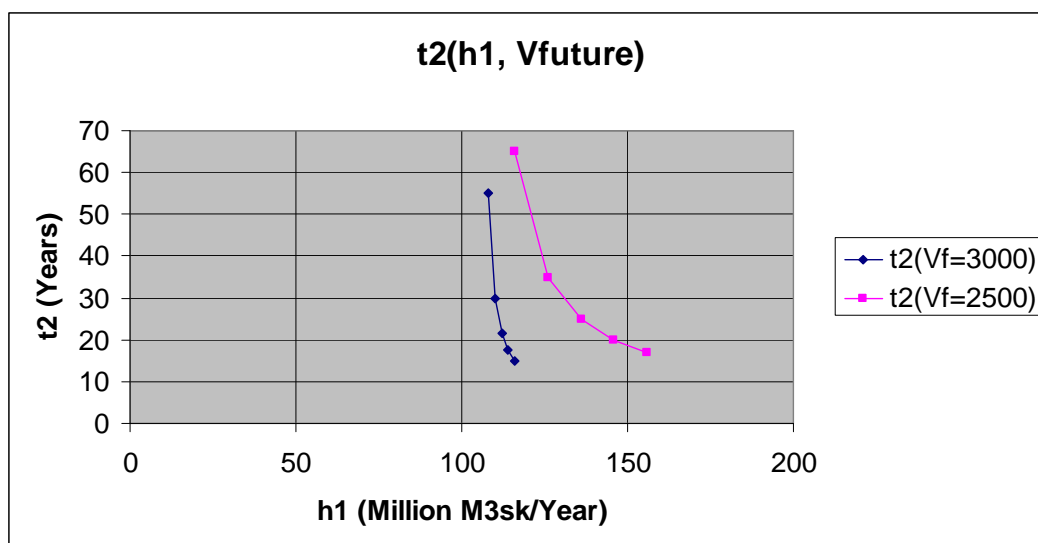
Tabell 5.

Bestämningar av målfunktionsvärde π samt t_2 för olika val av h_1 förutsatt att $V_\infty = 2500$.

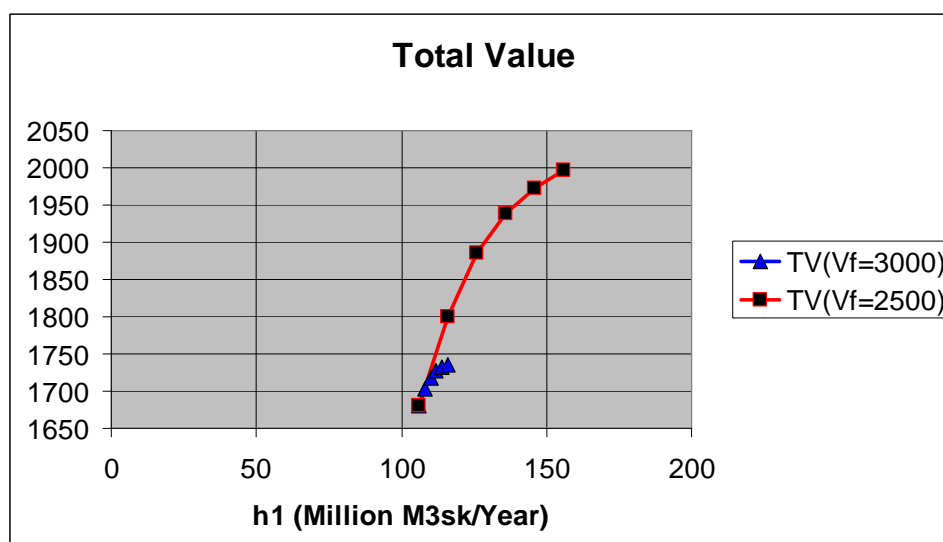
V_∞	h_1	t_2	π
2500	106	∞	1680
2500	116	65	1800
2500	126	35	1886
2500	136	25	1939
2500	146	20	1973
2500	156	17	1997

Observationer

- Om vi är beredda att justera virkesförrådsnivån till den nivå som gällde 1985 (ca 2 500 Mm3sk. Jämför Figur 1..) så bör vi öka avverkningen rejält under en lång period.
- Det totala ekonomiska värdet stiger då mycket.
- I denna kalkyl har inte heller ökad tillväxt i ny skog beaktats.

**Figur 9.**

t_2 som funktion av h_1 och V_∞ (= Vfuture) för Totalperspektiv I med redovisade parametrar.

**Figur 10.**

Målfunktionsvärde π som funktion av h_1 och V_∞ (= Vf) för Totalperspektiv I med redovisade parametrar.

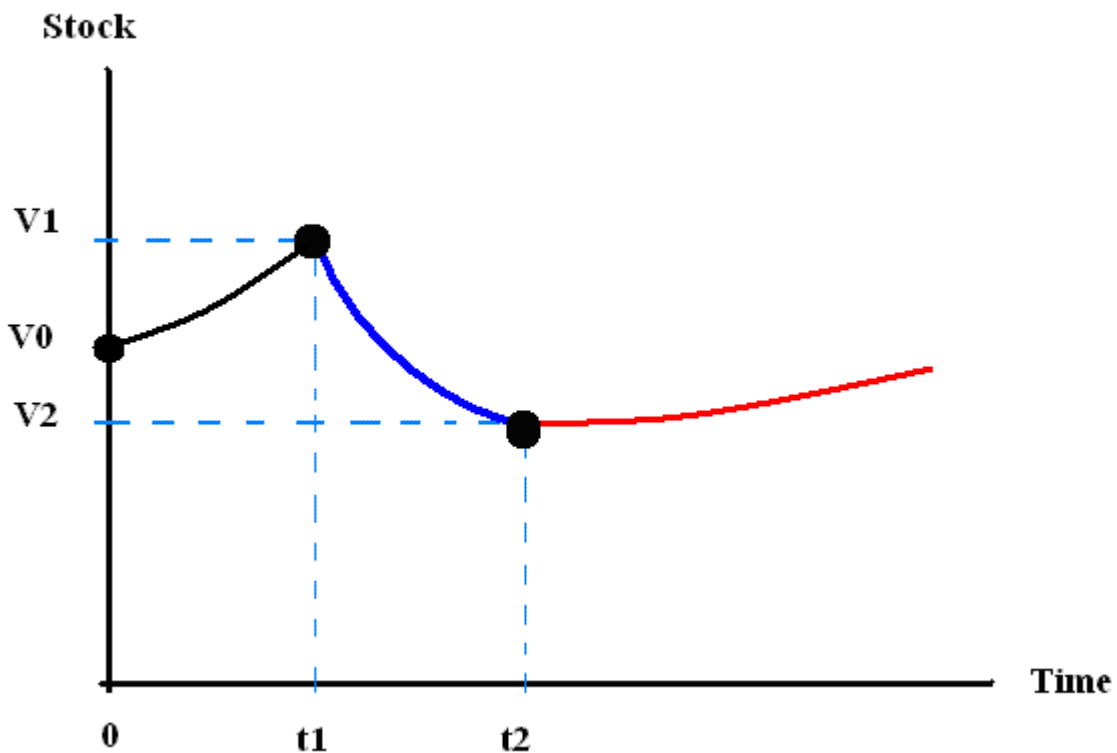
I Appendix 1 bevisas att det totala ekonomiska värdet ökar med storleken på den nya industrikapaciteten. Detta gäller dock endast så länge som tiden för kapacitetsutnyttjande inte understiger kapacitetens ekonomiska livslängd m.h.t. relevanta omständigheter. Man kan givetvis explicit ta hänsyn även till dessa frågor i kalkylerna. Då krävs emellertid mer omfattande empiriska underlag avseende kapacitetskostnadsfunktioner.

Läsaren uppmuntras att själv genomföra motsvarande kalkyler med alternativa parametrar via denna länk: <http://www.lohmander.com/ef2008/ef2008.htm> I Appendix 3 beskrivs programmet och dess användning.

