



**Kandidatarbeten
i skogsvetenskap**
Fakulteten för skogsvetenskap

2012:15

**Lönsamhetskalkyl för produktion av gran på
markavvattnad och askgödslad myrmark**

*Profitability calculation for spruce production on drained and ash fertilized
mire*

Anders Henriksson och Emil Mattsson



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Lönsamhetskalkyl för produktion av gran på markavvattnad och askgödslad myrmark

Anders Henriksson & Emil Mattsson

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

| | |
|---------------------------------|--|
| Enhet | Institutionen för skogens ekologi och skötsel |
| Författare | Anders Henriksson & Emil Mattsson |
| Titel, Sv | Lönsamhetskalkyl för produktion av gran på markavvattnad och askgödslad myrmark |
| Titel, Eng | Profitability calculation for spruce production on drained and ash fertilized mire |
| Nyckelord | Torvmark, Markavvattning, Askgödsling, Ståndortstyp, Markvärde, Tillväxtsimulering |
| Handledare | Björn Hånell, Institutionen för skogens ekologi och skötsel |
| Examinator | Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel |
| Kurstitel | Kandidatarbete i skogsvetenskap |
| Kurskod | EX0592 |
| Program | Jägmästarprogrammet |
| Omfattning på arbetet | 15 hp |
| Nivå och fördjupning på arbetet | G2E |
| Utgivningsort | Umeå |
| Utgivningsår | 2012 |

Sammanfattning

I Sverige finns ca 4 miljoner ha kal torvmark (myr). Denna mark har stor potential att omvandlas till produktiv skogsmark under förutsättning att den markavvattnas och, i vissa fall, även gödslas med aska. Markavvattning på myrmark är nödvändigt eftersom den höga grundvattenytan förhindrar träd att växa på grund av reducerad syretillgång. Denna mark har dessutom brist på några av de viktigaste näringsämnena som träd behöver för att växa, framför allt kalium (K) och fosfor (P). Aska från förbränning av biomassa innehåller dessa ämnen och lämpar sig därför som gödselmedel. Att inleda ett sådant projekt innebär i regel stora investeringskostnader och noggrann planering.

I denna rapport presenteras en kalkyl för hur markvärdet beräknas för myrmark som 1: enbart markavvattnas eller 2: markavvattnas och askgödslas. Detta gjordes genom att först indela Sverige i fyra landsdelar inom vilka omvandling av myr med varierande ståndortstyp till produktiv granskogsmark simulerades. Beräkningarna byggde på uppgifter om temperatursummor, dikningsboniteter, tillväxtfunktioner, virkespriser och övriga anknutna kostnader.

Prognostiseringen av skogstillväxt och sortimentsutbyte byggde på funktioner ur Beståndsmetoden och beräknades i Microsoft Excel. Varje ståndortstyp inom respektive landsdel utgjorde ett bestånd på 1 ha och ett markvärde beräknades för samtliga bestånd. Slutligen jämfördes lönsamheten mellan de olika bestånden inom och mellan landsdelarna.

Resultaten visar att lönsamheten sjunker med stigande latitud samt med lägre SI. Att askgödsla marken utöver markavvattning höjer alltid markvärdet. Räntekravet är den i särklass största faktorn som påverkar om det är lönsamt eller inte att bedriva skogsbruk med ovan stående skötselmetoder.

Abstract

In Sweden there are about 4 million hectares of bare peat (mire). This land has great potential to be transformed into productive forest land, provided drainage is carried out and, in some cases, even fertilization with ashes. Drainage of mires is necessary because the high groundwater table prevents trees from growing due to reduced oxygen availability. Some of the key nutrients that trees need to grow appear in too small quantities in mires, especially potassium (K) and phosphorus (P). Ash from the combustion of biomass contains these elements and is therefore suitable as a fertilizer. Initiations of such projects usually entail high investment-costs and careful planning.

This report presents land value calculation for mires when these are: 1. only drained or 2. drained and fertilized with ash. This was done by first dividing Sweden into four country regions in which the conversion of mires with varying site type to productive spruce forests were simulated. The calculations were based on data on temperature sums, drainage fertility potential, growth models, timber prices and other related expenses.

The forecasting of forest growth and yield range was based on functions from the growth model Beståndsmetoden which was calculated in Microsoft Excel. Each site type in each country region constituted 1 ha and a land value was calculated for all stands. Thereafter a comparison was made of the profitability of the various stands within and between country regions.

The results show that profitability decreases with increasing latitude and with lower SI. By adding ash fertilization to already drained mire, land value is always raised. Interest rate is by far the biggest factor that affects whether or not it is profitable to engage in forestry with the above management practices.

1. INLEDNING

Bakgrund

Framtida behov av förnyelsebar råvara

I samma takt som energipriserna stiger öppnas marknaden dörrar för förnyelsebara råvaror och energikällor. Bensin, diesel och eldningsolja blir för gemene man ett ekonomiskt ohållbart alternativ. Att miljön tar skada av människans nyttjande av fossila bränslen är också vida känt. Växthuseffekten leder till global uppvärmning, vilket är ett resultat av våra utsläpp av gaser som bl.a. koldioxid och metan (Nilsson, H, 2010). Detta är ett känt fenomen och anses idag vetenskapligt bevisat inom forskarkretsarna. Många länder rustar därför mot en omställning från den primära energikällan olja till nya, förnyelsebara råvaror som t.ex. biomassa. I denna rapport kommer vi tala om biomassa som växter, mer specifikt som träd och GROT.

Biomassa har stor potential att helt eller delvis byta ut fossila bränslen inom många områden, som t.ex. uppvärmning av hus och drivmedel för transportfordon. Efterfrågan på biomassa kommer därför med största sannolikhet att öka i framtiden, och skogsbruket står inför den viktiga uppgiften att leverera de ökade mängder biomassa som behövs till industrierna. Förutsättningarna att i framtiden producera mer biomassa på samma arealer vi producerar på idag är dock begränsade. Genom att gödsla skogen kan man få den att växa snabbare, och ett ökat tillvaratagande av trädrester som GROT ger ett effektivare nyttjande av skogen (Johansson, M-B. & Ericsson, E, 2003).

Andra exempel på hur man kan öka biomassaproduktionen i Sverige och framförallt i skogen är genom skogsgödsling, anläggning av bättre föryngringar, förädlat plantmaterial, nya trädslag m.m.(Ståhl, 2009) samt att börja bruka hittills oexploaterad mark som torvmark (myr) (Hånell 2009).

Det finns i Sverige ca 4 miljoner ha myr, dvs. improduktiva marker där skogsproduktionen är lägre än $1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Dessa marker saknar naturliga förutsättningar att producera vedbiomassa i någon högre grad eftersom träd tillväxten hämmas av för stora mängder vatten och för låga mängder av vissa makronäringsämnen (Hånell 2009).

Skogsdikning

I Sverige finns det mer än 10 miljoner hektar landyta med ett lager av torv vilket motsvarar ungefär en fjärdedel av den totala landytan. Typiskt för dessa torvmarker är hög grundvattennivå (Hånell, 1990).

En effekt av den höga grundvattenytan är att markerna karaktäriseras av ett varierande mäktigt lager av torv. Torv är en organisk jordart som bildas av lämningar från ett fuktighetsföredragande växtsamhälle. Den blöta marken hämmar nedbrytning av förnamaterialet som därför istället ackumuleras och bildar mäktiga torvlager. Torvens

beskaffenhet regleras av klimat, syreförekomst, näringstillgång och förnamaterialet i sig. Ofta sker en långsam anaerob nedbrytning av torven, vilket även kallas att torven humifieras (Eriksson m. fl., 2005).

De torvtäckta markerna kan utifrån sin mäktighet indelas i marktyperna torvmark om mäktigheten ≥ 30 cm och våt fastmark om mäktigheten < 30 cm. Enligt denna uppdelning så utgör i Sverige torvmarken sex miljoner hektar och den våta fastmarken fyra miljoner hektar.

Den höga grundvattenytan till trots, så ingår tre miljoner hektar våt fastmark och två miljoner hektar torvmark i den produktiva skogsmarksarealen. Ofta är detta ett resultat av aktiva dikningsåtgärder vars syfte varit att sänka grundvattenytan. Resterande torvtäckt mark utgörs av improduktiv mark, ofta kallad impediment (Hånell, 2009).

Skogsdikningens syfte

I regel talar man om tre olika typer av dikningsingrepp:

1. Markavvattning. Definieras rent juridiskt i miljöbalken som åtgärder som utförs för att varaktigt avvattna mark och där syftet är att öka markens lämplighet för något visst ändamål. (MB, 1998:808). I skogliga sammanhang innebär detta i klartext nydikning av skogsmark i syfte att permanent öka markens virkesproducerande förmåga.
2. Dikesrensning. Syftar till att upprätthålla effekten av markavvattning.
3. Skyddsdikning. Är en åtgärd som utförs för att stävja den tillfälliga höjningen av grundvattenytan som sker under kalhyggesfasen så de nysatta plantorna får en chans att etablera sig (Magnusson, 2009).

När grundvattenytan sänks tillåts luft att tränga ner i torvens porer. I och med detta gynnas den aeroba nedbrytningen av torven som tidigare varit väldigt blygsam. Nedbrytningen resulterar i att koldioxid avgår från marken och att organiskt inbundna näringsämnen mineraliseras och blir tillgängligt för träden. Samtidigt är sänkningen av grundvattenytan avgörande för att trädens rötter ska kunna breda ut sig i torvens djuphorisont eftersom de vanliga skogsträdarternas rötter inte kan leva längre tid under vatten (Magnusson, 2009).

Torvmarkernas ståndortstyper

Torvmarkens beskaffenhet kan skilja sig kraftigt åt beroende på klimat och näringstillgång. Av den anledningen varierar även markens förmåga att producera virke, d.v.s. boniteten. I fallet med markavvattning av torvmark så talar man speciellt om dikningsbonitet.

Lämpligheten för dikning kan bestämmas genom att växtsamhällets arter indikerar olika bördighet eftersom arterna har olika krav på växtmiljön. Generellt indikerar ett frodigt och artrikt växtsamhälle god dikningsbonitet. För en artfattigt och lågväxande vegetation gäller det omvända. Empiriska studier har lett fram till att den förväntade boniteten efter dikning, dikningsboniteten, kan erhållas med ledning av ståndortstypen och temperatursumman för området (Hånell, 1988). Principen är inte exklusiv för torvmark, utan en liknande metod används även på fastmark i Skogshögskolans boniteringssystem. Där benämnd SIS, bonitering med ståndortsegenskaper (Hägglund & Lundmark, 1999).

Skogsdikning har förekommit i Sverige sedan 1850-talet i olika varierad omfattning. Olika dikningsepoker kan urskiljas då den årliga arealen dikad mark var väldigt stor. Särskilt mycket dikades under mellankrigstiden samt under 1960 - 1980-talet. Totalt har mellan en och en halv till två miljoner hektar dikats. På en knapp tredjedel av denna areal har skog inte kunnat odlas trots dikning (Hånell, 2009).

Den sista epoken avslutades på 1980 talet. Miljövårderna blev av större betydelse och tillståndsplikt för markavvattning infördes 1986 (Hånell, 2009). Tillståndsprövning görs sedan dess av berörd länsstyrelse. Till detta kommer även att man enligt certifieringsstandarden FSC inte får anlägga nya diken för markavvattning på tidigare odikad mark (FSC, 2010).

Markavvattning förekommer i princip inte idag (pers. meddelande Björn Hånell)

Utmaningar vid skogsodling på torvmark

Skogsodling på kal torvmark är förenat med en rad svårigheter. I etableringsfasen är det främst frost och viltbetning som är problemen. På bördig mark tillkommer problemen med konkurrerande vegetation. År 1985 inleddes forskningsprojekt för att utreda detta (Hånell, 1992). En rad försöksytor lades ut i riket där olika sätt att föryngra skog på torvmark provades. Resultatet visade att plantering på kalhygge utan markberedning uppvisade mycket stor avgång av plantor. Plantering i hög av grävare visade på fullgod överlevnad. Bäst överlevnad visade dock de plantor som satts under skärm av gran.

Eftersom odikade torvmarker generellt uppvisar hög grundvattennivå vilket leder detta till att träd som växer på dessa får ytliga rötter och därmed sämre förankring i marken. På sådana marker är därför stormkänsligheten hög när träden kommer upp i gallrings- och slutavverkningsålder. Dock gäller, enligt vissa observationer (Persson, 1975), motsatsen på dikade torvmarker där grundvattennivån sjunkit. Där klarar sig i regel skogen bättre på torvmarken än på intilliggande skogar på mineraljord. Anledningen till det beror på att torv är relativt elastisk jämfört med mineraljord och därför förankrar trädens rötter bättre. En annan anledning är att torvmarker generellt ligger på flacka och låga partier i terrängen och utsätts inte för så stor vindpåverkan.

Ett annat problem är att diken successivt sätter igen av löv, kvistar och torvbitar som faller ner i diken och blockerar vattnets flöde. Om kanterna utgörs av mineraljord så riskerar de även att erodera. Sammantaget så bidrar detta till att dikessystemets dränerande förmåga sakta avtar (Gustafsson, 1979). Då skogen växer upp och krontaket sluter sig ökar dock evapotranspirationen, vilket i sig verkar dränerande, men detta kan oftast inte kompensera för igensatta diken. Dikesrensningar måste därför göras med visst intervall.

Ytterligare ett problem i att inleda skogsodling på tidigare odikad torvmark är att det innebär stora anläggningskostnader i form av markavvattning och ofta även gödsling. Eftersom dessa kostnader infaller så tidigt i förhållande till de framtida intäkterna påverkar de starkt lönsamheten och där med markvärdet.

