



**Kandidatarbeten
i skogsvetenskap**
Fakulteten för skogsvetenskap

2013:7

Skördeintensitetens inverkan på kolbalansen

*The effect of harvest intensity on carbon
balance*

Emil Brangefeldt & Simon Bylund

Sveriges Lantbruksuniversitet

Program: Jägmästarprogrammet

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp, Kurs:EX0592

Nivå: G2E

Handledare:Gustaf Egnell, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

Umeå 2013

Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Brangefeldt Emil & Bylund Simon
Titel, Sv	Skördeintensitetens inverkan på kol balansen
Titel, Eng	The effects of harvest intensity on carbon balance
Nyckelord/ Keywords	<i>Kolstock, bioenergi, nettoupptag, biobränsle, Växthuseffekten</i> <i>Carbon stock, bioenergy, net assimilation, solid biofuels,</i> <i>Greenhouse effect</i>
Handledare/Supervisor	Egnell Gustaf, Inst för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Examinator/Examiner	Tommy Mörling, Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2013

Förord

Den här kandidatuppsatsen skrevs av Emil Brangefeldt och Simon Bylund. Uppsatsen handlar om hur olika Skördeintensiter påverkar kolstocken på fastighetsnivå.

Vi vill tacka vår handledare, Gustaf Egnell som bidragit med mycket material och hjälp. Ett stort tack vill vi också ge till Hampus Holmström och Linus Nilsson som varit till stor hjälp vid arbetet med Heureka.

Sammanfattning

Syftet med dessa simuleringar är att klargöra hur olika skördeintensiteter påverkar kolstocken över tiden och därmed klimatet genom varierande grader av biomassauttag. I arbetet redovisas simuleringar på fastighetsnivå som gjorts i Heureka-PlanWise för en granskog med boniteten G30. Bakgrunden till detta är den pågående klimatdebatten, där oron ökar för ett förändrat klimat, orsakat av en allt högre halt växthusgaser i atmosfären. EU har ambitionen att förändra energimixen och ge förnybara energikällor en större plats. Bland annat har EU som mål att 20 % av energiförbrukningen år 2020 ska komma från förnybara energikällor.

Resultatet visar att kolstocken sjunker med ett ökat uttag av biomassa. Traditionellt trakthyggesbruk med två gallringar och en föryngringsavverkning vid 60-65 år, där den totala mängden kol som tagits ut är 306 ton per hektar, ger en medelkolstock på 201 ton per hektar över 180 år. Motsvarande för trakthyggesbruk med grot-uttag i både gallring och föryngringsavverkning är ett koluttag på 372 ton per hektar och en medelkolstock på 192 ton per hektar, vilket är 21,5 % högre uttag och 4 % lägre medelkolstock.

De simuleringar som gjorts i studien visar att nettoförändringen av kol är positiv men att den minskar med högre uttag av biomassa. Resultatet visar också att om behovet av energi finns så är det ”mer” klimatneutralt att använda biomassan till bioenergi än att lämna kvar den i skogen och istället använda kol som energikälla.

Abstract

In this report, we have studied how different management intensity affects the carbon balance in a fastighetsnivå. The reason for this is the ongoing climate debate that is driven by the concern of a climate change caused by an increased concentration of greenhouse gases in the atmosphere. One goal EU has is to convert fossil energy sources to renewable and give those a bigger part of the energy mix and for year 2020 make 20 % of the energy consumption come from renewable sources.

The simulations showed in this report have been made in Heureka-PlanWise. The purpose of these simulations is to clarify what kind of effect different management intensity has over time when different amount of biomass is removed.

The result shows a decrease on the carbon stock when an increase of biomass removal. When traditionally clear felling with two thinnings and final felling at 60-65 years was applied the total amount of carbon withdrawal was 306 tons per hectare, and had an average carbon stock at 201 tons per hectare under the 180 years period. The equivalent of clear cutting and removal of residues in both thinning's and final felling was 372 tons per hectare and the average carbon stock was 192 tons per hectare. Which is 21,5 % higher withdrawal but only 4 % lower average carbon stock.

The results from the simulations done for this report shows that the average carbon absorption is positive but it increase with a higher withdrawal of biomass. It also shows that if the need of energy is necessary it is "more" carbon neutral using biomass for energy than leaving it in the forest to decompose and use coal as an energy source instead.