Operationsanalys med ekonomisk optimering ur Totalperspektiv II

Totalperspektiv II motsvarar Totalperspektiv I på de flesta sätt. Några skillnader är dock dessa:

I Totalperspektiv II tar vi hänsyn till att tillväxten i den skog som planteras efter det att den befintliga skogen avverkas kan vara annorlunda. I de flesta fall kan man visa att nytt plantmaterial kommer att ge klart högre tillväxt än det tidigare använda plantmaterialet. Detta beror på att växtförädling har bedrivits under lång tid. Längre fram i denna text ska typiska siffror på sådan tillväxtförbättring redovisas. I många fall kan man också tänka sig att skogsmarken efter avverkning planteras med mer snabbväxande arter. Svensk tall, *Pinus silvestris*, kan exempelvis bytas ut mot Contorta, *Pinus contorta*, i många situationer. Dessa trädslag har mycket likartade egenskaper bortsett från att det senare trädslaget växer avsevärt snabbare. Man kan också byta trädslag med hänsyn till energiindustrins ökande betydelse. Det är givetvis normalt inte fallet att de optimala valen av trädslag är oberoende av vilken slags industri som med tiden ska använda den råvara som producerats.



Figur 11.

Virkesförrådet (Stock) som funktion av tiden inom ramen för Totalperspektiv II.

Eftersom den areal som är föryngrad med mer snabbväxande skog efterhand ökar, så ökar även tillväxten. Därför utgör virkesförrådskurvorna strikt konvexa funktioner av tiden inom

varje tidsintervall, trots att industrikapaciteten, industriproduktionen och avverkningsnivåerna är konstanta inom respektive tidsintervall. Indusrikapaciteten från och med t_2 anpassas i modellen till den tillväxt vi kommer att ha vid tidpunkt t_2 . Det innebär att virkesförrådsnivån kommer att fortsätta att stiga bortom den tidpunkten, eftersom den areal som blir föryngrad med mer snabbväxande skog fortfarande ökar. Man kan räkna ut att virkesförrådskurvan även i detta intervall kommer att vara en strikt konvex funktion av tiden förutsatt att industrikapaciteten verkligen låses fast till den nivå som gäller vid tidpunkt t_2 . I modellkalkylerna inom Totalperspektiv II inkluderas ej möjligheten att öka industrikapaciteten bortom tidpunkt t_2 , vilket innebär att resultaten från Totalperspektiv II kan sägas innebära en underskattning av de verkliga ekonomiska möjligheterna.

I Totalperspektiv II antar vi att all avverkning sker som slutavverkning.

I Totalperspektiv II låser vi t_2 istället för V_∞ . Vi följer givetvis upp vilket värde vi får på virkesförrådet vid t_2 och benämner detta V_2 .

En central fråga är denna:

Hur snabbt växer ny skog?

Skogsvårdschef Skog Dr. Per Persson, SCA, konstaterar att contortatall, *Pinus contorta*, i medeltal växer 40% snabbare än svensk tall, *Pinus silvestris*. (Referat från Jägmästarnas förenings höstexkursion i Skogsakademikern, Årgång 21, Nr 4, 2007)

Skog Dr. Bo Karlsson, Skogforsk, säger beträffande förädlingsprojekten kring gran i Sverige följande (Citat): *"Förädlad gran ger redan idag 15 procent bättre resultat än självföryngrad, men det finns en potential som är ännu högre. Förädlingsvinster upp till 40 procent är ingen omöjlighet."* (Slut citat) (Referat från Skogsvårdsstyrelsens seminarium "Granen i fokus" i Borås, Tidningen Skogsvärden, Nr 4, 2005)

http://www.skogssallskapet.se/skogsvarden/2005_4/sv13.php

Distriktschef och jägmästare Fredrik Klang, Sveaskog, argumenterar för intensivskogsbruk.

- *Ta skogen på allvar. Börja med intensivskogsbruk!* Det utropar Fredrik Klang distriktschef i Västra Götaland för Sveaskog. Han säger att en produktionsökning på 20 procent är lätt att åstadkomma om man verkligen vill. Med gödsling skulle produktionen till och med kunna öka med 150 procent.
- *Kanske kan vi utnyttja 2-5 procent av arealen till en intensivare produktion. Om 10 procent av skogsmarken intensivodlas, som man idag avsätter till miljööndamål, skulle det ge 15 procent totalt högre produktion virkesproduktion i landet.*
- *Det i sin tur skulle ge högre sysselsättning, bättre miljö och bättre tillväxtpotential.*

(Referat från Skogsvårdsstyrelsens seminarium "Granen i fokus" i Borås, Tidningen Skogsvärden, Nr 4, 2005)

http://www.skogssallskapet.se/skogsvarden/2005_4/sv13.php

Tabell 6.

Parametrar använda vid optimering av strategi vid "Totalperspektiv II".

Dessa parametrar har valts eftersom de i stort sett beskriver situationen januari 2008. (Se Figur 1. och Figur 2.)

Nettointäkterna z_0, z_1, z_2 har alla normaliserats till "1" KSEK/m³sk. Jämför Tabell 3.

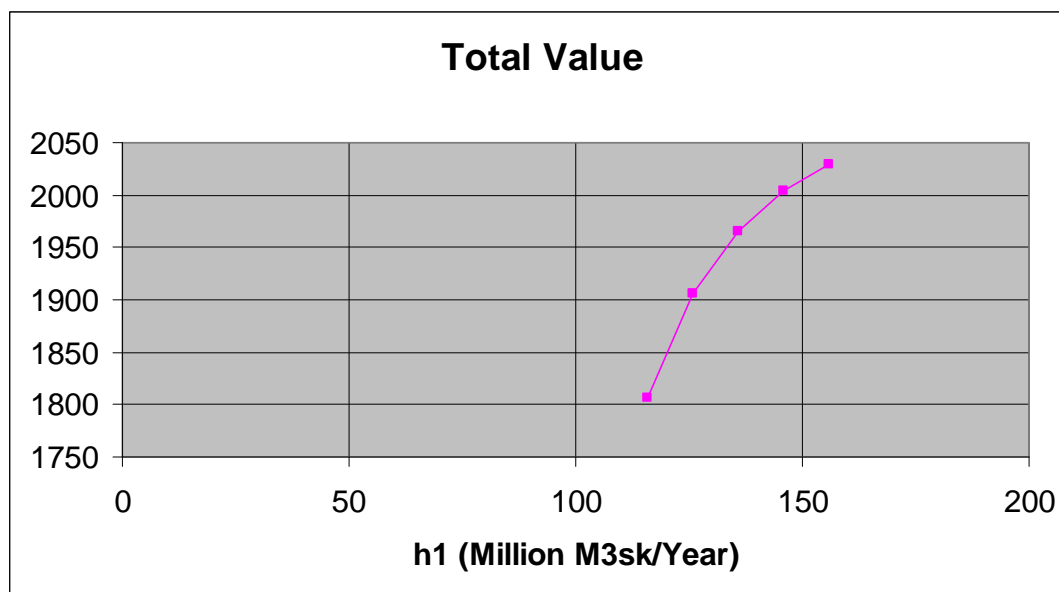
ATKvot är virkesförråd i slutavverkningsskog dividerad med medeltillväxt per hektar och år i den ursprungliga skogen. Parametern ATKvot påverkar hur stor areal som förnygras med ny skog varje år. I kalkylerna antar vi att den tillväxt som vi har i utgångsläget, 106 Mm³sk per år, ökar med 20 Mm³sk per år (till 126 Mm³sk per år) efter det att ny skog har planterats i hela landet. Detta motsvarar en relativ tillväxtökning av 19% ($126/106 - 1 = 19\%$).

Kalkylränta	r	0,06
Tillväxt nu	g0	106
Tillväxt med ny skog	g1	126
	t1	5
Virkesförråd nu	v0	3000
Avverkning före t1	h0	86
	z0	1
	z1	1
	z2	1
	ATKvot	80

Tabell 7.