Askgödsling

Vid uttag av biomassa från skogsmark i allmänhet och torvmark i synnerhet försvinner stora mängder makronäringsämnen som främst ligger allokerade i barr och blad. Till de mest essentiella näringsämnena hör kväve, kalium och fosfor, i vilkas avsaknad träden får dålig tillväxt och vitalitet. På torvmarker saknas en avgörande markkemifysikalisk funktion, nämligen vittring av berggrund/mineraljord. Då denna mekanism frigör alla makronäringsämnen ur mineraler bortsett kväve blir dessa tillgängliga att tas upp av trädens rötter, vilket gynnar skogar med tunna eller obefintliga torvtäckten där trädrötterna når ner i vittringshorisonten. På torvmarker däremot når trädrötterna inte ner i någon mineraljord och lider därför brist på framför allt fosfor och kalium som är starkt tillväxtpåverkande (Hånell 2009).

Vid bränning av biomassa avgår kol och kväve till atmosfären i form av olika oxider, och kvar i askan blir makronäringsämnena kalium, fosfor, magnesium, svavel och kalcium i oxiderade former. Återför man denna aska till skogen kan man vara säker på att det under överskådlig framtid inte kommer ske något utarmning av näringsämnena, man skapar sålunda ett slutet kretslopp (Norrbom, 2008). Tidigare studie (Sundström, 1997) visar att det vid gödsling av fosfor och kalium på tidigare trädfräa, dikade och näringsfattiga myrur uppkom en markant bättre tillväxt av biomassa gentemot ogödslade kontrolltytor 18 år efter försöksutlägggen. Ingen signifikant skillnad på tillväxt gjordes för försöken som låg under 950 dygnsgrader, vilket motiverar slutsatsen att man bör undvika gödsling på torvmark under sådana klimatförhållanden. Gällande askåterföring på fastmark uppvisas däremot ingen signifikant tillväxtskillnad fem år efter askgödsling (Nilsson, T; Nilsson, Å; Larsson, K, 2002).

Gällande vilka mängder fosfor och kalium som är nödvändiga för att uppnå tillfredsställande resultat menar två studier (Silfverberg, 1996 samt Paavilainen & Päivänen, 1995 som refereras i Hånell, 2009) att en giva på 80 kg K och 40 kg P/ha är att föredra, vilket motsvarar en askmängd på 3-5 ton/ha (Norrbom, 2008). När fosfor och kalium tillförs en torvmark ökar mineraliseringen av kväve. Det innebär att kväve omvandlas från bunden form till växttillgänglig form. Av den anledningen behöver man vid askgödsling sällan tillsätta kväve eftersom det oftast finns stora mängder kväve i själva inlagrat i torven (Hånell 2004).

Silfverberg hävdar samtidigt att askgödsling bör undvikas på torvmarker med väldigt låga samt marker med höga kvävemängder (bördighet).

Tillväxtsimulering

När man vill simulera tillväxten för ett trädbestånd finns det olika tillvägagångssätt. Ett antal tillväxtmodeller finns tillgängliga vilka man kan applicera på ett specifikt bestånd och beroende på vilken tillväxtfunktion man valt får man lite olika resultat. En modell ger dock aldrig ett exakt rätt resultat utan en mer eller mindre precis förutsägelse om hur ett bestånd kommer utvecklas i framtiden (Kunskap Direkt, 2012). Beståndsmetoden är en tillväxtmodell utgiven av Lantmäteriverket, vilken baseras på riksskogstaxeringens data från 70- och tidigt 80-tal och därmed är anpassad för tillväxten de åren (Lantmäteriverket, 1988).

Syfte

Syftet med denna rapport är att på olika ståndortstyper i respektive landsdel, och med olika räntekrav, beräkna vad skillnaden i markvärde blir på myrmark som omvandlas till produktiv skogsmark genom:

- I) enbart markavvattning
- II) markavvattning och askgödsling.

Förutsatt är att skogen sköts enligt trakthyggesbruk med trädslaget gran (*Picea abies* L.) och i övrigt enligt gängse skogsskötselmetoder.

2. MATERIAL OCH METOD

För att förbättra läsbarheten så innehåller redogörelsen i material och metoder inte alltid fullständiga beräkningar och härledning. Dessa återfinns istället i Bilaga 7.2.

Beräkning av ståndortsindex

En förutsättning för att kunna göra en lönsamhetskalkyl vid omvandling av myrmark till produktiv skogsmark är att man kan prognostisera framtida tillväxt. I denna lönsamhetskalkyl beräknades tillväxten med funktioner ingående i beståndsmetoden (Lantmäteriverket, 1988). Vid användning av beståndsmetoden utgår man från ett ståndortsindex (SI). Detta medförde att det för varje beräkningsenhet behövdes ett SI.

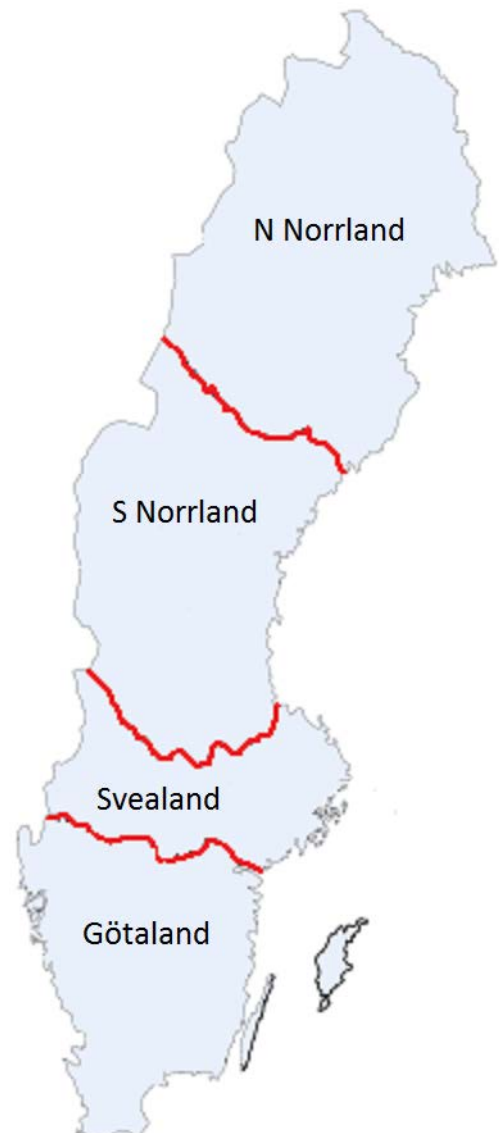
Eftersom till synes lika dana torvmarksståndorter har olika dikningsbonitet beroende på makroklimat så delades Sverige in i fyra landsdelar, norra Norrland, södra Norrland, Svealand och Götaland (bild 1). Indelningen är anpassad efter de funktioner som ingår i BM.

Ståndortstyperna som användes var:

- blåbär-fräken (BF)
- högstarr (HS)
- lingon-odon-skvattram (LO)
- klotstarr (KS)
- lågstarr (LS)

Varje landsdel delades sedan in i dessa ståndortstyper. De bördigaste och de magraste ståndortstyperna har exkluderats. Detta beror på att effekten av askgödsling på dessa ståndortstyper är tämligen negligierbar (Hånell, 2009).

Dikningsboniteten för varje ståndortstyp bestämdes med hjälp av skogsstyrelsens boniteringsanvisningar för torvmark (Hånell 2008). Boniteringsschemat ger en bonitet som beror på ståndortstyp och temperatursumma i dygngrader. En representativ temperatursumma för varje landsdel bestämdes genom att jämföra en landsomfattande temperatursummekarta (figur 2) med landsdelskartan (figur 3) och subjektivt bedöma en temperatursumma för varje



Figur 1. Indelning av Sverige i fyra landsdelar. Indelningen är anpassad för att i stor grad vara kompatibel med beståndsmetodens tillväxtfunktioner.

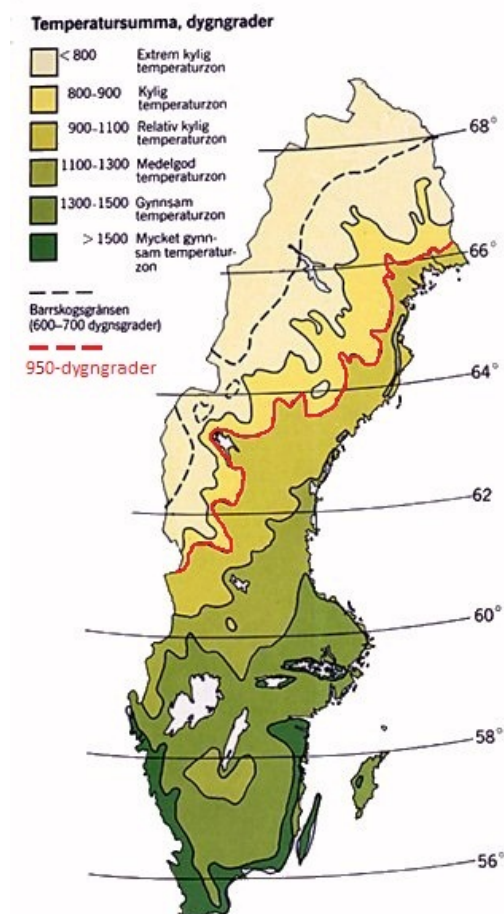
Figure 1. Division of Sweden into four country regions. The country regions are adapted to a large degree of compatibility with beståndsmetoden growth functions.

landsdel. De kärva klimatlägen som enligt Sundström (1997) är olämpliga för askgödning exkluderades (t-sum. < 950 dygngrader). Motivet till att bestämma temperatursumman på det här sättet var att få fram dikningsboniteter som var typiska för varje landsdel. De dikningsboniteter som bestämdes redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Boniteringsschema för beräkning av boniteten för varje ståndortstyp i respektive landsdel. Varje landsdel har tilldelats en representativ temperatursumma. Temperatursumman anges i dygngrader. Dikningsboniteten anges i $m^3sk\ ha^{-1}\ år^{-1}$. Efter Hånell 2008.

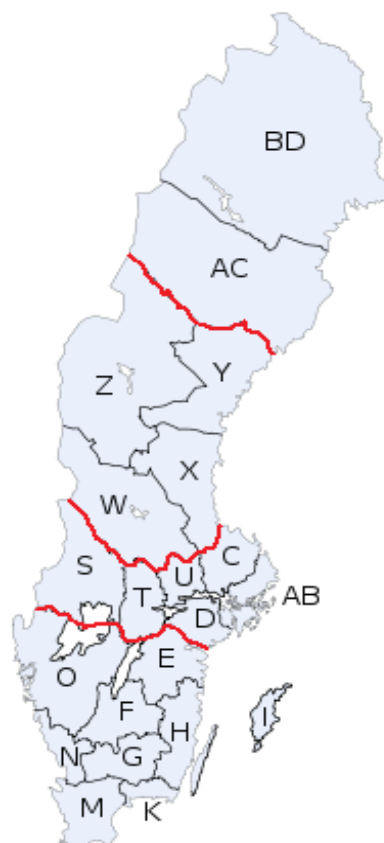
Table 1. Scheme of fertility for calculating each site type's site fertility in each country region. Each country region is assigned a representative temperature sum. Drainage fertility potential in $m^3fo, hectare^{-1}\ year^{-1}$. After Hånell 2008.

| URSPRUNGLIG STÅNDORTSTYP | TEMPERATURSUMMA (landsdel) | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| | 1400 (Götaland) | 1300 (Svealand) | 1100 (S. Norrl.) | 1000 (N. Norrl.) |
| | DIKNINGSBONITET | | | |
| Blåbär-fräken | 8,9 | 8,4 | 6,7 | 5,8 |
| Högstarr | 5,9 | 5,4 | 4,3 | 3,7 |
| Lingon-odon-skvattram | 5,2 | 4,8 | 3,8 | 3,2 |
| Klotstarr | - | - | 2,6 | 2,2 |
| Lågstarr | 3,1 | 2,7 | 1,9 | 1,6 |



Figur 2. Temperatursummekarta med aktuellt område för askgödning till öster om isolinjen för 950 dygngrader.

Figure 2. Map of Temperature sum with the actual area of ash-fertilization east of the iso-line for 950 degree-days. (Markinfo, SLU, 2012)



Figur 3. Landsdelskarta med länsgränser.
Figure 3. Country map with county boundaries.

Tabell 2. Väntad tillväxtökning under 30 år (utöver dikningseffekt) efter tillförsel av 5 ton aska. Efter Hånell, 2012

Table 2. Expected growth increment during 30 years (in addition to drainage effect) after fertilization with 5 tons of ash. After Hånell, 2012

| Ståndortstyp | Ökning i m³sk, ha⁻¹, år⁻¹ |
|----------------------|---|
| Blåbär-fräken | 1,5 – 2,5 |
| Högstarr | 1,5-2,5 |
| Lingon-odon-skvatram | 2,0-4,0 |
| Klotstarr | 1,5-3,0 |
| Lågstarr | 1,5-3,0 |

Effekten av askgödsling har uppskattats utifrån tabell erhållen av Björn Hånell (Tabell 2). Detta motsvarar ungefär en askgiva på 5 ton vart 30:e år (pers. medd. Björn Hånell). Eftersom man kan förvänta sig att effekten av gödsling ökar vid ökad temperatursumma har förväntade effekter justerats till ett exakt värde som gäller för varje landsdel (Tabell 2). Effekten är den tillväxtökning man kan vänta utöver dikningseffekten. Askgödslingseffekterna i tabell 2 adderades därför på de redan bestämda dikningsboniteterna i tabell 3.

Tabell 3. Förväntad askgödslingseffekt för ståndortstyp och landsdel utöver dikningsboniteten. Tabellen bygger på tabell 1 men är justerad för de olika landsdelarna. Justeringen bygger på det antagandet att sydligare landsdel ökar vegetationsperiodens längd och därmed tiden som trädet kan tillgodogöra sig askans näringsämnen. Samtliga värden anges i m³sk ha⁻¹ år⁻¹.