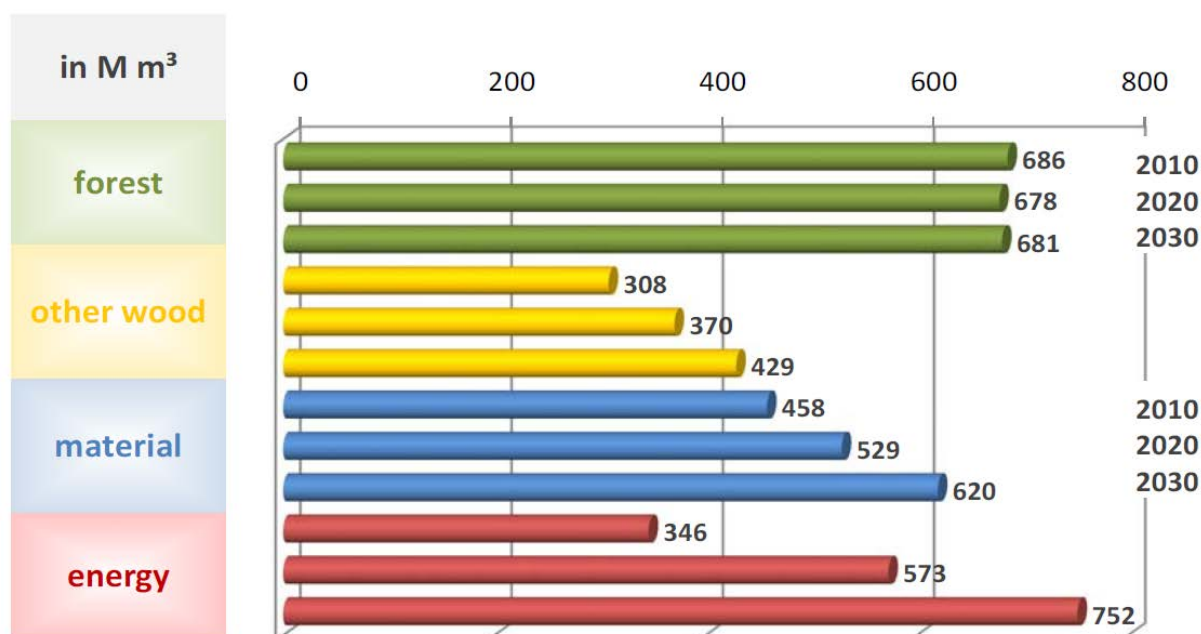
Skötselintensitetens inverkan på kolflödet

Inledning

Hur EU:s mål påverkar

EU har som mål till 2020 att 20 % av energiförbrukningen ska vara av förnybara energikällor (2009/28/EG). Om hela världen skulle ha samma mål och den energin skulle komma från biobränslen från skogen skulle man behöva ta ut 60 % av all biomassa som är möjlig att ta ut. Det betyder att vi människor skulle ta ut ca 18 % av den totala netto produktionen i skogen årligen (Schulze et al. 2012). Vidare menar Schultz et al också att av all biomassa som växer i skogen så kan vi människor globalt sett bara ta ut cirka 30 %. Det är för att stor del av biomassan inte är fysiskt möjligt att ta ut, finrötter och löv är bra exempel på detta.

I en rapporten *Real potential for changes in growth and use of EU forests* av Mantau, U. et al. 2010 skriver de att det i EU:s 27 medlemsländer fanns år 2010 cirka en miljard m³ biomassa varav 70 % kom från skogen och 30 % kom från biomassa utanför skogen. I rapporten görs en beräkning på hur mycket man totalt kan ta ut av bioenergi, massaved och timmer. De har tagit det teoretiskt maximala uttaget och gjort avdrag för miljöbegränsningar, tekniska begränsningar, och vissa socio-ekonomiska begränsningar. Dessa beräkningar visade att det fanns en potential att ta ut 994 miljoner m³ och att behovet bara var 804 miljoner m³. Detta innebär att det inte överavverkades 2010.



Figur 1 visar EUwood:s statistik och prognoser för 2010, 2011, 2012 och dess utbud av skog och återvunna trävaror samt efterfrågan av skogsråvara och energi. Enheten är miljoner kubikmeter.