Bestämningar av målfunktionsvärde π samt V_2 för olika kombinationer av h_1 och t_2 .

h_1	t_2	π	V_2
116	65	1806	3055
126	35	1906	2666
136	25	1966	2586
146	20	2004	2556
156	17	2029	2541



Figur 12.

Målfunktionsvärde π (= Total Value) som funktion av h_1 för Totalperspektiv II med redovisade parametrar. (Även t_2 har varierats för olika värden på h_1 , vilket dock ej syns i figuren.)

Observationer

- I denna kalkyl har viss ökad tillväxt i ny skog efter avverkning beaktats. ($126/106 - 1 = 19\%$). Kalkylen har inte på långa vägar utnyttjat hela den möjliga ökningen av tillväxten i den nya skogen vilken enligt redovisade uppgifter ligger på ca 40 % (eller mer vid intensivodling).
- Vi bör ändå öka avverkningen ordentligt under en lång period.
- Avverkningen kan exempelvis läggas på ca 136 Miljoner m3sk per år under en 20-årsperiod. Denna period inleds om fem år. Om 25 år har vi ca 2.6 miljarder kubikmeter kvar i skogen (vilket motsvarar läget i slutet av 1980-talet) även om vi inte räknar med mer än 19% tillväxtökning efter nyplantering, vilket bör vara en underskattning.
- Det totala ekonomiska värdet stiger kraftigt.
- Industri av olika slag som utnyttjar skogsråvara bör expanderas mycket. Sysselsättning förbättras kraftfullt under lång tid i hela landet.

Läsaren uppmuntras att själv genomföra motsvarande kalkyler med alternativa parametrar via denna länk: <http://www.lohmander.com/ef2008/efchange2008.htm>

I Appendix 4 beskrivs programmet och dess användning.

Aktuella observationer

Skogspolitiken och dess styrmedel är ej optimalt valda m.h.t. Sveriges ekonomi, sysselsättning och miljö.

Om vi ska uppnå bästa möjliga skogssektor och energipolitik krävs koordinerade insatser av en helt ny karaktär.

Energiföretag investerar i januari 2008 kraftfullt i bioenergi Sverige. Ett exempel på detta är följande (Citat):

”Eons nye Nordenchef Håkan Buskhe aviserar stora investeringar i Sverige under de kommande åren. Mellan 2007 och 2013 är planerna värda närmare 50 miljarder kronor, skriver Dagens Industri. – Bara mellan 2007 och 2010 handlar det om 37 miljarder kronor, säger Buskhe till tidningen. Med satsningar på kärnkraft, där Eon är delägare i samtliga tio svenska reaktorer, ett kraftvärmeverk i Malmö, vindkraft och fyra kraftverk för biobränsle ska investeringarna ge ett nytillskott på 8,5 terawattimmar. Det motsvarar ungefär de två reaktorer som stängts i Barsebäck. Genom en pågående bytesaffär tar Eon över norska Statkrafts stora andel av Eon Sverige. Eon Sveriges resultat efter finansnetto för årets tre första kvartal blev 4,7 miljarder kronor.” (Slut citat)

Källa:

Buskhe, H., E.ON Miljardsatsar i Sverige, Realtid.se, 2008-01-02:

http://www.realtid.se/ArticlePages/200801/02/20080102074036_Realtid996/20080102074036_Realtid996.dbp.asp

De översiktliga (och medvetet försiktiga!) kalkylerna i denna text visar att man skulle kunna motivera mycket stora ökning av kapaciteten i skogsindustri- och/eller energiindustri grundad på skogsråvara i landet.

Avverkningen skulle exempelvis kunna läggas på 126 Mm³sk/år mellan år 2013 och 2043. Detta innebär en ökning med ca 40 Mm³sk per år eller motsvarande ca 80 TWh per år!

Generella observationer

- Svenskt skogsbruk präglas absolut inte av för höga avverkningsnivåer.
- Sverige skulle vinna mycket på att kraftigt öka avverkningsnivån under mycket lång tid.
- Vi kan gärna avstå från det allt dyrbarare importvirket från Ryssland.
- Vi kan behålla verksamheten i Norrsundet. Arbetslöshet i Gävleregionen är helt onödig.
- Svensk Skogsindustri och Svensk Energiindustri grundad på råvaror från skogen bör expanderas rejält!

Referens:

Lohmander, P., Lagg inte ned Svensk skogsindustri på grund av virkesbrist, Krönika, Nordisk Papper och Massa 8/2007

http://www.Lohmander.com/kronika_NPM07.pdf

Åtgärdsförslag

Sverige bör inrätta en kommission med följande uppdrag:

”Utforma en koordinerad utvecklingsplan för skogs-, energi- och fordons- sektorerna i Sverige som är rationell m.h.t. totalekonomi, sysselsättning och miljö.”

Kommissionen måste vara sektorövergripande och tilldelas därför, direkt av Regeringen, en budget på 50 MSEK och rapporterar direkt till Regeringen vid ett tillfälle per år under 2009, 2010 samt 2011.

Kommissionens organisation: Peter Lohmander (ordf.), Skogssektorn, Energisektorn, Fordonsindustrin och Miljödepartementet.

Referenslista

(I förekommande fall anges Internetlänkar, vilket bör underlätta för läsaren.)

Buskhe, H., E.ON Miljardsatsar i Sverige, Realtid.se, 2008-01-02:

http://www.realtid.se/ArticlePages/200801/02/20080102074036_Realtid996/20080102074036_Realtid996.dbp.asp

Dagens Nyheter, Ekonomibilagan, 2008-01-03

Ekonomifakta, <http://www.ekonomifakta.se/>

Energimyndigheten, <http://www.energimyndigheten.se/>

Faustmann, M., Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen, Allgemeine Forst und Jagd-Zeitung, No 25, 1849

Johansson, P.O., Löfgren, K.G., The economics of forestry and natural resources, Blackwell, 1985

Lohmander, P., Vinster/kostnadsminskningar via contorta (eng: Profit improvements through the use of pinus Contorta), Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift, No. 1, 1982

Lohmander, P., Product price risk and the investment intensity in a two stage decision process, The 14th conference on stochastic processes and their applications, The Bernoulli Society for Mathematical Statistics and Probability, Abstracts, Chalmers, Gothenburg, Sweden, 1984

Lohmander, P., On the optimal choice of species under the influence of price risk, Current Research in Forest Economics in the Scandinavian Countries, Helles Editor, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, No. 20, 1985

Lohmander, P., Continuous extraction under risk, IIASA, International Institute for Applied Systems Analysis, Systems and Decisions Sciences, WP-86-16, March 1986

Lohmander, P., Pulse extraction under risk and a numerical forestry application, IIASA, International Institute for Applied Systems Analysis, Systems and Decisions Sciences, WP-87-49, June 1987

Lohmander, P., The economics of forest management under risk, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Economics, Report 79, 1987 (Doctoral dissertation) (Doktorsavhandling), 311p

Lohmander, P., Helles, F., Windthrow probability as a function of stand characteristics and shelter, SCANDINAVIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH, Vol. 2, No. 2, 227-238, 1987

Lohmander, P., Ekonomiskt optimal avverkning med hänsyn till stormfallningar, SKOGSBRUKETS EKONOMI, Skogsfakta Konferens, No. 11, 32-37, 1988

Lohmander, P., Continuous extraction under risk, SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION, Vol. 5, No. 2, 131-151, 1988

Lohmander, P., Pulse extraction under risk and a numerical forestry application, SYSTEMS ANALYSIS -MODELLING - SIMULATION, Vol. 5, No. 4, 339-354, 1988

Lohmander, P. (Editor), SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS, No. 31, 1989, Proceedings of the biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics, Visby, Sweden, May-June, 1989

Lohmander, P., Optimal resource control in continuous time without Hamiltonian functions, SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION, Vol. 6, No. 6, 421-437, 1989

Lohmander, P., Stochastic dynamic programming with a linear programming subroutine: Application to adaptive planning and coordination in the forest industry enterprise, in Lohmander P. (editor), SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS, No. 31, 51p, 1989