Table 3. Expected effects of ash-fertilization of different site -types and on different country regions. In addition the ditch-fertility. The table is based on Table 1 but is adjusted for the different country regions. The adjustment is based on the assumption that the southern part of the country is increasing growing season length and thus the time that the tree can absorb the ash nutrients.

| | Götaland | Svealand | S Norrland | N Norrland |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Blåbär | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 |
| Högstarr | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 |
| Lingon-odon-skvatram | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 |
| Klotstarr | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 |
| Lågstarr | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 |

Översättning av boniteten till lämpligt SI skedde därefter enligt en översättningstabell som baseras på BM (se bilaga 2).

Varje SI i tabell 4 betraktas hädanefter som en beräkningsenhet med arealen 1 ha. I fortsättningen benämns dessa beräkningsenheter för enkelhetens skull som bestånd.

Tabell 4. Boniteter (decimaltal, m³sk, ha⁻¹ år⁻¹) för respektive landsdel och ståndortstyp vid enbart markavvattning (M) och markavvattning + askgödsling (MA) samt vad dessa boniteter motsvarar för SI (höger kolumn).

Table 4. Fertilities (decimal, m³fo, hectare⁻¹ year⁻¹) for each country region and site type. Only drainage (M) and drainage + ash-fertilization (MA), and such corresponds fertilities for SI (right column).

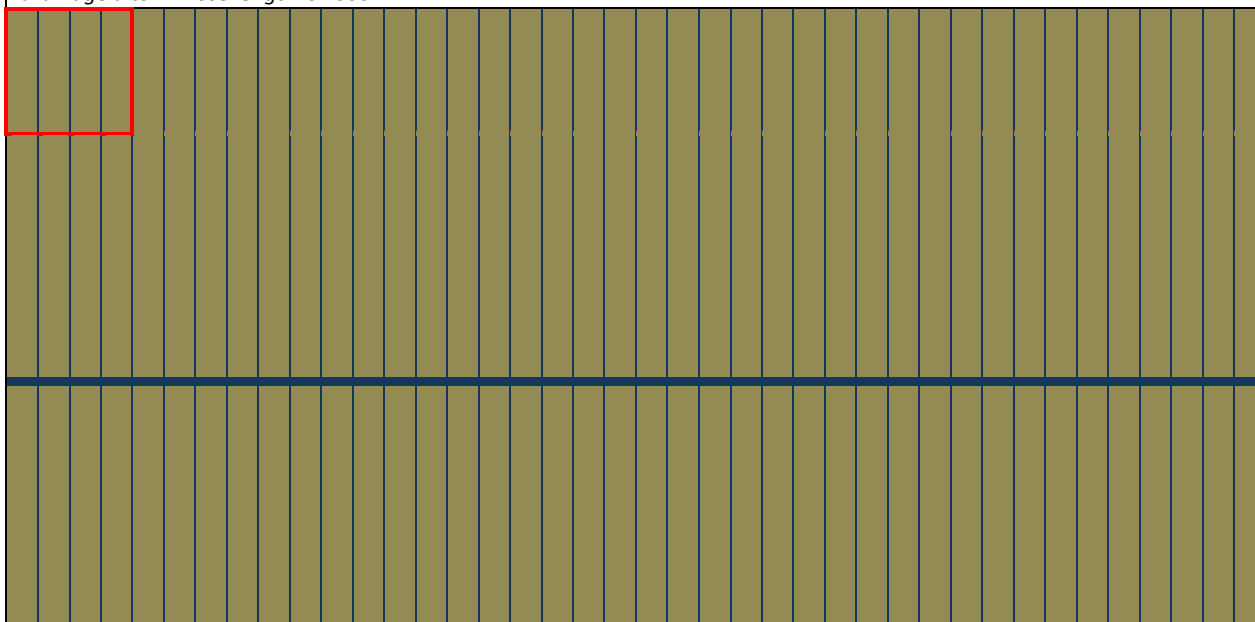
| | | Götaland | | Svealand | | Södra Norrland | | Norra Norrland | |
|--|----|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| Blåbär | M | 8,9 | G28 | 8,4 | G28 | 6,7 | G24 | 5,8 | G24 |
| | MA | 11,9 | G32 | 10,9 | G31 | 8,7 | G29 | 7,3 | G29 |
| Högstarr | M | 5,9 | G21 | 5,4 | G20 | 4,3 | G16 | 3,7 | G18 |
| | MA | 8,9 | G28 | 7,9 | G28 | 6,3 | G22 | 5,2 | G22 |
| Lingon- odon- skvattram | M | 5,2 | G20 | 4,8 | G19 | 3,8 | G14 | 3,2 | G16 |
| | MA | 8,7 | G28 | 7,8 | G28 | 6,3 | G22 | 5,2 | G22 |
| Klotstarr | M | - | - | - | - | 2,6 | G10 | 2,2 | G11 |
| | MA | - | - | - | - | 4,6 | G18 | 3,7 | G18 |
| Lågstarr | M | 3,1 | G14 | 2,7 | G13 | 1,9 | G10 | 1,6 | G10 |
| | MA | 6,1 | G22 | 5,2 | G20 | 3,9 | G16 | 3,1 | G14 |

Formulering av skogsskötselprogrammet och dess kostnader

För varje bestånd hade nu ett representativt SI beräknats. Dessa bestånd antogs utgöra kala myrmarker som var: I) Enbart markavvattnade eller II) markavvattnade och askgödslade. För alla de 36 bestånden formulerades skogsskötselprogram enligt skogsbrukssystemet trakthyggesbruk. Skötselprogrammen gjordes enkla och schablonartade. Variationerna mellan programmen berodde primärt på skillnaderna i SI och landsdel. Kostnaderna beräknas per hektar men dikningsobjektets totala yta antas utgöra en yta på 50 hektar. Detta gör att etableringskostnader för maskiner och dylikt kan försummas när beräkningar görs på hektarnivå.

Figur 4. Schematisk figur som beskriver hur beståndet (lilla kvadraten) förutsätts ingå i ett större markavvattningsområde om 50 ha. De vertikala strecken symboliserar tegdiken och har ett inbördes avstånd om 25 meter. Det horisontella strecket är ett avloppsdike vars längd är 1000m.

Figure 4. Schematic figure describing how the stand (the little square) is assumed to be part of a larger mire of about 50 hectares. The vertical lines symbolize smaller ditches and have a mutual distance of 25 meters. The horizontal line is a bigger drainage ditch whose length is 1000m.



Dikesgrävning

I samband med beståndsetableringen görs en markavvattning. Markavvattning är tillståndspliktigt och tillstånd ges av länsstyrelsen. Enligt Förordning (1998:940) om avgifter för prövning och tillsyn enligt miljöbalken så måste berörd länsstyrelse ta ut en avgift vid tillståndsprövning för vattenverksamhet. Denna kostnad är i detta fall 0,85kr/meter (se bilaga 2).

Dikesgrävningen görs med grävmaskin. Planeringen inför grävningen medför kostnader som bestämdes till 3 kronor metern efter rådfrågning av branschperson¹. Kostnaden för grävarbetet beräknades utifrån en aktuell tidsstudie i dikesrensning (Bertland & Käll, 2011).

Grävmaskinens prestation enligt Bertland & Käll har i denna lönsamhetskalkyl justerats ned

¹ Roger Hällestrand, Sveaskog. Mejlkorrespondens den 12 mars 2012.

eftersom den antas skapa markberedningshögar i samband med dikesgrävningen. Beräknat på att en grävmaskin kostar 800kr/G0h kunde en kostnad beräknas. Avståndet mellan dikena sattes till 25 meter och kostnaden per hektar för grävning beräknades till 4799 kronor. Denna kostnad inkluderar beståndets kostnadsandel i ett avloppsdike ingående i ett dikningsobjekt på 50 ha. Till summan på 4799 adderas även planeringskostnader på 1200 och tillståndsprövning hos LST på 340 kr.

Kompletterande markberedning år 0

I samband med dikesgrävningen skapar grävmaskinen även planteringshögar. Eftersom grävmaskinens räckvidd är begränsad så kommer den inte att kunna skapa planteringshögar över hela beståndet när den gräver diket. När alla diken har grävts behöver maskinen därför köra mitt på varje teg en gång för att skapa högar även där.

Prestationen vid denna åtgärd antas vara dubbelt så hög som vid dikesrensning på svårt hygge enligt Bertland & Käll. Prestationen blir då 280 m/h och per hektar blir det 1142 kr.

Vid tillståndsprövning för markavvattning hos länsstyrelse krävs det vanligen att en miljökonsekvensutredning (MKB) bifogas (Naturvårdsverket, 2009). Kostnaden för en MKB kan bli omfattande och beror på så många olika faktorer att kostnaden blir svår att generalisera. Därför avgränsas kalkylen till att inte omfatta upprättandet av en MKB.

Startgiva av askgödsel

Vid beståndsanläggningen ges en mindre giva med aska på tre ton på samtliga bestånd oavsett om man i framtiden avser att askgödsla de eller ej. Orsaken till detta är att försäkra sig om att plantorna inte drabbas av näringsbrist i plantstadiet. Kostnaden för aska och för askspridning hämtades från ett tidigare examensarbete (Norrbon, 2008). Totalkostnaden för spridning av tre ton aska med traktor är enligt Norrbom 1268 kronor/ha. I detta är kostnader för askbehandling, transport, spridning och administration inräknade.

Plantering och hjälpplantering

Vid val av antal plantor vid beståndsanläggning (år 0) låg tabell från webbsidan Kunskapsdirekt (Skogsstyrelsen, 2012) till grund. Antalet plantor sattes till det nedre värdet i intervallet (tabell 5).

Tabell 5. Rekommenderat antal plantor samt minsta antal plantor vid senaste tidpunkt för hjälpplantering. (plantor/ha).

Table 5. Recommended number of seedlings and the smallest number of plants at the last moment to help planting. (plants / ha).

| Ståndortsindex | Rekommenderat antal | Minsta antal |
|-----------------------|---------------------|--------------|
| G32 | 2500-3000 | 2000 |
| G28 | 2300-2800 | 1800 |
| G24 | 2000-2500 | 1500 |
| G20 | 1700-2500 | 1100 |
| G16 | 1500-2500 | 900 |

Eftersom torvmarker är svårföryngrade på grund av frost, vegetationskonkurrens och viltbetning så gjordes även en hjälpplantering år fem. Antalet avgångna plantor beräknades utifrån ett tidigare försök som gjorts för att studera beståndsanläggning på torvmark. Detta

försök kom fram till att ungefär 30 % av plantorna var döda vid plantering i hög av grävmaskin efter fem säsonger (Hånell, 1992).

Antalet hjälpplanterade plantor bestämdes till 15 % av ursprungsantalet vid beståndsanläggningen. Anledningen till att detta antal inte sattes till 30 % förklaras av att det redan vid beståndsanläggningen sattes betydligt fler än vad lagen kräver vid senaste tidpunkt för hjälpplantering. Tabell 6 visar antalet plantor som sätts vid hjälpplanteringen.

Tabell 6. Antalet plantor som användes i beståndssimuleringen beroende på SI. Plantantalet är dock ej justerat för dikesareal och således ej multiplicerad med faktorn 0,94. (plantor/ha)

Table 6. The number of plants used in the stand simulation depending on SI. Plant number is not adjusted for ditch area and therefore not multiplied by the factor 0.94. (plants / ha)

| Ståndortsindex | Beståndsanläggning år 0 | Hjälpplantering år 5 |
|----------------|-------------------------|----------------------|
| 32≤SI | 2500 | 375 |
| G28≤SI<G32 | 2300 | 345 |
| G24≤SI<G28 | 2000 | 300 |
| G20≤SI<G24 | 1700 | 255 |
| SI<G20 | 1500 | 225 |

Plantantalet justerades ytterligare genom att dra av ytan som dikena tar i anspråk. Detta gjordes genom att beräkna dikesytan och dra av denna från totalytan om 1ha för att få resultatet 0,94 ha planteringsbar yta för varje hektar torvmark. (för fullständig uträkning se bilaga 2). Detta medförde sålunda ett något lägre antal plantor vid första plantering samt vid hjälpplantering än vad tabellerna visar.

Plantkostnaden sattes till 2kronor per planta och planteringskostnaden till 0,7 kronor per planta. Plantkostnaden valdes efter att en rad aktuella prislistor för 1-årig täckrotsplanta av gran hade studerats varpå dessa priser jämkades (se bilaga 2). Planteringskostnaden bedömdes utifrån vad som ansågs vara allmänt rimligt.

Röjning

Efter 10 år antas plantorna ha kommit upp i manshöjd och en hårdare röjning infaller i syfte att få bort överflödiga lövstammar samt att gynna huvudstammarna. Detta antagande gäller generellt för alla bestånd och kostnaden sattes till 2500 kr/ha.

Gallring

Alla bestånd gallras två gånger vardera. Gallringsingrepp görs enligt följande regler:

- Tidpunkt gallrings 1: 40 % av slutavverkningsåldern, 30 % av stående volymen.
- Tidpunkt gallring 2: 60 % av slutavverkningsåldern, 30 % av stående volymen.

Tidpunkten avrundas till närmaste beståndsålder som är en multipel av fem. Samtliga gallringsstyrkor sattes till 30 % av den stående volymen då det inte fanns någon bra formel för grundyta att gå efter i beståndsmetoden.

Drivningskostnaderna vid gallring beräknades med hjälp av skogsstatistisk årsbok 2011. Kostnaden beräknades på motsvarande sätt för förnygringsavverkning, se tabell 7.

Tabell 7. Drivningskostnader för de olika landsdelarna. FAV = Föryngringsavverkning. (kr/m³fpb)
 Table 7. Drive Costs for various country regions. FAV = Clear cutting. (kr/m³sob)

| | Götaland | Svealand | Södra Norrland | Norra Norrland |
|-------------------------|----------|----------|----------------|----------------|
| Kostnad gallring | 72 | 72 | 76 | 87 |
| Kostnad FAV | 149 | 150 | 140 | 143 |

Dikesrensning

Dikesrensning kommer att utföras i en gång under beståndsåldern och det samband med andragallring och prestationen sätts till 100m/h med stöd av Bertland & Källs tidsstudier, vilket motsvarar prestationen vid dikesrensning i ett svårt gallringsbestånd med 15-tons grävmaskin. Kostnaden beräknades sedan på samma sätt som för grävarbetet vid beståndsetableringen. Maskinkostnad på 800kr/h och prestation på 100m/h resulterar i en löpmeterkostnad på 8kr/m och 3200kr/ha. Till detta kommer en planeringskostnad om 1200 kronor/ha.

Askgödsling

I de bestånd som askgödsas sker första askgödslingen i samband med förstagallringen och sedan vart 30:e år. Detta gödslingsprogram antogs vara en förutsättning för att kunna upprätthålla den produktionsförmåga som senare användes i tillväxtberäkningen. Totalkostnaden för spridning av fem ton aska med traktor är enligt Norrbom 2113 kronor/ha. I detta är kostnader för askbehandling, transport, spridning och administration inräknade.

Föryngringsavverkning

Föryngringsavverkning skedde med hänsyn till variablerna lägsta ålder för föryngringsavverkning samt beståndets nuvärde. Föryngringsavverkning skedde i den period som gav högst nuvärde, dock med hänsyn tagen till lägsta tillåtna ålder för föryngringsavverkning enligt skogsvårdslagen. Kostnaderna för föryngringsavverkning återfinns i tabell 7.

Beräkning av nuvärde genom beståndsmetoden

Beståndstillväxten under varje bestånds planeringsperiod, från år 0 fram till föryngringsavverkning, simulerades med hjälp av funktioner ingående i beståndsmetoden. Uppbyggnaden av dessa funktioner skedde i datorprogrammet Microsoft Excel. Programvalet medförde att det lätt gick att byta bestånd och skötselprogram samt att uppställningen blev överskådlig. För att ytterligare förenkla uppställningen diskretiserades hela planeringsperioden till femårsperioder.

I beståndsmetoden utgår man från beståndens SI. Ur SI beräknades en medelproduktion som berodde på vilken landsdel den ingick i. Medelproduktionen låg sedan till grund för den virkesvolym som producerades i varje period.

Utbytesfunktioner användes för att beräkna gagnvirkesvolym och hur utfallet av massa respektive timmer blev vid gallring och föryngringsavverkning. Virkespriser för respektive

landsdel bestämdes med ledning av skogsstatistisk årsbok 2011, ett aritmetiskt medelvärde av de tre senaste årens priser och kostnader användes i syfte att jämna ut årsfluktuationerna.

I varje period erhöles ett antal kostnader och intäkter. Nettot av dessa två poster i respektive period diskonterades till år 0. För att räkna ut det verkliga markvärdet så behövdes även ett skötselprogram för generation två och framåt formuleras. Det ställdes upp på så sätt att det förutsattes skötas på exakt samma sätt som generation ett med den skillnaden att investeringskostnaderna såg annorlunda ut. Det beror på att kostnader som är förknippade med omvandlingen av myrmark till produktiv skogsmark inte återkommer i framtida generationers bestånd.

Tabell 8. Redovisning av vilka kostnadsposter som är aktuella vid etableringen av första generationens skog samt för framtida generationers skog.

Table 8. Accounting for the cost items that are relevant for the establishment of first-generation forests and forests for future generations.

| | Generation 1 | Generation 2 → ∞ |
|--------------------------------------|--------------|------------------|
| Tillståndsprovning LST | X | |
| Dikesgrävning | X | |
| Markberedning, kompletterande | X | |
| Markberedning, total | | X |
| Dikesrensning | | X |
| Startgiva av aska | X | |
| Plantering | X | X |

När Exceldokumentet väl var uppbyggt var det bara SI och landsdel som behövde matas in. Skötselprogrammen anpassade sig sedan efter dessa faktorer. Det enda som behövde bestämmas genom provning var i vilken period (efter lägsta ålder enligt SVL) förnygringsavverkning skulle göras. Detta gjordes utifrån principen om markvärdesmaximering. Formeln för markvärde ses nedan.

$$MV = \sum_{t=0}^n ((R(t) + C(t)) \times (1 + r)^{-t}) + \sum_{t=2n}^n ((R(t + n) + C(t + n)) * (1 + r)^{-t + n}) \times F$$

- MV = Markvärde
- t = årtal
- C = Kostnad år (t)
- R = intäkt år (t)
- n = omloppstid
- F = Fausmannfaktorn = $1/((1-(1+r)^{-1})$
- r = räntekrav

Tabell 9. Exempel på skötselprogram, i detta fall vid markavvattning och askgödsling på högstartyp i Götaland. Boniteten motsvarar ett SI på G28 och högsta markvärde erhålls vid 80 år.

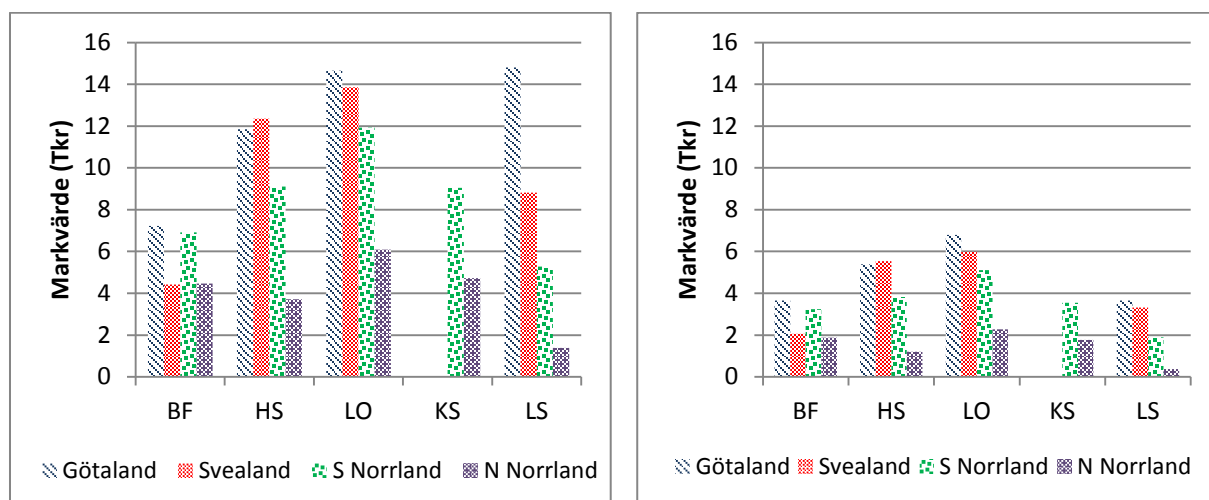
Table 9. Examples of the management program, in this case drainage and the ash-fertilization in Götaland. Site fertility corresponds to an SI of G28 and the highest land value is obtained at 80 years.

| GENERATION 1 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|---|-----------------|---------|-----|-----|---------------------------|-----|-----|-----|------------|-------------|-----|----------------|
| Period | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | ... | 16 |
| År | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | ... | 80 |
| Åtgärd | Plantering Startgiva aska MB, kompletter | Tillståndspröv. Planering Dikning MB, kompletter | Hjälpplantering | Röjning | | | Askgödsling Gallring 1 | | | | Gallring 2 | Askgödsling | | Förnygringsav. |
| (R) | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 |
| (C) | | -4 | -1 | -1 | | | -1 | | | | | -1 | | |
| GENERATION 2 → 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| Period | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | ... | 15 |
| År | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | ... | 160 |
| Åtgärd | Dikesrensning MB, total Plantering | Hjälpplantering | Röjning | | | | Askgödsling Gallring 1 | | | | Gallring 2 | Askgödsling | | Förnygringsav. |
| (R) | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | 1 |
| (C) | | -2 | -1 | -1 | | | -1 | | | | | -1 | | |

3. RESULTAT

Avgörande för lönsamheten är räntekravet. Med begreppet lönsam avses härnäst positiva markvärden medan begreppet olönsam avser bestånd med negativa markvärden.

Lönsamheten avtar med högre räntekrav. Vid 2 % räntekrav är 16 av de 36 bestånden lönsamma, vid 2,5 % räntekrav är 10 av bestånden lönsamma och vid 3 % ränta är enbart ett av de 36 simulerade bestånden lönsamt (tabell 10, 11 och 12). Den bonitetshöjning som askgödsling medför har i samtliga fall inneburit en höjning av markvärdet. Storleken på höjningen varierar kraftigt mellan ståndortstyperna men är högst på lingon-odon-skvatram – typer (LO) i alla landsdelar oavsett räntekrav (figur 5).



Figur 5. Jämförelse mellan markvärdernas ökning vid 2 % räntekrav (vänster) och vid 3 % räntekrav (höger) vid askgödsling. Ökningen redovisas för respektive landsdel och ståndortstyp vars förkortningar återfinns i tabellförklaringen till tabell 10.

Figure 5. Comparison between land value increase at 2 % rate (left) and at 3 % rate if ash fertilization is carried out. The increase is shown for each country region and site type, whose abbreviation is shown in the table-text to table 10.

Enbart markavvattning utan askgödsling har i några fall visat sig vara lönsamt. Vid enbart markavvattning är det vid 2 % räntekrav fem bestånd som är lönsamma. Vid 2,5 % räntekrav har detta antal sjunkit till tre och vid 3 % ränta så är inget bestånd lönsamt vid enbart markavvattning. De bestånd som redan vid enbart markavvattning är lönsamma får ett mycket högre markvärde efter en askgödsling.

Även om askgödsling alltid höjer markvärdet så har det i de flesta fall inte räckt till för att göra lönsamma bestånd av olönsamma. Vid 2 % räntekrav kan askgödsling i sex fall vända negativa markvärden till positiva, vid 2,5 % räntekrav är detta antal fyra och vid 3 % räntekrav så är det bara i ett enda fall en lönsamhetsavgörande åtgärd, nämligen vid askgödsling av en dikad blåbär-fräken – typ i Götaland. I tabell 10, 11 och 12 framgår detta.

Markavvattningsföretag i norra Norrland är i regel mycket olönsamt. Enda undantaget från denna regel är markavvattning plus askgödsling på blåbär-fräken – typer (LO) vid räntekravet 2 %. På ett liknande sätt är markavvattning på lågstarr – typer mycket olönsamt. Där räddar dock askgödsling lönsamheten på dikade blåbär-fräken-myrrar i Götaland.

Tabell 10. Ståndortsindex (SI) i vänster kolumn under respektive landsdel och ståndortstyp efter markavvattning (M) och markavvattning + askgödsling (MA). Markvärdet för respektive SI visas i kolumnen till höger och anges i SEK. Ökning av markvärde efter askgödsling visas till höger om markvärdena. Ståndortstyperna benämns vid sina förkortningar blåbär fräken: (BF), högstarr (HS), lingon-odon-skvatram (LO), klotstarr (KS), lågstarr (LS). Ränta 2 %

Table 10. Site index (SI) in the left column in the respective country region and site type after draining (M) and drainage + ash-fertilization (MA). Land value for each SI is shown in the column to the right and listed in SEK. Raise of land value after ash-fertilization are shown to the right of the land values. The site types are here shown with their abbreviations: blåbär fräken (BF), högstarr (HS), lingon-odon-skvatram (LO), klotstarr (KS), lågstarr (LS). Rate 2%

| | | Götaland | | | Svealand | | | Södra Norrland | | | Norra Norrland | | |
|----|----|----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|--------|-------|
| BF | M | G28 | 17316 | +7223 | G28 | 12817 | +4417 | G24 | 7890 | +6905 | G24 | -154 | +4463 |
| | MA | G32 | 24539 | | G31 | 17234 | | G29 | 14795 | | G29 | 4309 | |
| HS | M | G21 | 3194 | +11843 | G20 | -1813 | +12354 | G16 | -5599 | +9099 | G18 | -7266 | +3717 |
| | MA | G28 | 15037 | | G28 | 10541 | | G22 | 3500 | | G22 | -3549 | |
| LO | M | G20 | 385 | +14652 | G19 | -3315 | +13856 | G14 | -8425 | +11925 | G16 | -9626 | +6077 |
| | MA | G28 | 15037 | | G28 | 10541 | | G22 | 3500 | | G22 | -3549 | |
| KS | M | | | | | | | G10 | -12590 | +9037 | G11 | -13754 | +4727 |
| | MA | | | | | | | G18 | -3913 | | G18 | -9027 | |
| LS | M | G14 | -10536 | +14802 | G13 | -12328 | +8809 | G10 | -12590 | +5275 | G10 | -14375 | +1375 |
| | MA | G22 | 4266 | | G20 | -3519 | | G16 | -7315 | | G14 | -13000 | |