Lohmander, P., A quantitative adaptive optimization model for resource harvesting in a stochastic environment, SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION, Vol. 7, No. 1, 29-49, 1990

Lohmander, P., The rotation age, the constrained Faustmann problem and the initial conditions, SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION, Vol. 7, No. 5, 377-395, 1990

Lohmander, P., Flexibilitet - en ledstjärna för all ekonomisk skoglig planering, SKOGSFAKTA, Inventering och Ekonomi, No. 23, 4p, 1990

Lohmander, P., The multi species forest stand, stochastic prices and adaptive selective thinning, SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION, Vol. 9, 229-250, 1992

Lohmander, P., Continuous harvesting with a nonlinear stock dependent growth function and stochastic prices: Optimization of the adaptive stock control function via stochastic quasi-gradient method, in: Hagner, M. (editor), Silvicultural Alternatives, Proceedings from an internordic workshop, June 22-25, 1992, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Silviculture, No. 35, 198-214, 1992

Lohmander, P., The optimal dynamic production and stock levels under the influence of stochastic demand and production cost functions: Theory and application to the pulp industry enterprise, SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION, Vol.10, Issue 2, 1992

Lohmander, P., Adaptive economic forest management - recent findings, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Economics, WP-152, 1992

Lohmander, P., Economic two stage multi period species management in a stochastic environment: The value of selective thinning options and stochastic growth parameters, *SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION*, Vol. 11, 287-302, 1993

Lohmander, P., Decision optimization with stochastic simulation subroutines: Relation to analytical optimization of capacity investment and production, presented at the "4th International Conference of Systems Analysis and Simulation 1992", *SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION*, Vol. 10, 279-314, 1993

Lohmander, P., Adaptive decision making in forestry, in: Paredes G. (editor), *Forest management and planning in a competitive and environmentally conscious world*, proceedings from: International Symposium on Systems Analysis and Management Decisions in Forestry, March 9-12, 1993, Valdivia, Chile, 411-421, 1994

Lohmander, P., The economically optimal number of plants, the damage probability and the stochastic roundwood market, in Paredes, G. (editor), *Forest management in a competitive and environmentally conscious world*, proceedings from: International Symposium on Systems Analysis and Management Decisions in Forestry, March 9-12, Valdivia, 1993, Chile, 290-314, 1994

Lohmander, P. (editor), *Tillämpad ekonomistyrning för skogliga problem*, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Economics, WP-183, 1994

Lohmander, P., Adaptive transportation and production in a multi factory forest company with regionally distributed stochastic roundwood prices, in: Helles, F., Linddal, M. (editors), *SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS*, Proceedings from the biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics, Denmark, November 1993, No. 35, 1994

Lohmander, P., Qualitative conclusions in dynamic resource economics and the consequences of alternative models, in: Helles, F., Linddal, M. (editors), *SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS*, Proceedings from the biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics, Denmark, November, 1993, No.35, 153-164, 1994

Lohmander, P., Expansion dynamics and noncooperative decisions in stochastic markets: - Theory and pulp industry application, in: Helles, F., Linddal, M. (editors), *SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS*, Proceedings from the Scandinavian Society of Forest Economics, Denmark, November, 1993, No. 35, 1994

Lohmander, P., Reservation price models in forest management: Errors in the estimation of probability density function parameters and optimal adjustment of the biasfree point estimates, *Management Systems for a Global Forest Economy with Global Resource Concerns*, Society of American Foresters, Asilomar, California, September 1994, Brodie, D. & Sessions, J., (Editors), College of Forestry, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA, 439-456, 1995

Lohmander, P. (editor), *Applied economic control - Part 1*, a graduate course with forest and forest industry applications, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Economics, WP-216, 1995

Lohmander, P., Optimization of decentralized adaptive truck decision rules: - A spatial dynamic stochastic forest company problem, paper presented at the "Natural Resource Management Cluster" of the TIMS/ORSA meeting, Los Angeles, April 23-26, 1995(See also 1997)

Lohmander, P., The optimal production capacity when product prices vary: - Explicit functions and a forest industry application (Abstract), IFORS 96, International Federation of Operations Research Societies, 14th Triennial Conference, Vancouver B.C., July, 1996

Lohmander, P., (Editor), Analyser av ekonomiskt optimala beslut pa en skogsfastighet I Vasterbottens kustland 1996 (eng: Analyses of economically optimal decisions at a forest estate at the coast of Vasterbotten in 1996),Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Economics, WP-230, 109p, 1996

Lohmander, P., Optimization of decentralized adaptive truck decision rules: - A spatial dynamic stochastic forest company problem, paper presented at the "Natural Resource Management Cluster" of the TIMS/ORSA meeting, Los Angeles, April 23-26, 1995,and at the general meeting of Scandinavian Society of Forest Economics, Finland, 1996, in Saastamoinen, O. & Tikka S., (Editors), SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS, 36., 73-87, 1997

Lohmander, P., The constrained probability orbit of mixed strategy games with marginal adjustment: General theory and timber market application, SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION, Vol. 29, 27-55, 1997

Lohmander, P., (Editor), 1999, Proceedings of the Biennial Meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics, Umeå, Sweden, May - June 1998, SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS, No. 37, 1999

Hagner, M., Lohmander, P., Lundgren M., Choice of tree in selection system, in: Lohmander, P., (Editor), 1999, Proceedings of the Biennial Meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics, Umeå, Sweden, May - June 1998, SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS, No. 37, 1999

Lohmander, P., Economically optimal harvesting over time, forest act constraints, economies of scale in harvesting operations and stochastic markets, in: Lohmander, P., (Editor), 1999, Proceedings of the Biennial Meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics, Umeå, Sweden, May - June 1998, SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS, No. 37, 9p, 1999

Lohmander, P., Optimal sequential forestry decisions under risk, ANNALS OF OPERATIONS RESEARCH, Vol. 95, pp. 217-228, 2000

Lohmander, P., Optimal "continuous" harvesting in forestry, economies of scale and stochastic prices, in EURO 2001, The European Operational Research conference, Rotterdam, The Netherlands, July 9-11, 2001, ABSTRACTS, Association of European Operational Research Societies, 2001, <http://www-sekon.SLU.se/~PLO/euroXViii/Prelprogram.html>

Lohmander, P., Optimal forestry decisions under risk when there are global constraints, in EURO 2001, The European Operational Research conference, Rotterdam, The Netherlands, July 9-11, 2001, ABSTRACTS, Association of European Operational Research Societies, 2001, <http://www-sekon.SLU.se/~PLO/euroXViii/Prelprogram.html>

Hagner, M., Lohmander, P., Lundgren, M., Computer-aided choice of trees for felling, FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT 151, 151-161, 2001

Lohmander, P., Optimal continuous harvesting with economies of scale and stochastic prices, Abstract, Solberg, B. (Editor), SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS, No. 37, 2001

Lohmander, P., Optimal pulse harvesting with economies of scale and stochastic prices, Abstract, Solberg, B. (Editor), SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS, No. 37, 2001

Lohmander, P., Optimala beslut inför osäker framtid, FAKTA SKOG, SUAS, Nr 10, 2001

Lohmander, P., Alternative versions of the Faustmann problem and corresponding optimal solutions, in Chang, Sun J., (Editor), Proceedings of International Symposium, 150 Years of the Faustmann Formula : The Consequences for Forestry and Economics in the Past, Present, and Future, October 3-6, 1999, at The Hunting Castle of Kranichstein in Darmstadt, Germany, 75-91 (IUFRO 4.04.04 Working Party, Economic Planning Systems for Forest Management), Louisiana State University Agricultural Center, 2002, <http://www-sekon.SLU.se/~PLO/Fausymp/AltFau10.htm>

Lohmander, P., Rationella överväganden och kalkyler behövs i skogsnäringen precis som på andra håll i samhället, Västerbottens-Kuriren Debatt, 2002-06-21