Tabell 11. Tabellförklaring som i tabell 10. Ränta 2,5 %

Table 11. Table explanation as in table 10. Rate 2,5 %

| | | Götaland | | | Svealand | | | Södra Norrland | | | Norra Norrland | | |
|----|----|----------|---------|-------|----------|---------|-------|----------------|---------|-------|----------------|---------|-------|
| BF | M | G28 | 6 627 | +4792 | G28 | 3 477 | +1536 | G24 | 12 | +4784 | G24 | -5 604 | +2863 |
| | MA | G32 | 11 419 | | G31 | 5 013 | | G29 | 4 796 | | G29 | -2 741 | |
| HS | M | G21 | -3 212 | +8089 | G20 | -6 565 | +8293 | G16 | -8 978 | +5866 | G18 | -10 052 | +2129 |
| | MA | G28 | 4 877 | | G28 | 1 728 | | G22 | -3 112 | | G22 | -7 923 | |
| LO | M | G20 | -5 085 | +9962 | G19 | -7 463 | +9191 | G14 | -10 877 | +7765 | G16 | -11 618 | +3695 |
| | MA | G28 | 4 877 | | G28 | 1 728 | | G22 | -3 112 | | G22 | -7 923 | |
| KS | M | | | | | | | G10 | -13 495 | +5466 | G11 | -14 180 | +2771 |
| | MA | | | | | | | G18 | -8 029 | | G18 | -11 409 | |
| LS | M | G14 | -12 248 | +9582 | G13 | -13 358 | +5342 | G10 | -13 495 | +3251 | G10 | -14 547 | +709 |
| | MA | G22 | -2666 | | G20 | -8 016 | | G16 | -10 244 | | G14 | -13 838 | |

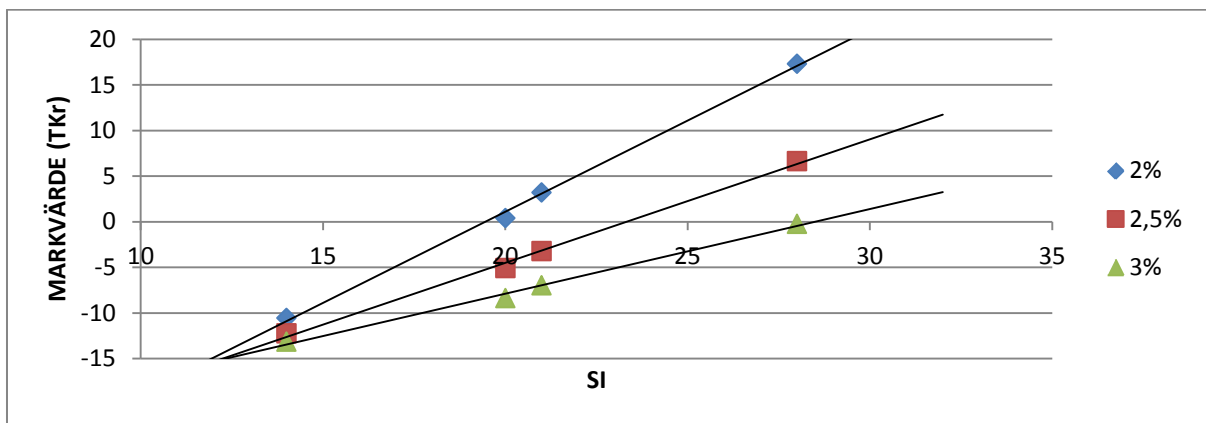
Tabell 12. Tabellförklaring som i tabell 10. Ränta 3 %

Table 12. Table explanation as in table 10. Rate 3 %

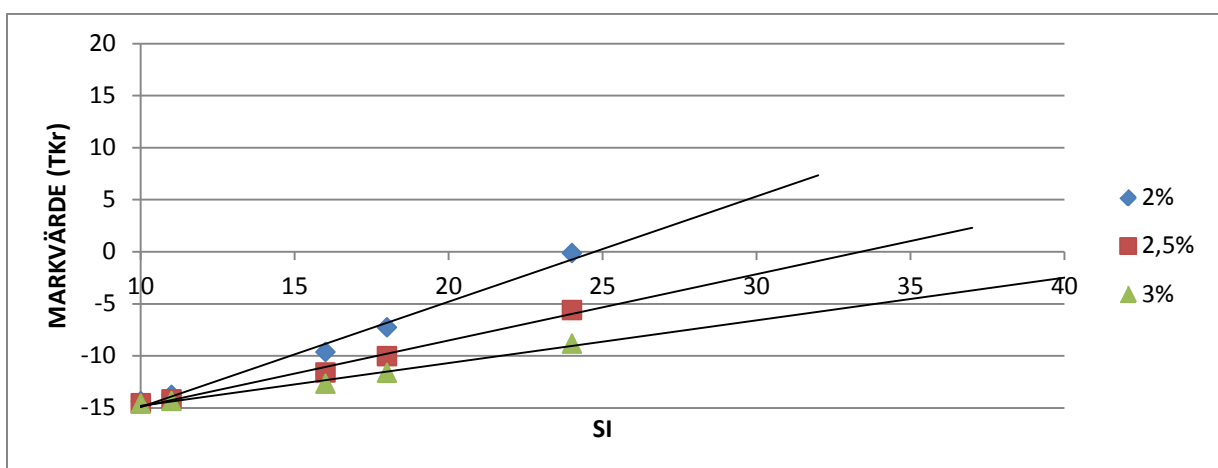
| | | Götaland | | | Svealand | | | Södra Norrland | | | Norra Norrland | | |
|----|----|----------|--------|-------|----------|--------|-------|----------------|--------|-------|----------------|--------|-------|
| BF | M | G28 | -224 | +3644 | G28 | -2493 | +2050 | G24 | -4829 | +3236 | G24 | -8844 | +1867 |
| | MA | G32 | 3240 | | G31 | -443 | | G29 | -1593 | | G29 | -6977 | |
| HS | M | G21 | -6977 | +5374 | G20 | -9408 | +5537 | G16 | -10927 | +3818 | G18 | -11630 | +1201 |
| | MA | G28 | -1603 | | G28 | -3871 | | G22 | -7109 | | G22 | -10429 | |
| LO | M | G20 | -8388 | +6785 | G19 | -9851 | +5980 | G14 | -12209 | +5100 | G16 | -12693 | +2264 |
| | MA | G28 | -1603 | | G28 | -3871 | | G22 | -7109 | | G22 | -10429 | |
| KS | M | | | | | | | | -13931 | +3534 | G11 | -14352 | +1758 |
| | MA | | | | | | | | -10397 | | G18 | -12594 | |
| LS | M | G14 | -13149 | +3647 | G13 | -13857 | +3309 | G10 | -13931 | +1887 | G10 | -14581 | +376 |
| | MA | G22 | -6802 | | G20 | -10548 | | G16 | -12044 | | G14 | -14205 | |

Den lönsammaste askgödslingen är den som skedde på lingon-odon-skvattram – typer i Götaland där markvärdet ökar med 14652 kr vid 2 %, 9962 kr vid 2,5 % samt 6785kr vid 3 % räntekrav. Omvänt är den minst lönsamma askgödslingen den som skedde på lågstarrtyper (LS) i norra Norrland. Där ökade markvärdet endast med 1375 kr vid 2 %, 709 kr vid 2,5 % samt 376 kr vid 3 % räntekrav. Det lönsammaste beståndet efter både markavvattning och askgödsling erhålls på blåbär-fräken -typer (BF) i Götaland. Där är markvärdet vid 2 % 24359kr, vid 2,5 % 11419 kr och vid 3 % 3240 kr. Sämst lönsamhet erhöles på lågstarrtyper i norra Norrland där markvärdet beräknades till ca -14500 kr oavsett räntekrav.

Mellan ståndortstyperna i respektive län kan vid samma räntekrav ett nära på linjärt samband observeras (figur 7 och 8). För varje räntekrav och landsdel kan därför ett SI urskiljas där nollresultat i markvärde erhålls. På bördiga ståndortstyper i Götaland når man nollresultat vid lägre ståndortsindex än på motsvarande ståndortstyp i norra Norrland. I norra Norrland nås vid 3 % räntekrav nollresultatet först vid orealistisk höga SI.



Figur 7 Markvärdet som en funktion av SI vid olika räntekrav i Götaland vid enbart markavvattning. Varje punkt på respektive linje representerar en ståndortstyp
Land value as a function of SI at different interest requirements in Götaland after drainage alone. Every dot on each line represents one site type.



Figur 8. Markvärdet som en funktion av SI vid olika räntekrav i norra Norrland vid enbart markavvattning. Varje punkt på respektive linje motsvarar en ståndortstyp.
Figure 8. Land value as a function of SI at different interest in northern Norrland after drainage alone. Every dot on each line represents one site type..

4. DISKUSSION & SLUTSATSER

Metoddiskussion

Vid indelningen i landsdelar togs ingen hänsyn till att det i Götaland finns två områden med skilda funktioner för att korrigera MP. Medelproduktionen (MP) i Skåne, Blekinge och Hallands korrigeras av en egen funktion och övriga Götaland av en annan. Vid beräkningarna användes funktionen för övriga Götaland, vilket ledde till underskattad volymproduktion. Lösningen på detta problem hade kunnat vara att helt anpassa försöksupplägget efter beståndsmetodens funktioner. Detta hade i så fall resulterat i en femte landsdel utgörandes av Skåne, Blekinge och Halland.

Den hjälpplantering som skett på samtliga bestånd är på medelboniteter rimlig att utföra på efter fem år, men på de bättre boniteterna är det tveksamt. Förmodligen är effekten av markberedningen borta och inväxten av konkurrerande vegetation så stor att plantorna dör, såvida det inte rör sig om stora barrotsplantor. Om barrotsplantor skulle använts i lönsamhetskalkylen så skulle detta höja kostnaden för plantering.

Angående röjningsåtgärden så hade tidpunkten för röjning säkerligen kunnat göras mer anpassad efter SI, på samma sätt som gallringstidpunkterna. I vår uppställning röjs det alltid tio år efter beståndsanläggning oavsett SI. Denna förenkling försvaras av att röjningen enligt den uppställning vi valt, vare sig påverkar diametertillväxt eller virkesförråd. Röjningen är praktiken bara en kostnad. Röjningskostnaden hade förmodligen även kunnat göras mer anpassad till bestånden, exempelvis med ledning av hur bolagen ersätter sina röjningsentreprenörer. I vårt försök är istället kostnaden konstant oavsett SI, men i realiteten sannolikt högre på en G32 mark än de 2500 kronorna som det räknades på i försöket. Samtidigt är det troligt att en G10 mark har väldigt låg röjningskostnad.

Gallringstidpunkt och gallringsstyrka generaliserades grovt. Detta gjordes av två skäl: Dels var det praktiskt ur ett beräkningstekniskt perspektiv att schablonmässigt bestämma gallringstidpunkterna till relativa åldrar av omloppstiden. Dessutom så hittades inga bra beståndsparametrar att bestämma gallringstidpunkt utifrån eftersom BM saknar funktioner för att beräkna både grundyta och övre höjd. Hade dessa två beståndsparametrar kunnat beräknas så hade ett skötselprogram som byggde på skogsstyrelsens gallringsmallar kunnat läggas in för varje bestånd.

Gällande övriga kostnader och intäkter som t.ex. virkespriser, planteringskostnader och avverkningskostnader anser vi att den schablonisering vi gjorde för olika landsdelar var nödvändig och relevant. Det skulle bli alltför tidsödande att eventuellt behöva göra ytterligare indelningar av landet för att anpassa oss till olika prislistor. Vi anser även de personer vi fått prisuppgifter från vara goda riktlinjer för vad olika åtaganden som markberedning och dikesrensning kostar i realiteten.

Markavvattningen antas bli gjord på sådana marker där den svenska våtmarksinventeringen (VMI) har klassat objektet som klass 4. Denna klass upptar 14 % av arealen våtmark i Sverige och har låga naturvärden. Den innehåller störda och ofta förstörda våtmarker, vilket gjort att vi har antagit att en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) inte är nödvändig av detta skäl (Naturvårdsverket, 2009).

Att använda sig av beståndsmetoden för prognostisering av tillväxt ger inget exakt facit på hur skogen faktiskt kommer att växa. Liksom många andra tillväxtmodeller baseras den på riksskogstaxeringens data och är applicerbar på i regel alla bestånd i Sverige. Samtidigt är i praktiken varje bestånd unikt och har skilda förutsättningar gentemot ett till synes likadant intilliggande bestånd. Två granbestånd kan ha samma förutsättningar med avseende på vatten- och näringstillgång, jorddjup och temperatursumma mm. Vad som ofta skiljer dem åt är olika faktorer som t.ex. risk för frost, viltbete, vind- och snöpåverkan. Beståndsmetoden har i sin tillväxtfunktion tagit hänsyn till dessa faktorer och kan därför användas som en generell modell för hur skogen i olika landsdelar kommer växa under en omloppstid.

Att samtliga modeller för tillväxt och virkesutbyten finns tillgängliga i bokform underlättar redigeringen av dessa i Excel. Det är också enkelt att styra och anpassa dem efter egna behov, till exempel öka totalproduktionen med 8 % då plantering av förädlad material genomförs.

En nackdel med beståndsmetoden är att den inte tar hänsyn till kvarvarande stammars ökade diametertillväxt efter gallring. Funktionen för tillväxt förändras inte efter ett gallringsingrepp vilket leder till att vi troligtvis får för låg andel timmer vid nästkommande gallring och slutavverkning vilket i sin tur påverkar nuvärdet. Med detta i åtanke kan man tänka sig att vi har en generell underskattning av nuvärdet hos samtliga bestånd.

Resultatdiskussion

Gällande tabellerna 10-12 ser man tydligt hur lönsamheten avtar vid fallande SI och nordligare landsdel. Markavvattning + Askgödsling höjer alltid nuvärdet jämfört med enbart markavvattning på samma ståndortstyp. På vissa ståndorter är det direkt avgörande om man har askgödsling eller inte med avseende på om markvärdet skall vara positivt. Det är också tydligt att lönsamheten är sämre på samtliga marker om man höjer räntan. Under de förutsättningar som råder med anläggningskostnader övriga kostnader och intäkter under en omloppstid är det inte lönsamt att bedriva skogsbruk på myrmark i hela landet om räntan överstiger 3 %.