Lohmander, P., On risk and uncertainty in forest management planning systems, in: Heikkinen, J., Korhonen, K. T., Siitonen, M., Strandström, M and Tomppo, E. (eds). 2002. Nordic trends in forest inventory, management planning and modelling. Proceedings of SNS Meeting in Solvalla, Finland, April 17-19, 2001. Finnish Forest Research Institute, Research Papers 860, p 155-162, ISBN 951-40-1840-0, ISSN 0385-4283

Lohmander, P., Olsson, L., Adaptive optimisation in the roundwood supply chain, SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION (forthcoming) and in Olsson L., Optimisation of forest road investments and the roundwood supply chain , Doctoral Thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria nr 310, 2004

Lohmander, P., Adaptive stochastic harvest scheduling with constraints at the forest property level, (Abstract book), New Opportunities for Operations Research, EURO/INFORMS (= The Association of European Operational Research Societies / Institute for Operations Research and the Management Sciences), Forestry Management Cluster, Istanbul, July 06-10, 2003

Lohmander, P., Optimal deterministic and stochastic continuous cover forestry, (Abstract book), New Opportunities for Operations Research, EURO/INFORMS (= The Association of European Operational Research Societies / Institute for Operations Research and the Management Sciences), Forestry Management Cluster, Istanbul, July 06-10, 2003

Lohmander, P., Kan skogen vara otillräcklig?, Västerbottenskuriren Debatt, 2003-10-06, <http://www.Lohmander.com/Information/PLVK031006.doc>

Lu, F., Lohmander, P., Optimal mixed stand management under risk, SYSTEMS ANALYSIS - MODELLING - SIMULATION (forthcoming) and in Lu, F., Optimization of forest management decision making under conditions of risk, Doctoral Thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Swedish University of Agricultural Sciences, No. 333, 2004

Landshypotek, Med skogen som spelplan, Aktuellt från Landshypotek, Gävle-Dala, Nr 1, Januari 2004 (Report from a talk by Peter Lohmander on economically optimal forestry)

Lohmander, P., Räcker inte skogen? eller Skogen räcker gott om paragrafer och rådgivning för ekonomisk skogsproduktion utvecklas!, Skogen Industrin och Framtiden, HiG, 2004-09-13, <http://www.Lohmander.com/gavle04.doc>

Lohmander, P., Optimal Continuous Cover Forest Management with Stochastic Prices and Set up Costs, INFORMS annual meeting 2004, Denver, Colorado, USA, Abstracts, <http://www.informs.org/conf/Denver2004/>

Lohmander, P., Slutsatser av stormfällningar, Västerbottenskuriren Debatt, 2005-01-18, <http://www.lohmander.com/information/storm050113.htm>

Olsson, L., Lohmander, P., Optimal forest transportation with respect to road investments, FOREST POLICY AND ECONOMICS, No 7, 369-379, 2005

Lohmander, P., Lönsammare skogsbruk utan slutavverkningar, Föredrag vid konferensen "Lönsammare och säkrare skogsbruk", Lycksele, 2005-03-17 <http://www.Lohmander.com/skogsbruk/skogsbruk.htm>

Lohmander, P., Adaptive Optimization of Forest Management in a Stochastic World, Abstracts, IFORS 2005, Institute for Operations Research and the Management Sciences, 2005, <http://www.informs.org/Conf/IFORS2005/>

Kärr, P (Interview with Peter Lohmander): Virkesbristen är en myt: Virkesförrådet har aldrig varit större, Västerbottningen, 2006-02-09

Kärr, P (Interview with Peter Lohmander): Inga fördelar med att öka förädlingen i norr, Västerbottningen, 2006-02-09

Lohmander, P., Optimal stock and purchase policy with stochastic external deliveries in different markets, forthcoming in, ..., Association of American Foresters Systems Analysis Symposium, 2006 (2006b)

Lohmander, P., Optimal stock and purchase policy with stochastic external deliveries in different markets, Power Point Presentation, <http://www.lohmander.com/Vermont2.ppt>, forthcoming on CD from Association of American Foresters Systems Analysis Symposium, 2006 (2006c)

Mohammadi, L.S., Lohmander, P., Stumpage prices in the Iranian Caspian forests, in Mohammadi L. S., Economically optimal values and decisions in Iranian forest management, Doctoral Thesis No. 2006:91, Faculty of forest Sciences, SLU, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 2006

Lohmander, P., Mohammadi, L.S., Optimal continuous cover forest management in an uneven-aged forest in the North of Iran, (submitted) and in Mohammadi L. S., Economically optimal values and decisions in Iranian forest management, Doctoral Thesis No. 2006:91, Faculty of forest Sciences, SLU, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 2006, forthcoming (after revision) in _____

Mohammadi, L.S., Lohmander, P., A game theory approach to the Iranian forest industry raw material market, Scandinavian Forest Economics No. 41, 2006 and (marginally updated) in Mohammadi, L. S., Economically optimal values and decisions in Iranian forest management, Doctoral Thesis No. 2006:91, Faculty of forest Sciences, SLU, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 2006

Kärr, P (Interview with Peter Lohmander): Skogsprofessor tonar ned Skogsstyrelsens larm: "Det är inget katastrofläge", Västerbottningen - Jord och Skog, 7 Juni, 2007, <http://www.lohmander.com/information/Vasterbottningen070607.doc>

Lohmander, P., Stochastic Dynamic Optimization of Forest Industry Company Management, Power Point Presentation, <http://www.Lohmander.com/SDO.ppt>

Lohmander, P., A Stochastic Differential (Difference) Game Model With an LP Subroutine for Mixed and Pure Strategy Optimization, Power Point Presentation, <http://www.Lohmander.com/SDG.ppt>

Lohmander, P., Adaptive Optimization of Forest Management in a Stochastic World, in Weintraub A. et al (Editors), Handbook of Operations Research in Natural Resources, Springer, Springer Science, International Series in Operations Research and Management Science, New York, USA, pp 525-544, 2007 http://www.amazon.ca/gp/reader/0387718141/ref=sib_dp_pt/701-0734992-1741115#reader-link

Mohammadi, L.S., Lohmander, P., Stumpage Prices in the Iranian Caspian Forests, Asian Journal of Plant Sciences, 6 (7): 1027-1036, 2007, ISSN 1682-3974, 2007 Asian Network for Scientific Information, <http://ansijournals.com/ajps/2007/1027-1036.pdf>

Ekman, S-O., (Interview with Peter Lohmander): Fabriken läggs ner helt i onödan, Gefle Dagblad, 2007-10-30 <http://www.gd.se/start.jsp>
<http://www.gd.se/Article.jsp?article=116927>

Lohmander, P., Skapa inte arbetslöshet när industrikapaciteten borde expanderas! (SVT Nyheter, 2007-10-30, 19.10) <http://svt.se/svt/play/video.jsp?a=379740>

Lohmander, P., Ökad avverkning skulle kunna rädda Norrsundet, Nordic Paper Journal, 2007-10-30 <http://www.papernet.se/iuware.aspx?pageid=395&ssoid=69620>

Lohmander, P., Fabriken läggs ned helt i onödan, Skogsindustrierna, 2007-10-31
<http://www.skogsindustrierna.org/litiuminformation/site/page.asp?Page=10&IncPage=578&Destination=227&IncPage2=236&Destination2=226&PKNews=5935>

Lohmander, P., Norrsundet läggs ner helt i onödan, Nordisk Papper och Massa, 2007-11-01
<http://www.branschnyheter.se/article11497.php>

Lohmander, P., Lagg inte ned Svensk skogsindustri på grund av virkesbrist, Krönika, Nordisk Papper och Massa 8/2007
http://www.Lohmander.com/kronika_NPM07.pdf

Nilsson, Per Olov, Biomassaflöden i Svensk skogsnäring, 2004:
[http://www.svo.se/episerver4/dokument/sks/Statistik/dokumenten/Produktion/Tradbransle/ProjTradbr/Biomassafloeden%20i%20svensk%20skogsnaering%202004-2\(forf%20P-O%20Nilsson,%20prof%20emer\).pdf](http://www.svo.se/episerver4/dokument/sks/Statistik/dokumenten/Produktion/Tradbransle/ProjTradbr/Biomassafloeden%20i%20svensk%20skogsnaering%202004-2(forf%20P-O%20Nilsson,%20prof%20emer).pdf)

SCA 2006 (Årsredovisning 2006):
http://www.sca.com/documents/sv/Annual_Reports/Annual_Report_2006_sv.pdf

Skogsakademikern, Årgång 21, Nr 4, 2007:
http://www.naturvetareforbundet.se/www/sn/Natur\CMS.nsf/SKN_4-07_hela_for_webb.pdf

Skogsstyrelsen, <http://www.svo.se/>

Tidningen Skogsvärden, Nr 4, 2005: http://www.skogssallskapet.se/skogsvarden/2005_4/

Appendices

Appendix 1: General proof that the total economic value is a strictly increasing function of the production (and capacity) level in the next industry generation (as long as the time when the capacity will be utilized is not sufficiently short to give “extraordinary” capacity costs.) This approach represents “Total Perspective I”.

Remark:

In this appendix, the fact that the seedlings used in new plantations will produce trees that grow faster than the initially existing trees, is not considered. If we also consider that effect, the economic value increases even more when the production (and capacity) level in the next industry generation increases. Compare Appendix 2.

Proof that $\frac{\partial \pi}{\partial h_1} > 0$

Objective function:

$$\max_{h_1} \pi = \int_0^{t_1} z_0 h_0 e^{-rt} dt + \int_{t_1}^{t_2} z_1 h_1 e^{-rt} dt + \int_{t_2}^{\infty} z_2 h_2 e^{-rt} dt$$

Variables and parameters:

π = Total present value of all harvesting and different kinds of industrial production from time 0 until eternity.

r = rate of interest in continuous time in the capital market. $e^{rt} = (1+i)^t$ where i denotes the rate of interest in discrete time. Hence, if we know i , we may determine r from the equation $r = \ln(1+i)$. For small i , $r \approx i$.

t_1 = the point in time when the use of the new industrial capacity generation starts.

t_2 = the point in time when the new industrial capacity generation *may* become closed down.

z_0 = Total profit per time unit and harvested and processed raw material unit from the forest during the time interval 0 to t_1 .

z_1 = Total profit per time unit and harvested and processed raw material unit from the forest during the time interval t_1 to t_2 .

z_2 = Total profit per time unit and harvested and processed raw material unit from the forest during the time interval t_2 to eternity.

h_0 = harvested and processed raw material volume per time unit from the forest in the time interval 0 to t_1 .

h_1 = harvested and processed raw material volume per time unit from the forest in the time interval t_1 to t_2 .

h_2 = harvested and processed raw material volume per time unit from the forest in the time interval t_2 to eternity.

The objective function may be simplified like this:

$$\max_{h_1} \pi = \int_0^{t_1} z_0 h_0 e^{-rt} dt + \int_{t_1}^{t_2} z_1 h_1 e^{-rt} dt + \int_{t_2}^{\infty} z_2 h_2 e^{-rt} dt$$

$$\max_{h_1} \pi = z_0 h_0 \int_0^{t_1} e^{-rt} dt + z_1 h_1 \int_{t_1}^{t_2} e^{-rt} dt + z_2 h_2 \int_{t_2}^{\infty} e^{-rt} dt$$

$$\max_{h_1} \pi = z_0 h_0 I_0 + z_1 h_1 I_1 + z_2 h_2 I_2$$

$$I_0 = \frac{(1 - e^{-rt_1})}{r}$$

$$I_1 = \frac{(e^{-rt_1} - e^{-rt_2})}{r}$$

$$I_2 = \frac{e^{-rt_2}}{r} \quad (\text{for } r > 0)$$

Constraints:

In the first model we make the assumption that the growth, g , is constant.

The initial stock level is V_0 . The stock level at t_1 will be V_1 .

$$V_1 = V_0 + (g - h_0)t_1$$

We assume that we reach stock level V_∞ at t_2 . Then, we select a harvest level after t_2 such that we harvest exactly g . As a result, the stock level will always be V_∞ after t_2 .

We may specify the desired value of V_∞ . As a result, we obtain t_2 from this equation:

$$t_2 = t_1 + \frac{(V_1 - V_\infty)}{(h_1 - g)}$$

Optimization

We specify the desired level of V_∞ . Then, we search for a maximum of π with respect to h_1 .

$$\max_{h_1} \pi = z_0 h_0 I_0 + z_1 h_1 I_1(t_2(h_1)) + z_2 h_2 I_2(t_2(h_1))$$

...

$$I_1 = \frac{e^{-rt_1} - e^{-rt_2}}{r}$$

$$I_2 = \frac{e^{-rt_2}}{r}$$

...

$$t_2 = t_1 + \frac{V_1 - V_\infty}{h_1 - g}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = z_1 I_1 + z_1 h_1 \frac{\partial I_1}{\partial t_2} \frac{\partial t_2}{\partial h_1} + z_2 h_2 \frac{\partial I_2}{\partial t_2} \frac{\partial t_2}{\partial h_1}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = z_1 I_1 + z_1 h_1 (e^{-rt_2}) \frac{\partial t_2}{\partial h_1} + z_2 h_2 (-e^{-rt_2}) \frac{\partial t_2}{\partial h_1}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = z_1 I_1 + (z_1 h_1 - z_2 h_2) e^{-rt_2} \frac{\partial t_2}{\partial h_1}$$

$$t_2 = t_1 + \frac{V_1 - V_\infty}{h_1 - g}$$

$$\frac{\partial t_2}{\partial h_1} = \frac{V_\infty - V_1}{(h_1 - g)^2} < 0$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = z_1 \frac{e^{-rt_1} - e^{-rt_2}}{r} + (z_1 h_1 - z_2 h_2) e^{-rt_2} \frac{V_\infty - V_1}{(h_1 - g)^2}$$

Normalization:

Let $z_1 = z_2 = z_3 = 1$

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = \frac{e^{-rt_1} - e^{-rt_2}}{r} + (h_1 - h_2) e^{-rt_2} \frac{V_\infty - V_1}{(h_1 - g)^2}$$

$$t_2 = t_1 + \frac{V_1 - V_\infty}{h_1 - g}$$

$$t_2 - t_1 = \frac{V_1 - V_\infty}{h_1 - g}$$

$$V_\infty - V_1 = (t_1 - t_2)(h_1 - g)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = \frac{e^{-rt_1} - e^{-rt_2}}{r} + (h_1 - g) e^{-rt_2} \frac{V_\infty - V_1}{(h_1 - g)^2}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = \frac{e^{-rt_1} - e^{-rt_2}}{r} + (h_1 - g) e^{-rt_2} \frac{(t_1 - t_2)(h_1 - g)}{(h_1 - g)^2}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = \frac{e^{-rt_1} - e^{-rt_2}}{r} + e^{-rt_2} (t_1 - t_2)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = \frac{e^{-rt_1}}{r} + \left((t_1 - t_2) - \frac{1}{r} \right) e^{-rt_2}$$

$$t_2 > t_1$$

$$(t_2 = t_1) \Rightarrow \left(\frac{\partial \pi}{\partial h_1} = 0 \right)$$

$$\frac{\partial^2 \pi}{\partial h_1 \partial t_2} = -e^{-rt_2} + \left((t_1 - t_2) - \frac{1}{r} \right) (-re^{-rt_2})$$

$$\frac{\partial^2 \pi}{\partial h_1 \partial t_2} = -e^{-rt_2} - (t_1 - t_2)re^{-rt_2} + e^{-rt_2}$$

$$\frac{\partial^2 \pi}{\partial h_1 \partial t_2} = -(t_1 - t_2)re^{-rt_2} > 0$$

As a consequence,

$$\frac{\partial \pi}{\partial h_1} > 0$$

Appendix 2: Derivations of explicit functions for the stock levels at different points in time under the influence of changing harvest levels and production in dynamically introduced new plantations. This approach represents “Total Perspective II”.