Enligt figur 7-8 korsar samtliga markvärdeskurvan SI-axeln tidigare i Götaland än i norra Norrland. Det betyder sålunda att man behöver ett lägre SI i Götaland för att skogsbruk på myrmark skall vara lönsamt. Översätter man SI till $m^3sk\ ha^{-1}\ år^{-1}$ där 2 % -kurvan korsar SI-axeln får vi för enbart markavvattnad mark i Götaland ungefär $5,6\ m^3sk\ ha^{-1}\ år^{-1}$ och i norra Norrland ungefär $5,8\ m^3sk\ ha^{-1}\ år^{-1}$. Detta är ett intressant resultat eftersom det betyder att det krävs samma bonitet i hela landet för att få positiva markvärden, men det är lättare att komma upp i sådana boniteter i södra Sverige.

Vilket räntekrav man har påverkar i stor utsträckning om denna typ av skogsbruk är lönsamt eller inte. Att placera pengarna på ett bankkonto innebär i regel att man får en ränteavkastning på dem varje år. Summan som erhålls beror av räntan samt summan pengar man har på kontot. Det man måste ha i åtanke är att den aktuella inflationen påverkar vilken nominell ränta man måste ha för att uppnå sitt mål med realräntan. Med en inflation på 1,9 % krävs det en nominell ränta på 3,9 % för att nå målet med 2 % räntekrav. Ser man däremot till Holmen Skogs värdering av företagets biologiska tillgångar där räntan är satt till 4,4 % ligger vi långt under önskvärda nivåer (Holmen Skog, 2011). Det kan lätt konstateras att ett sådant räntekrav skulle innebära en direkt förlust vid skogsodling på tidigare odikad torvmark oavsett var i landet man befinner sig.

Att omvandla en myrmark till produktiv skogsmark är som tidigare beskrivet ett dyrt åtagande. Etableringskostnaden uppgår i vår modell till mellan 12000 – 15000 kr/ha och har man då ett större myrobjekt på över 10 ha inser man att det krävs ett stort kapital och givetvis en större risk än vid traditionellt skogsbruk för att få en produktiv skogsmark av den. För en enskild markägare är det knappast ett alternativ att utföra detta på objekt överstigande 5 ha om inte denne har ett stort disponibelt kapital att tillgå. I fråga om att bedriva detta projekt på så stora objekt är det nog därför enbart utförbart för större skogsföretag som Sveaskog, SCA och Holmen m.fl. Dessa företag har större ekonomisk möjlighet att genomföra samtliga etableringskostnader som är nödvändiga för att etablera en växande skog.

Om markägare med ett mindre innehav har intresse i att, genom markavvattning och askgödsling, omvandla myr till skogsmark bör man ha i minne att vissa kostnader vi räknat på kommer att höjas. Exempelvis kommer planeringskostnader, dispenskostnader och kostnad för maskinetablering kraftigt påverka markvärdet om dikningsobjektet utgör ett fåtal hektar. Det är samtidigt inte otänkbart att det i framtiden kommer behövas betydligt större uttag av biomassa ur skogarna än i dagsläget, vilket skulle kunna leda till att staten återigen väljer att subventionera markavvattning av torvmark för att säkra utbudet.

Något som är värt att beakta är att på FSC-certifierade fastigheter är markavvattning på tidigare odikad mark inte tillåten (FSC, 2010). I och med att ungefär halva den svenska arealen av produktiv skogsmark är FSC-certifierad så fråntas troligen stora arealer myr där markavvattning och askgödsling skulle gå att genomföra.

I lönsamhetskalkylen förutsätts en myr med samma ståndortstyp över hela arealen, vilket sällan stämmer överrens med verkligheten där nästan inga myrar är homogena med avseende på ståndortstyp. På stora myrkomplex är det istället vanligt att marken har olika ståndortstyper vilket leder till olika dikningsbonitet (Magnusson, 2009).

Det har tidigare gjorts andra studier inom detta område (Carlén & Müller, 1984), men frågeställningen i denna rapport har varit olik vår och därför är resultaten svåra att jämföra. Däremot har (Torstensson, 2011) gjort en jämförelsebar undersökning på dikad myrmark i Götaland där han fick markvärdet -126 kr i relation till vårt resultat på -8388 kr vid 3 % räntekrav. Noteras bör att Torstensson då hade ett optimalt skötselprogram och en annan tillväxtmodell. Resultatet vi fått anser vi vara trovärdigt efter de förutsättningar som satts upp.

Sammanfattat kan vi därför dra slutsatserna att:

- Askgödsling på dikade myrmarker höjer i samtliga fall markvärdet.
- Vid två procents ränta innebär askgödsling en ändring från negativt till positivt markvärde på högstarr och lingon-odon-skvatram –typer i Svealand och södra Norrland.
- Vid 2,5 procents ränta medför askgödsling en ändring från negativt till positivt markvärde på högstarr och lingon-odon-skvatram –typer i Götaland och Svealand.
- Enbart markavvattning kan i norra Norrland inte rekommenderas på någon ståndortstyp vid provade räntekrav. Askgödsling i norra Norrland kan enbart rekommenderas i markavvattnade bestånd där ursprunglig ståndortstyp var blåbär-fräken.
- Enbart markavvattning på lågstarrtyper kan inte rekommenderas i någon landsdel. Askgödsling på markavvattnad lågstarrtyp kan enbart rekommenderas i Götaland.
- Vid tre procents räntekrav är det enbart på markavvattnade och askgödslade blåbär-fräkentyper i Götaland som visar på positivt markvärde.
- Vid högre räntekrav än tre procent finns troligen inga företagsekonomiska motiv till att, genom markavvattning och askgödsling, skogsodla myr.
- Vi får andra resultat än tidigare studier vilket vi anser bero på olika synvinklar på frågeställning och metod.
- Resultaten bör enbart ses som en fingervisning om vart lämpliga myrar kan finnas. En objektspecifik kalkyl bör upprättas innan ett markavvattningsföretag övervägs.

5. TILLKÄNNAGIVELSER

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Professor Björn Hånell för en trevlig och konstruktiv handledning.

Vi vill tacka SkogDr. Tommy Mörling för ytterligare synpunkter på rapporten.

Vi vill tacka Peichen Gong för att han så generöst lånade oss litteraturen som var nödvändig för uppbyggnaden av Beståndsmetoden.

Vi vill tacka Professor Peter Lohmander för vägledning i frågan om beräkning av markvärde.

Vi vill även tacka Roger Hällestrand på Sveaskog för kostnadsuppgifter rörande dikning.

6. REFERENSLISTA

- Bertland, P; Käll, D (2011). *Prestations- och kvalitetsstudie av maskiner för rensning av skogsdiken*. Skinnskatteberg: Skogsmästarprogrammet, Sveriges Lantbruksuniversitet (Examensarbete 2011:02), s.21
- Carlén, O; Müller, A, (1984) *Är dikningen lönsam?* Umeå: Institutionen för skogsekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsakta nr.6
- Eriksson, J. Nilsson, I. & Simonsson, M. (2005). *Wiklanders Marklära*. Stockholm: Studentlitteratur.
- Gustafsson, J. (1979). *Skogsdikning – metoder, teknik och plantering*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten (Redogörelse, 1).
- Holmen Skog, årsredovisning (2011), s.77 [Online] Tillgänglig: <http://www.holmen.com/Global/Holmen%20documents/Publications/Annual%20Reports/Sv-Annual%20report%202011.pdf> [2012-04-18]
- Hånell, B, (1988). *Postdrainage forest productivity of peatlands in Sweden*. Canadian Journal of Forest Research nr. 18; ss. 1443-1456.
- Hånell, B. (1992). *Skogsförnyelse på högproduktiva torvmarker – plantering av gran på kalhygge under skärträd*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet (Rapporter, 34)
- Hånell, B. (2004). *Arealer för skogsgödsling med träaska och torvaska på organogena jordar i Sverige*. Stockholm: Värmeforsk Service AB. (Värmeforsk rapport, 872).
- Hånell, B (2008). *Handledning i bonitering med skogshögskolans boniteringssystem – Del 4 – Torvmark*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Hånell, B. (2009). *Möjlighet till höjning av skogsproduktionen i Sverige genom dikesrensning, dikning och gödsling av torvmarker*. I: Fahlvik, N., Johansson, U., Nilsson, U. (eds.). *Skogsskötsel för ökad tillväxt. Faktaunderlag till MINT-utredningen*. SLU, Rapport. Bilaga 4:1-28
- Hägglund, B. & Lundmark, J-E., (1999). *Handledning i bonitering med skogshögskolans boniteringssystem - Del 3. 4:e upplagan*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Johansson, M-B. & Ericsson, E. (2003). *Kol i skogen och biobränslen*. I: LUSTRA Årsrapport 2003.
- Kunskap Direkt (2012). *Om beståndsval*, [Online] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt/Alla-Verktyg/Bestandsval/Om-Bestandsval/> [2012-04-18]
- Lantmäteriverket (1988). *Beståndmetoden för skogsvärdering: Tillväxt och avverkning*. Gävle: Lantmäteriverket. (Rapport, 1988:1)

- Lantmäteriverket (1988). Beståndmetoden för skogsvärdering: Sortimentutbyte och kvalitet. Gävle: Lantmäteriverket. (Rapport, 1988:2)
- Magnusson, T. & Johansson, L (red.) (2009). Skogsskötselserien nr 13, Skogsbruk, mark och vatten. Jönköping: Skogsstyrelsen
- Naturvårdsverket (2009). Handbok 2009:5, utgåva 1. Stockholm: Naturvårdsverket. sid 26 & 103.
- Naturvårdsverket (2012). *Energipåverkar miljön*. [Online] Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Verksamheter-med-miljopaverkan/Energi/Energipaverkar-miljon/> [2012-04-03]
- Naturvårdsverket (2009). Nationell slutrapport för våtmarksinventeringen (VMI) i Sverige, Stockholm: Naturvårdsverket (Rapport: 5925) ss. 7, 72
- Nilsson, H (2010). *Den globala uppvärmningen – vad kommer hända med morgondagens värld?* Uppsala: Institutionen för ekologi, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Nilsson, T; Nilsson, Å; Larsson, K, (2002). *Effekter på markkemi, markvegetation och skogsproduktion fem år efter askåterföring till ett tallbestånd i Hälsingland*. Uppsala: Institutionen för marklära, Sveriges Lantbruksuniversitet, s.6.
- Norrbom, T. (2008). Askgödsling och dess lämplighet i torvmarks-skogar tillhörande Sveaskog Förvaltnings AB - en litteraturstudie. Umeå: Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges lantbruksuniversitet. (Examensarbete i ämnet skogsskötsel, 2008:6).
- Persson, P. (1975). Stormskador på skog – uppkomstbetingelser och inverkan av skogliga åtgärder. Stockholm: Skogshögskolan (Rapporter och uppsatser, 36).
- Ståhl, P.H. & Johansson, L (red.) (2009) Produktionshöjande åtgärder, skogsskötselserien nr 16, Skogsstyrelsens förlag, Skogsstyrelsen, s.4
- Sundström, E (1997) *Afforestation of low productive peat-lands in Sweden*, Umeå: Institutionen för skogsskötsel: Sveriges Lantbruksuniversitet, (Acta universitatis agriculturae Sueciae silvestria, nr. 25), s. 33
- Torstensson, P-O. (2011). Markvärdets förändring efter askspridning till skogsmark i Götaland. Umeå: Institutionen för skogsekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet. (Examensarbete i skogshushållning).

Bilaga 1.

Formler för simulering av tillväxt av granbestånd i Sverige samt beräkning av nuvärde.

(Enligt Lantmäteriets rapport: Beståndsmetoden för skogsvärdering – tillväxt och avverkning (1988:1 andra upplagan) samt sortimentsutbyte och kvalitet (1988:2))

Tillväxtfunktioner

Följande förkortningar används:

- Medelproduktion (MP). Anger totalproduktionen dividerat med beståndsåldern.
- Totalproduktion (TP). Beståndets totala virkesförråd vid åldern t plus alla röjnings- samt gallringsuttag.
- Växttid (VT), åldern på beståndet då högsta medelproduktionen uppnås.
- Ståndortsindex (SI), dvs. den höjd i meter som överhöjdsgranen uppnår vid 100 års ålder. 20 m höjd ger då G20.

Medelproduktionsberäkning:

För södra Sverige gäller:

- $MP = 0,3 * SI - 0,5$
- För $SI \leq 22$:
 $MP = MP * (0,033 * SI + 0,27)$

För norra Sverige gäller:

- För län AC – BD: $MP = 0,256 * SI - 0,2$
- För län W – Z: $MP = 0,29 * SI - 0,2$
- Speciellt för län BD – W gäller:
för $SI \leq 22$:
 $MP = MP * (0,017 * SI + 0,63)$

Följande korrigerings görs oberoende av trädslag:

- Län AC – BD: $MP = 0,97 * MP - 0,55$
- Län K – N: $MP = 1,11 * MP - 0,78$
- Övriga län: $MP = MP - 0,4$

Värt att notera:

Dalarnas län (W) räknades tillhöra södra Norrland i medelproduktionsberäkningarna.

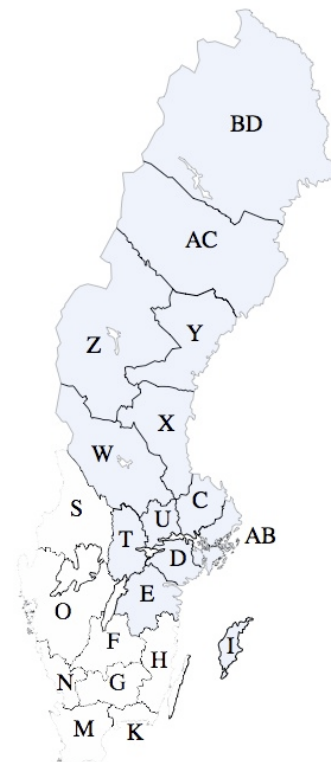


Bild 1. Karta över Sveriges länsbokstäver (Efter Lokal_Profil, CC-BY-SA-2.5)

Picture 1. Map over Sweden's county-letters

Beräkning av växttid:

- (VT) Gran: $(165 - 2,2 * SI) * (1 + 0,0015 * (TOTÅ - 80))$
Där TOTÅ = beståndsålder vid tidpunkt t.