Variables (that are introduced in this appendix):

s_0 = Harvest area (as share of total area) per year from time 0 until t_1 .

s_1 = Harvest area (as share of total area) per year from time t_1 until t_2 .

g_0 = Growth per year if all of the forest area is covered by the initial forest.

g_1 = Growth per year if all of the forest area is covered by the new forest.

$$V_1 = V_0 + \int_0^{t_1} ((1 - s_0 t) g_0 + s_0 t g_1) dt - h_0 t_1$$

$$V_1 = V_0 + \int_0^{t_1} g_0 dt + \int_0^{t_1} s_0 (g_1 - g_0) t dt - h_0 t_1$$

$$V_1 = V_0 + g_0 t_1 + \frac{s_0 (g_1 - g_0) t_1^2}{2} - h_0 t_1$$

$$V_2 = V_1 + \int_{t_1}^{t_2} ((1 - s_0 t_1 - s_1 (t - t_1)) g_0 + (s_0 t_1 + s_1 (t - t_1)) g_1) dt - h_1 (t_2 - t_1)$$

$$V_2 = V_1 + \int_{t_1}^{t_2} (g_0 - s_0 t_1 g_0 - s_1 t g_0 + s_1 t_1 g_0 + s_0 t_1 g_1 + s_1 t g_1 - s_1 t_1 g_1) dt - h_1 (t_2 - t_1)$$

$$V_2 = V_1 + \int_{t_1}^{t_2} (g_0 + (s_1 g_0 - s_0 g_0 + s_0 g_1 - s_1 g_1) t_1 + s_1 (g_1 - g_0) t) dt - h_1 (t_2 - t_1)$$

$$V_2 = V_1 + \int_{t_1}^{t_2} (g_0 + (s_1 - s_0)(g_0 - g_1) t_1 + s_1 (g_1 - g_0) t) dt - h_1 (t_2 - t_1)$$

$$V_2 = V_1 + (g_0 + (s_1 - s_0)(g_0 - g_1) t_1) (t_2 - t_1) + s_1 (g_1 - g_0) \int_{t_1}^{t_2} t dt - h_1 (t_2 - t_1)$$

$$V_2 = V_1 + (g_0 + (s_1 - s_0)(g_0 - g_1) t_1) (t_2 - t_1) + \frac{s_1 (g_1 - g_0)}{2} (t_2^2 - t_1^2) - h_1 (t_2 - t_1)$$

$$V_2 = \left(V_0 + g_0 t_1 + \frac{s_0 (g_1 - g_0)}{2} t_1^2 \right) + (g_0 + (s_1 - s_0)(g_0 - g_1) t_1) (t_2 - t_1) + \frac{s_1 (g_1 - g_0)}{2} (t_2^2 - t_1^2) - h_0 t_1 - h_1 (t_2 - t_1)$$

$$V_2 = V_0 + g_0 t_1 + \frac{s_0 (g_1 - g_0)}{2} t_1^2 + (g_0 + (s_1 - s_0)(g_0 - g_1) t_1) (t_2 - t_1) + \frac{s_1 (g_1 - g_0)}{2} (t_2^2 - t_1^2) - h_0 t_1 - h_1 (t_2 - t_1)$$

Appendix 3: Computer implementation of “Total Perspective I”

r	g	t1
<input style="width: 100%;" type="text" value="0.06"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="106"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="5"/>
v0	h0	vfuture
<input style="width: 100%;" type="text" value="3000"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="86"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="3000"/>
z0	z1	z2
<input style="width: 100%;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="1"/>
h1	t2	total
<input style="width: 100%;" type="text" value="112"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value=""/>	<input style="width: 100%;" type="text" value=""/>
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="button" value="Calculate!"/>		

Instruction

Above, you find a yellow table.

When you obtain the first version of the yellow table, all boxes are empty.

Above, you find an example of how you should input figures in these boxes. In one of the numerical cases described in the main text, exactly these figures should be placed in the table.

Then, when you click on the “Calculate!” button, the remaining boxes will be filled with the results. Below, you find an example of the yellow table when the results have been calculated. You may easily change the figures in the boxes to figures that you consider relevant in your particular application. Just click on the button again and you will get your own, new, results.

Forest Energy Calculus

Peter Lohmander

r	g	t1
<input type="text" value="0.06"/>	<input type="text" value="106"/>	<input type="text" value="5"/>
v0	h0	vfuture
<input type="text" value="3000"/>	<input type="text" value="86"/>	<input type="text" value="3000"/>
z0	z1	z2
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1"/>
h1	t2	totval
<input type="text" value="112"/>	<input type="text" value="21.6"/>	<input type="text" value="1727"/>
<input type="button" value="Calculate"/>		

```
<html><head><title>Energy_Feb_2008</title>
```

```
<script language="JavaScript">
```

```
function opt(form){
```

```
var r = eval(form.r.value);
var g = eval(form.g.value);
var t1 = eval(form.t1.value);
var v0 = eval(form.v0.value);
var h0 = eval(form.h0.value);
var vfuture = eval(form.vfuture.value);
var z0 = eval(form.z0.value);
var z1 = eval(form.z1.value);
var z2 = eval(form.z2.value);
var h1 = eval(form.h1.value);
var v1 = v0 + (g-h0)*t1;
var t2 = t1 + (v1 - vfuture)/(h1 - g);
```

```

var int0 = (1 - Math.exp(-r*t1))/r;

var int1 = (Math.exp(-r*t1) - Math.exp(-r*t2))/r;

var int2 = Math.exp(-r*t2)/r;

var h2 = g;

var totval = z0*h0*int0 + z1*h1*int1 + z2*h2*int2;

form.t2.value = Math.floor(10*t2)/10;
form.totval.value = Math.floor(totval);

}

</script></head><body bgcolor="red">
<center>
<h1> Forest Energy Calculus</h1>
<h2> Peter Lohmander</h2>
</center>

<center>
<form>
<h2>
<table bgcolor="yellow" border="3" cellpadding="5" cellspacing="2">
<tbody><tr>

<td align="center"><h2> r</h2> </td>
<td align="center"><h2> g </h2></td>
<td align="center"><h2> t1</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="r" size="15" type="text"> </td>
<td align="center"><input name="g" size="15" type="text"> </td>
<td align="center"><input name="t1" size="15" type="text"> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2> v0</h2> </td>
<td align="center"><h2> h0</h2> </td>
<td align="center"> <h2>vfuture</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="v0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center"><input name="h0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center"><input name="vfuture" size="15" type="text"> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>z0</h2> </td>
<td align="center"> <h2>z1 </h2></td>
<td align="center"> <h2>z2 </h2></td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="z0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center"><input name="z1" size="15" type="text"> </td>
<td align="center"><input name="z2" size="15" type="text"> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>h1</h2> </td>
<td align="center"><h2>t2 </h2></td>
<td align="center"><h2>totval </h2> </td>

```

```
</tr>

<tr><td align="center"><input name="h1" size="15" type="text"> </td>
<td align="center"><input name="t2" size="15" type="text"> </td>
<td align="center"><input name="totval" size="15" type="text"> </td>
</tr>

<tr><td colspan="7" align="center">
<input value="Calculate!" onclick="opt(this.form)" type="button">
</td>
</tr>
</tbody></table>
</h2>

</form>
</center>
</body></html>
```

Appendix 4: Computer implementation of “Total Perspective II”**Forest Energy Calculus****Peter Lohmander**

EFchange2008

Parameter Table (orange)

r	t1	t2
0.06	5	65
v0	h0	h1
3000	86	116
z0	z1	z2
1	1	1
g0	g1	g2
106	126	
TWm3sk	NewS2	ATkvot
2		80

Instruction:

Look at the orange table (above). In the box down to the left, named "TWm3sk", you input TWh per Mm3sk. (A typical figure is 2.) Input relevant information in all of the boxes (except for the two empty boxes "NewS2" and "g2") in the orange table. Below the orange table, you find a yellow table with a "button". Click on the button. Then, all results will be found in both tables. Detailed definitions of the variables and parameters are found in the computer code.