Totalproduktionsberäkning:

För gran gäller:

$$TP = (MP * VT * 1,6416 * (1 - 6,3582^{-t/VT})^{2,8967}) * 1,08$$

Där t = beståndsålder

Anmärkning: multiplicering med faktorn 1,08 sker p.g.a. den ökade tillväxten vi får ur förädlade plantor (södras prislista för gran, se referenslista).

Diametertillväxt:

Grundtyevägd medeldiameter på bark, DGVPB, beräknas enligt följande:

$$DGVPB = A + B * t / VT$$

Där:

- $A = 3,373 + 0,9474 * MP$
- $B = 13,223 + 0,9675 * MP$

Virkefförråd vid gallring:

- Före gallring vid ålder t: $V(t) = TP(t) - \sum_{a=0}^{t-1} GuT(a)$

- Efter gallring vid ålder t: $V(t) = TP(t) - \sum_{a=0}^t GuT(a)$

Där $GuT(a)$ = gallringsuttag vid ålder a (m^3sk/ha)

Formler för sortimentsutbyte

För att få variabeln "avverkad volym under bark" behövs följande:

- $Bvol(t) = 0,4127 * DGVPB^{-0,338}$

Där $Bvol(t)$ = Barkens procentuella andel av total stamvolym på bark.

Medeldiameter under bark:

Medeldiameter under bark, $DGVUB$, beräknas enligt följande:

$$BARKD = A * DGVPB + B$$

Där:

- $BARKD$ = Dubbel barktjocklek
- $A = 0,05$
- $B = 0,5$

Slutligen blir $DGVUB$:

$$DGVUB = DGVPB - BARKD$$

Småträdsavdrag vid slutavverkning:

$$STA = 0,01 + 1,05 * e^{-0,77 * DGVPB}$$

Avverkad volym under bark:

$$Vub(t) = Av(t) * (1 - STA(t)) * (1 - Bvol(t))$$

Där:

- $Av(t)$ = Gallringsuttag vid gallring, dvs. $TP - V(t)$

Gagnvirkesutbyte

$$G3M = 1 - (0,86 / DGVUB - Y)$$

Där:

- $G3M$ = gagnvirkesandel vid aptering i 3-meters massalängder
- Y = minsta toppdiameter för massaved under bark, dvs. 5 cm.

Timmerandel under bark:

$$TUB(t) = 0,86 - (0,6 * X / DGVUB) + 0,009 * DGVUB - 0,01 * X$$

Där:

- $TUB(t)$ = Timmerandel under bark
- X = Minsta toppdiameter för timmer under bark, dvs. 12 cm.

Timmervolym i m³fub:

$$TV(t) = TUB(t) * Vub(t)$$

Massavedsandel under bark:

$$MUB(t) = G3M(t) - TUB(t)$$

Massavedsvolym i m³ub:

$$MV(t) = Vub(t) * MUB(t)$$

Nuvärdeskalkyl

Nettointäkt gallring:

$$\text{NET}(G) = \text{TV}(t) * P(T) + \text{MV}(t) * P(M) - \text{Kost}(G) * (\text{TV}(t) * \text{MV}(t))$$

Där:

- $\text{NET}(G)$ = Nettointäkt gallring, kr/m³fub
- $P(T)$ = Timmerpris
- $P(M)$ = Massavedspris
- $\text{Kost}(G)$ = Kostnad gallring, kr/m³fub

Nettointäkt slutavverkning:

$$\text{NET}(S) = \text{Vub}(t) * \text{TUB}(t) * P(T) + \text{Vub}(t) * \text{MUB}(t) * P(M) - (\text{Kost}(S) * \text{Vub}(t))$$

Där:

- $\text{NET}(S)$ = Nettointäkt slutavverkning, kr/m³fub
- $\text{Kost}(S)$ = Kostnad slutavverkning, kr/m³fub

Nuvärdesformel:

NPV:

$$\sum_{t=0}^n ((R(t) + C(t)) * (1 + r)^{-t})$$

Där:

- n = antal år till förnygringsavverkning
- NPV = Nettonuvärde
- R = intäkt år (t)
- C = Kostnad år (t)
- $(1+r)^{-t}$ = Diskonteringsfaktorn där r = realräntan och t = år

Faustmann-formeln:

$$1/(1-(1+r)^{-t})$$

Där:

- r = ränta
- t = omloppstid

Bilaga 2.

Räkneexempel

Förutsättningar:

- Myrmark i Svealand
- Ståndortstyp lingon-odon-skvattram
- Marken skall dikas samt askgödslas
- Temperatursumma: 1300 dygnsgrader

Dikningsboniteten för denna myr blir 4,8 m³sk/ha, år (Hånell 2008). Efter askgödsling ökar boniteten ytterligare med 3 m³sk/ha, år enligt erhållen tabell från Björn Hånell, (se 1.3 Material och metoder, tabell 1).

Översättning till ståndortsindex sker därefter med hjälp av en konverteringstabell (tabell 1) (Bogghed 2010). En bonitet på 7,9 m³sk/ha, ger då att avrundat SI på 28.

För att räkna ut denna marks medelproduktion används områdesspecifika formler ur bilaga 1.

Medelproduktion:

$$MP = 0,3 * SI - 0,5$$

$$MP = 7,9 \text{ m}^3\text{sk/ha, år}$$

Med korrigering oberoende av trädslag:

$$MP = MP - 0,4$$

$$MP = 7,5 \text{ m}^3\text{sk/ha, år}$$

Beräkning av växttid:

$$(VT) \text{ Gran: } (165 - 2,2 * SI) * (1 + 0,0015 * (TOTÅ-80))$$

$$VT = 91 \text{ år}$$

Anmärkning: TOTÅ = 0 eftersom vi räknar från beståndsanläggning.

Tabell 1 visar hur översättningen från bonitet till jämna SI går till. Noteras bör att södra Norrland jämkas mellan område 3 och 2, samt att en bonitet som ligger i spannet mellan 2 st. SI avrundas till närmsta SI (såväl jämna som udda).

| | (m ³ sk/ha och år) | | | | |
|-----|-------------------------------|------|------|------|------|
| | OMR5 | OMR4 | OMR3 | OMR2 | OMR1 |
| T10 | 1,3 | 1,6 | 1,4 | 1,4 | 1,2 |
| G10 | 1,4 | 1,7 | 2,5 | 2,5 | 1,8 |
| T12 | 2,0 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 1,9 |
| G12 | 2,2 | 2,2 | 3,2 | 3,2 | 2,5 |
| T14 | 2,7 | 2,9 | 2,7 | 2,7 | 2,5 |
| G14 | 3,0 | 3,1 | 3,7 | 3,7 | 3,0 |
| T16 | 3,1 | 3,2 | 3,1 | 3,1 | 3,1 |
| G16 | 3,6 | 3,6 | 4,0 | 4,0 | 3,3 |
| T18 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,8 |
| G18 | 4,4 | 4,3 | 4,9 | 4,9 | 3,8 |
| T20 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,2 |
| G20 | 5,6 | 5,4 | 5,7 | 5,7 | 4,4 |
| T22 | 4,9 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 4,8 |
| G22 | 6,4 | 6,1 | 6,2 | 6,2 | 5,2 |
| T24 | 5,6 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | 5,0 |
| G24 | 6,8 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 5,5 |
| T26 | 6,4 | 6,1 | 6,0 | 6,0 | 5,7 |
| G26 | 7,7 | 7,2 | 7,2 | 7,2 | 6,2 |
| T28 | 6,7 | 6,4 | 6,3 | 6,3 | 6,0 |
| G28 | 8,6 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 6,4 |
| T30 | 8,7 | 8,2 | 8,1 | 8,1 | 7,6 |
| G30 | 11,0 | 10,3 | 10,3 | 10,3 | 8,3 |
| T32 | 10,0 | 9,4 | 9,2 | 9,2 | 8,7 |
| G32 | 12,5 | 11,7 | 11,6 | 11,6 | 9,4 |
| G34 | 13,2 | 12,3 | 12,3 | 12,3 | 10,6 |
| G36 | 14,6 | 13,5 | 13,3 | 13,3 | 10,9 |
| G38 | 16,0 | 14,8 | 14,7 | 14,7 | 12,0 |
| G40 | 17,9 | 16,6 | 16,4 | 16,4 | 13,4 |

Tabell 1, översättning från bonitet till SI.
Table 1, translation from fertility to site-index. (Lantmäteriet, 2011)

Områdesbeskrivning:

1. Norrbotten och Västerbotten
2. Jämtland och Västernorrland
3. Dalarna och Gävleborg
4. Värmland, Örebro, Västmanland, Uppsala, Stockholm,
Södermanland, Gotland, Västra Götaland, Östergötland,
Jönköping, Kalmar och Kronoberg
5. Halland, Skåne och Blekinge

Totalproduktionsberäkning:

$$TP = (MP * VT * 1,6416 * (1 - 6,3582^{-t/VT})^{2,8967}) * 1,08$$

För att räkna ut resterande variabler som behövs får man sätta in gällande värden som visas ovan i formlerna i bilaga 1.

Gallringsingrepp görs enligt följande formler:

- Gallring 1: 40 % av slutavverkningsåldern, 30 % gallringsstyrka.
- Gallring 2: 60 % av slutavverkningsåldern, 30 % gallringsstyrka.

Intäkter och avverkningskostnader vid gallring och förnygringsavverkning

Dessa beräknas med hjälp av skogsstatistisk årsbok 2011 där ett medelvärde för priserna (kr/m³fub) för massa respektive timmer är taget för åren 2008, 2009 och 2010. Priserna är specifika för norra Sverige, Mellansverige och södra Sverige.

För lönsamhetsberäkningen användes priserna för norra Sverige i norra Norrland och södra Norrland, priserna för Mellansverige användes i Svealand och priserna för södra Sverige i Götaland, se tabell 2.

Tabell 2. Bruttointäkt för de olika landsdelarna. (kr/m³fub)

Table 2. Gross Revenue for the different parts of the country. (kr/m³fub)

| | Götaland | Svealand | Södra Norrland | Norra Norrland |
|-------------|----------|----------|----------------|----------------|
| Pris timmer | 481 | 438 | 447 | 447 |
| Pris massa | 315 | 315 | 295 | 309 |

Drivningskostnaderna vid gallring och förnygringsavverkning beräknades med hjälp av skogsstatistisk årsbok 2011. På samma sätt som i prissättningen togs här ett medelvärde för kostnaden (kr/m³fpb) för åren 2007, 2008 och 2009, se tabell 3.

Tabell 3. Drivningskostnader för de olika landsdelarna. (kr/m³fub)

Table 3. Propulsion costs for the various parts of the country. (kr/m³fub)

| | Götaland | Svealand | Södra Norrland | Norra Norrland |
|------------------|----------|----------|----------------|----------------|
| Kostnad gallring | 72 | 72 | 76 | 87 |
| Kostnad FAV | 149 | 150 | 140 | 143 |

Priserna i tabell 3 måste dock justeras till kr/m³fub, vilket man gör genom att dividera kostnaden med (1-Bvol(t)), där (t) = beståndsålder (se bilaga 1). Detta medför att drivningskostnaderna blir högre än vad tabellen visar, dock sjunker kostnaderna med ökad beståndsålder eftersom att barkvolymens andel av total stamvolym då minskar.

Vid slutavverkning år 85 fås därmed följande uttag av timmer samt massaved vid gallring och slutavverkning:

Gallring 1:

- 13,5 m³fub timmer
- 16 m³fub massaved

Gallring 2:

- 32,4 m³fub timmer
- 25 m³fub massaved

Slutavverkning:

- 220,8 m³fub timmer
- 86,4 m³fub massaved

Enligt gällande prislista för gran samt gallrings- och slutavverkningskostnader per m³fub i Svealand blir nettointäkterna följande:

Gallring 1 år 30: $13,5 * 438 + 16 * 295 - 178 * (13,5 + 16) = 5150$ kr

Gallring 2 år 45: $32,4 * 438 + 25 * 295 - 176 * (32,4 + 25) = 10924$ kr

Slutavverkning år 75: $220,8 * 438 + 86,4 * 295 - 83 * (220,8 + 86,4) = 95269$ kr

Anmärkning: Den som räknar om dessa siffror lär märka att svaren inte stämmer. Det beror på att Excel visar till exempel timmerandel med en decimal (20,3 i första gallring) men i själva verket är rätt svar 20,29596 vilket också Excel räknar med. Vi visar sålunda något felaktiga värden till vänster om summatecknet men rätt svar till höger, vilket är det viktiga i detta fall.

Vi har nu visat hur beräkningen av intäkter går till. Följande avsnitt behandlar i detalj de utgifter som är nödvändiga för beståndet.

Plantkostnad och plantantal

Vid val av antal plantor vid beståndsanläggning låg tabell från webbsidan Kunskapdirekt (skogsstyrelsen 2012) till grund. Antalet plantor sattes till det nedre värdet i intervallet, se tabell 4.

Tabell 4. Rekommenderat antal plantor samt minsta antal plantor vid senaste tidpunkt för hjälpplantering. (plantor/ha)

Table 4. Recommended number of seedlings and the smallest number of plants at the last moment to help planting. (plants / ha)

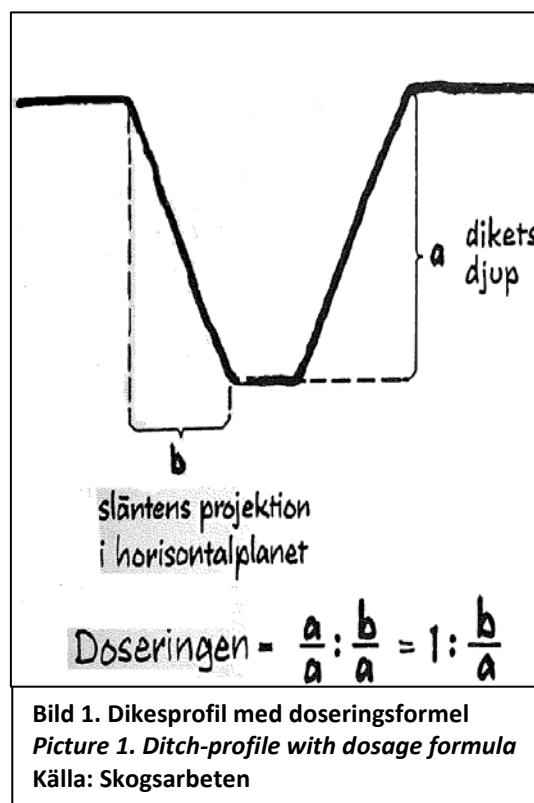
| Ståndortsindex | Rekommenderat antal | Minsta antal |
|----------------|---------------------|--------------|
| G32 | 2500-3000 | 2000 |
| G28 | 2300-2800 | 1800 |
| G24 | 2000-2500 | 1500 |
| G20 | 1700-2500 | 1100 |
| G16 | 1500-2500 | 900 |

Eftersom torvmarker är svårförnygrade på grund av frost, vegetationskonkurrens och viltbetning så görs även en hjälpplantering år fem. Antalet avgångna plantor beräknades utifrån ett tidigare försök som gjorts för att studera beståndsanläggning på torvmark. Detta försök som ingick i forskningsprojektet "Beståndsavveckling och skogsförnyelse på högproduktiva torvmarker" kom fram till att ungefär 30 % av plantorna dog. Detta gällde vid plantering i hög av grävmaskin och vid inventering efter fem säsonger (Hånell, 1992).

Antalet hjälpplanterade plantor bestämdes därför till 15 % av ursprungsantalet vid beståndsanläggningen. Anledningen till att detta antal inte sattes till 30 % förklaras av att det redan vid beståndsanläggningen sattes betydligt fler än vad som krävs vid senaste tidpunkt för hjälpplantering.

Plantantalet justerades ytterligare genom att dra av ytan som dikena tar i anspråk. Detta gjordes med hjälp av en redogörelse (Gustafsson, 1979) utgiven av Forskningsstiftelsen Skogsarbeten (tidigare Skogforsk). Dikesytan behöver dras av från totalytan om 1 ha för att beräkna lämpligt plantantal.

Enligt redogörelsen är ett lämpligt dikesdjup för tegdikena mellan 60 och 80 cm mätt från markplan till botten. Grundare diken medför att avståndet mellan två diken måste göras kortare. Avståndet mellan 2 diken kallas för tegbredd. En variabel i sammanhanget är valet av dosering på dikeskanten. En brantare dosering innebär att mindre jordmassor behövs grävas bort och att mindre yta i markplanet försvinner. Vilken dosering som är lämplig beror på jordart eller torvens nedbrytningsgrad (Gustafsson, 1979). Tegbredden bestämdes först till 25m vilket innebär att det behövs 400 meter dike per hektar ($10000\text{m}^2/25\text{m}=400\text{m}$).



Dikesdjupet bestämdes sedan till 80cm. Lämplig dosering för låghumifierad torv är enligt (Gustafsson, 1979) 1:0,75 vilket är förhållandet mellan djup och släntens projektion i horisontalplanet (se bild 1). Detta medför att den nämnda projektionen blir: $80 \times 0,75 = 60\text{cm}$. Tillsammans med en bottenbredd på 30cm och två dikesslänter blir totalbredden 150cm. Den yta som utgörs av dike beräknas då genom att multiplicera dikesbredden med dikeslängden per hektar. Detta resulterar i en yta på 600m^2 . Den totala ytan som är aktuell för plantering blir då $10000\text{m}^2 - 600\text{m}^2 = 9200\text{m}^2 = 0,94\text{ha}$.

Lämpligt plantantal per hektar korrigeras med faktorn 0,94 för att erhålla plantantalet i beståndet. Det slutgiltiga plantantalet för respektive SI redovisas i tabell 5.

Tabell 5. Antalet plantor som användes i beståndssimuleringen beroende på SI. Plantantalet är dock ej justerat för dikesareal och således ej multiplicerad med faktorn 0,94. (plantor/ha)

Table 5. The number of plants used in the stock simulation depending on SI. Plant number is not adjusted for ditch area and therefore not multiplied by the factor 0.94. (plants / ha)

| Ståndortsindex | Beståndsanläggning år 0 | Hjälplantering år 5 |
|---------------------|-------------------------|---------------------|
| $32 \leq SI$ | 2500 | 375 |
| $G28 \leq SI < G32$ | 2300 | 345 |
| $G24 \leq SI < G28$ | 2000 | 300 |
| $G20 \leq SI < G24$ | 1700 | 255 |
| $SI < G20$ | 1500 | 225 |

Plantkostnaden sattes till 1,94 kronor per planta och planteringskostnaden till 0,7 kronor per planta. Plantkostnaden valdes efter att en rad aktuella prislistor för 1-årig täckrotsplanta av gran hade studerats och ett medelvärde av dessa togs (Södra skogsägarna, prislista 2012), (Uppsala skogsförvaltnings skogsplantor, prislista 2012), (Östgöta skogsplantor, prislista 2010), (Lysviks bioplant, prislista 2012).

Kostnad för kompletterande markberedning utöver den som görs i samband med dikning.

I samband med dikesgrävningen så skapar grävmaskinen även planteringshögar. Eftersom grävmaskinens räckvidd är begränsad så kommer den inte att kunna skapa planteringshögar över hela beståndet när den gräver diket. När alla diken har grävts behöver maskinen därför köra mitt på varje teg en gång för att skapa högar även där.

Prestationen vid denna åtgärd antas vara dubbelt så hög som vid dikesrensning på svårt hygge enligt Bertland & Käll. Prestationen blir då 280m/h och Per hektar blir det 1142kr.

Kostnad för aska samt för att sprida den

Kostnaden för aska och för askspridning hämtades från ett tidigare examensarbete (Norrbon, 2008). Totalkostnaden för spridning av fem ton aska med traktor är enligt Norrbon 2113 kronor/ha. I detta är kostnader för askbehandling, transport, spridning och administration inräknade. För spridning av 3 ton aska/ha ligger kostnaden på 1268 kr.

Kostnad för det egentliga grävarbetet vid markavvattning och dikesrensning

Kostnaden för grävarbetet beräknades utifrån en aktuell tidsstudie i dikesrensning (Bertland & Käll, 2011). Enligt denna studie presterade en 15-tons grävmaskin 140m/h på ett svårt hygge, vilket antogs motsvara en kal myr. Med tanke på att grävaren samtidigt ska skapa planteringshögar och gräva tegdiken antogs prestationen halveras till 70m/h. Timkostnaden för en grävmaskin sattes till 800kr (pers. medd. Magnus Petersson, Södra skogsägarna). Utifrån dessa uppgifter beräknas kostnaden för tegdiken till $800/70=11,43\text{kr/m}$. Eftersom varje hektar har 400meter tegdike blir kostnaden $11,43*400=4571\text{kr}$.

Den hektarstora myrmarken antas utgöra en del i ett 50 hektar stort dikningsobjekt. Ett objekt av sådan storlek kräver ett avloppsdike som tegdikena mynnar ut i. Avloppsdiket antas vara en kilometer långt. Varje hektar torvmark har därför 1/50 kostnadsandel i ett en kilometer långt avloppsdike. Därför adderas kostnaden för ytterligare 20 meter dike på kostnaden för nydikning. Prestationen vid grävningen av avloppsdiket antas vara densamma som vid grävningen av tegdikena. Kostnaden för avloppsdiket blir $11,43*20=228\text{kr/ha}$. Detta belopp adderas de 4571 kronorna för tegdikena.

Dikesrensning kommer att utföras i samband med andragallring och prestationen sätts till 100m/h med stöd av Bertland & Källs tidsstudier, vilket motsvarar prestationen vid en svår gallring med 15-tons grävmaskin. Kostnaden beräknades sedan på samma sätt som för grävarbetet vid beståndsetableringen. Maskinkostnad på 800kr/h och prestation på 100m/h resulterar i en löpmeterkostnad på 8kr/m och 3200kr/ha.

Kostnader för planering av markavvattning och dikesrensning

Enligt muntlig uppgift från Roger Hellestrand på Sveaskog kostade planering vid markavvattning 2-4kr metern och vid dikesrensning 5 kronor metern. Detta var erfarenhetsmässiga uppgifter och innefattade stora som små objekt.

Med tanke på att objektstorleken antas vara 50 hektar stort så torde planeringskostnaderna bli relativt låga. De sattes därför till 3kr/metern för både markavvattning och dikesrensning och kostnaden blir totalt 1200 kr/ha.

Kostnader för tillståndsprövning och miljökonsekvensbeskrivning

Markavvattning är tillståndspliktigt och tillstånd ges av länsstyrelse. Enligt Förordning (1998:940) om avgifter för prövning och tillsyn enligt miljöbalken så måste berörd länsstyrelse ta ut en avgift vid tillståndsprövning för vattenverksamhet. I förordningens 3:e kapitel § 6 står angivet att dikesingrepp >10000 meter ligger i avgiftsklass 7 vilket resulterar i en kostnad på 8500kr. Eftersom objektstorleken antas vara 50 hektar så blir det denna avgiftsklass. Kostnaden för tillståndsprövning per löpmeterdike bli $8500\text{kr}/10000\text{m}=0,85\text{kr}$. Hektarkostnaden blir då $400*0,85=340$ kronor.

Vid tillståndsprövning för markavvattning hos länsstyrelse krävs det vanligen att en miljökonsekvensutredning (MKB) bifogas (Källa: Handbok markavvattning). Kostnaden för en MKB

kan bli omfattande och beror på så många olika faktorer att kostnaden blir svår att generalisera. Därför avgränsas analysen till att inte omfatta upprättandet av en MKB.

De kostnader som infaller i samband med beståndsanläggningen är sammanfattningsvis följande:

- Dispenskostnad/ha: 340 kr
- Dikningskostnad/ha: 4800 kr
- Markberedningskostnad/ha: 1200 kr
- Plantkostnad/ha: 5708 kr
- Planeringskostnad/ha: 1200 kr
- Askspridning 3 ton/ha: 1200 kr

- SUMMA 14447,7 kr

De kostnader som sedan tillkommer är:

- Hjälpplantering år 5: 856 kr
- Røjning år 10: 2500 kr
- Askgödsling år 30: 2100 kr
- Dikesrensning år 45: 4400 kr
- Askgödsling år 60: 2100 kr

Vid nuvärdesberäkning av dessa värden sätter man in dem i formeln:

$$\sum_{t=0}^n ((R(t) + C(t)) * (1 + r)^{-t})$$

Sätts räntan till 2 % fås därmed följande nuvärde:

$$(-14447,7*(1,02)^{-0})-(875,6*(1,02)^{-5})-(2500*(1,02)^{-10})+(5150*(1,02)^{-30})-(2100*(1,02)^{-30})+(10924*(1,02)^{-45})-(4400*(1,02)^{-45})-(2100*(1,02)^{-60})+(95269*(1,02)^{-75}) = 8020$$

Nuvärdet under period 1 för en dikad och askgödslad myrmark i Svealand med ståndortstypen lingon-odon-skvattram och med SI 28 är sålunda 8020 kr.

I och med föryngringsavverkningen år 75 påbörjas direkt nästa omloppstid. Då sker en markberedning, lättare askgödsling samt plantering, dvs lägre anläggningskostnader än vid period 1. Markberedningen antar vi kostar 5000 kr/ha och utförs med grävmaskin. Anledningen till att vi tog 5000 kr är att den antas bli dyrare än vid markberedningen period 1 eftersom inga dikningshögar kan utnyttjas denna gång. Behövs det dikesrensas utför grävmaskinen detta också, så kostnaden för eventuell dikesrensning är inbakad i totalsumman på 5000 kr/ha. I övrigt gäller samma förutsättningar som under period 1 gällande tillväxt, virkesuttag samt gallrings – och slutavverkningstidpunkter. Samma formel för nuvärdesberäkning används nu men skillnaden blir att vi multiplicerar denna omloppstid med Faustmann-formeln för att få ett nuvärde för alla kommande generationer efter denna, vilket värde vi sedan lägger till nuvärdet för omloppstid 1. Slutresultatet blir ett markvärde för oändligt många omloppstider för detta bestånd och räknas ut på följande sätt:

- Markberedning: 5000 kr
- Askgödsling: 1200 kr
- Plantering: 5708 kr

- SUMMA 11907 kr

$$(-11907 \cdot (1,02)^{-75}) - (856,6 \cdot (1,02)^{-80}) - (2500 \cdot (1,02)^{-85}) + (7359 \cdot (1,02)^{-105}) - (2100 \cdot (1,02)^{-105}) + (13175 \cdot (1,02)^{-120}) - (4400 \cdot (1,02)^{-120}) - (2100 \cdot (1,02)^{-135}) + (108801 \cdot (1,02)^{-150}) \cdot (1 / (1 - (1,02)^{-150})) = 2521 \text{ kr}$$

Nuvärde period 1 + oändligt många nuvärden baserade på period 2:

$$8020 + 2521 = 10541 \text{ kr}$$

Markvärdet för detta bestånd blir slutligen 10541 kr.