Forest Energy Calculus

Peter Lohmander

EFchange2008

Parameter Table (orange)

r	t1	t2
0.06	5	65
v0	h0	h1
3000	86	116
z0	z1	z2
1	1	1
g0	g1	g2
106	126	123.4
TWm3sk	NewS2	ATkvot
2	0.871	80

Results (yellow)

Click here to derive the results!		
Time0	Time1	Time2
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="65"/>
Mm3Stock0	Mm3Stock1	Mm3Stock2
<input type="text" value="3000"/>	<input type="text" value="3102"/>	<input type="text" value="3055"/>
TWhStock0	TWhStock1	TWhStock2
<input type="text" value="6000"/>	<input type="text" value="6204"/>	<input type="text" value="6110"/>
Mm3Harv0	Mm3Harv1	Mm3Harv2
<input type="text" value="86"/>	<input type="text" value="116"/>	<input type="text" value="123"/>
TWhHarv0	TWhHarv1	TWhHarv2
<input type="text" value="172"/>	<input type="text" value="232"/>	<input type="text" value="246"/>
Value0	Value1	Value2
<input type="text" value="371"/>	<input type="text" value="1393"/>	<input type="text" value="41"/>
Total Value		
<input type="text" value="1806"/>		

```
<html><head><title>Energy_Feb_2008</title>
```

```
<script language="JavaScript">
```

```
function opt(form){
```

```

var r = eval(form.r.value);
var t1 = eval(form.t1.value);
var t2 = eval(form.t2.value);

var v0 = eval(form.v0.value);
var h0 = eval(form.h0.value);
var h1 = eval(form.h1.value);

var z0 = eval(form.z0.value);
var z1 = eval(form.z1.value);
var z2 = eval(form.z2.value);

var g0 = eval(form.g0.value);
var g1 = eval(form.g1.value);

var TWm3sk = eval(form.TWm3sk.value);
var ATkvot = eval(form.ATkvot.value);

var s0 = 1/ATkvot*h0/g0;
var s1 = 1/ATkvot*h1/g0;

var v1 = v0 + g0*t1 + s0*(g1-g0)/2*t1*t1 - h0*t1;

var v2 = v0 + g0*t1 + s0*(g1-g0)/2*t1*t1
          + (g0 + (s1-s0)*(g0-g1)*t1)*(t2-t1)
          + s1*(g1-g0)/2*(t2*t2 - t1*t1)
          - h0*t1 - h1*(t2-t1);

var NewS2 = (s0*t1 + s1*(t2-t1));

var g2 = (1 - NewS2)*g0 + NewS2*g1;
// g2 is a lower bound on h2
var h2 = g2;

var int0 = (1 - Math.exp(-r*t1))/r;
var int1 = (Math.exp(-r*t1) - Math.exp(-r*t2))/r;
var int2 = Math.exp(-r*t2)/r;

// var totval = z0*h0*int0 + z1*h1*int1 + z2*h2*int2;

var Value0 = z0*h0*int0;
var Value1 = z1*h1*int1;
var Value2 = z2*h2*int2;

var totval = Value0 + Value1 + Value2;

form.Time0.value = 0;
form.Time1.value = t1;
form.Time2.value = t2;

form.Mm3Stock0.value = v0;
form.Mm3Stock1.value = Math.floor(v1);
form.Mm3Stock2.value = Math.floor(v2);

form.TWhStock0.value = TWm3sk*v0;
form.TWhStock1.value = TWm3sk*Math.floor(v1);
form.TWhStock2.value = TWm3sk*Math.floor(v2);

form.Mm3Harv0.value = h0;
form.Mm3Harv1.value = Math.floor(h1);

```

```

form.Mm3Harv2.value = Math.floor(h2);

form.TWhHarv0.value = TWm3sk*h0;
form.TWhHarv1.value = TWm3sk*Math.floor(h1);
form.TWhHarv2.value = TWm3sk*Math.floor(h2);

form.NewS2.value = Math.floor(NewS2*1000)/1000;
form.g2.value = Math.floor(g2*10)/10;

form.Value0.value = Math.floor(Value0);
form.Value1.value = Math.floor(Value1);
form.Value2.value = Math.floor(Value2);
form.totval.value = Math.floor(totval);

}

</script></head><body bgcolor="red">
<center>
<h1>Forest Energy Calculus</h1>
<h2>Peter Lohmander</h2>
<h7>EFchange2008</h7>
</center>

<center>

<h2>Parameter Table (orange)</h2>

<form>
<h2>
<table bgcolor="orange" border="3" cellpadding="5" cellspacing="2">
<tbody><tr>

<tr><td align="center"><h2>r</h2> </td>
<td align="center">          <h2>t1</h2></td>
<td align="center">          <h2>t2</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="r" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="t1" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="t2" size="15" type="text"> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>v0</h2> </td>
<td align="center">          <h2>h0</h2></td>
<td align="center">          <h2>h1</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="v0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="h0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="h1" size="15" type="text"> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>z0</h2> </td>
<td align="center">          <h2>z1</h2></td>
<td align="center">          <h2>z2</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="z0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="z1" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="z2" size="15" type="text"> </td>

```



```

</tr>

<tr><td align="center"><h2>g0</h2> </td>
<td align="center">      <h2>g1</h2></td>
<td align="center">      <h2>g2</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="g0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">      <input name="g1" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">      <input name="g2" size="15" type="text"> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>TWm3sk</h2> </td>
<td align="center">      <h2>NewS2</h2></td>
<td align="center">      <h2>ATkvot</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="TWm3sk" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">      <input name="NewS2" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">      <input name="ATkvot" size="15" type="text"> </td>
</tr>

</table>
</tbody>

<br><br>

<h2>Results (yellow)</h2>
<br>
<table bgcolor="yellow" border="3" cellpadding="5" cellspacing="2">
<tbody><tr>

<tr><td colspan="7" align="center">
<input value="Click here to derive the results!" onclick="opt(this.form)"
type="button">
</td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>Time0</h2> </td>
<td align="center">      <h2>Time1</h2></td>
<td align="center">      <h2>Time2</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="Time0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">      <input name="Time1" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">      <input name="Time2" size="15" type="text"> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>Mm3Stock0</h2> </td>
<td align="center">      <h2>Mm3Stock1</h2></td>
<td align="center">      <h2>Mm3Stock2</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="Mm3Stock0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">      <input name="Mm3Stock1" size="15" type="text">
</td>
<td align="center">      <input name="Mm3Stock2" size="15" type="text">
</td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>TWhStock0</h2> </td>

```

```

<td align="center">          <h2>TWhStock1</h2></td>
<td align="center">          <h2>TWhStock2</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="TWhStock0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="TWhStock1" size="15" type="text">
</td>
<td align="center">          <input name="TWhStock2" size="15" type="text">
</td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>Mm3Harv0</h2> </td>
<td align="center">          <h2>Mm3Harv1</h2></td>
<td align="center">          <h2>Mm3Harv2</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="Mm3Harv0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="Mm3Harv1" size="15" type="text">
</td>
<td align="center">          <input name="Mm3Harv2" size="15" type="text">
</td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>TWhHarv0</h2> </td>
<td align="center">          <h2>TWhHarv1</h2></td>
<td align="center">          <h2>TWhHarv2</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="TWhHarv0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="TWhHarv1" size="15" type="text">
</td>
<td align="center">          <input name="TWhHarv2" size="15" type="text">
</td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>Value0</h2> </td>
<td align="center">          <h2>Value1</h2></td>
<td align="center">          <h2>Value2</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="Value0" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="Value1" size="15" type="text"> </td>
<td align="center">          <input name="Value2" size="15" type="text"> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><h2>Total Value</h2> </td>
</tr>

<tr><td align="center"><input name="totval" size="15" type="text"> </td>
</tr>

</table>

</tbody>
</h2>

</form></center>
</body>
</html>

```