Källa: Mantau, U et al. 2010

Ökad användning av biobränslen

Kolet har i många decennier varit en viktig energikälla och stod 2007 för 36 % av all elproduktion i världen (IPCC, 2007)a. Redan 2007 hade över 150 kolkraftverk runt om i världen antingen testat eller börjat blanda in biobränslen när man förbrände kol för energi (IPCC, 2007)b. I Sverige så kom redan 2010, 123,2 TWh motsvarande 20 % av all energitillförsel från biobränslen. Av detta var 32 TWh från trädbränslen som förbrändes i fjärrvärmeverk. Bara från ”grot oflisat” och ”skogsflis kross” kom det 11,7 TWh (Skogsstatistisk årsbok 2012). Det finns branscher som gärna ser att Sverige använder mer skogsbränsle än idag som energi. Branchorganisationen Skogsindustrierna anser att man kan öka grot-uttaget med 8 TWh per år och anser också att om fler sortiment tas ut, så som stubbar och klenträd kan uttaget ökas med ytterligare med 12 TWh. Alltså en total ökning med 20 TWh från 2010 (Skogsindustrierna, 2010). Det finns även en politisk vilja att öka andelen biobränslen, i direktivet 2009/28/EG från EU ställs krav på Sverige att till år 2020 uppnå en andel av minst 49 % förnybar energi av den totala energiförbrukningen.

Bioenergianvändning på kort och lång sikt

I artikeln *Bioenergy's Contribution to climate change mitigation- a matter of perspectives* från 2012 skriver Göran Berndes att bioenergi anses vara en förnybar energikälla och är en del av den markbundna kolcykeln. Det innebär att koldioxid som finns i atmosfären kan bindas till biomassa för att sedan återigen hamna i gasform genom naturlig nedbrytning eller förbränning. Produktionen av träråvaror och trädbaserade bränslen har förhållandevis långa omloppstider i den boreala och temperade zonen. Vidare menar han att detta genererar en tidsmässig obalans i kolcykeln vilket försvårar koldioxidredovisningen och utvärderingen av bioenergisystemet. Analytiker kommer därför fram till olika slutsatser om bioenergins påverkan på klimatet. Biomassa som lämnas kvar som avverkningsrester bryts långsamt ner och förblir organiskt kol längre än om samma biomassa skulle användas som bränsle vilket leder till slutsatsen att det på kort sikt kan vara lämpligt att fortsätta använda fossila bränslen då klimatet inte bryr sig om växthusgasernas ursprung. I Sverige har den årliga tillväxten fördubblats sedan 1920-talet samtidigt som produktionen av skogsbränsle har ökat kraftigt de senaste årtiondena. Analytiker menar att den kolstock som är i form av stående skog idag hade varit ännu större om bioenergi inte tagits ut medan andra menar att den ökade efterfrågan av trädprodukter inklusive biobränsle stimulerar aktiv skogsskötsel och därmed en högre produktion skriver Berndes.

Äldre skogar har mer kol bundet medan yngre har en högre nettoprimär produktion, de binder alltså mer kol per år. På regional nivå innebär det att om områden med fullväxt skog med maximerad mängd bundet kol skulle ställas om till kortare rotationer för skogsproduktion minskar mängden kol bundet till biomassa i skogen på grund av en lägre genomsnittsålder (Schulze et al. 2012).

	Grassland	Young forest	Old forest
Stock (t C ha ⁻¹)	6 - 9	100 - 350	200 - 700
Sequestration (yrs)	1	25 - 100	100 - 350
NPP (t C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	6 - 9	4 - 7	2 - 4
Biomass C/N	50 - 100	200 - 300	>350

Figur 2 visar kolstocken (t C ha⁻¹), nettoprimärproduktionen (NPP) och biomassa (C/N) för skog i tre ålder kategorier. Källa Schulze *et al.* 2012

en studie gjord av Zanchi *et al.* 2011 har de undersökt hur lång tid det tar för grotuttag att få ett mindre nettoutsläpp än andra fossila energikällor i jämförelse. De använde en simulerad granskog (*Picea abies*) i Österrikiska alperna där rotationsåldern var 90 år. De tittade och jämförde hur mycket utsläpp det blir genom förbränning av biomassa och olika fossila bränslen. När de tog ut grot tog de inte ut allt utan endast 56 % av den kvarlämnade biomassan ovan jord vilket var ca 33 ton/ha. När de jämförde med kol så blev nettoutsläppen från grotens förbränning nästan direkt lägre än när man förbrände kol. När man jämför med olja tar det 7 år innan förbränningen av grot är bättre ur utsläppssynpunkt. Jämfört med förbränning av naturgas så tar det 16 år innan nettoutsläppen är lägre för att förbränna biomassa (Zanchi *et al.* 2011).

I en rapport från Melin Y *et al* från 2010 jämförde de hur förbränningen av kol och stubbar påverkade kolbalansen. Istället för att undersöka på beståndsnivå som i Zanchi *et al.* 2011 tittade de här på landskapsnivå. De undersökte om stubbarna var bättre att lämna i skogen som kolsänka eller att använda som energikälla. De hade hela Sveriges skogsinnehav som utgångspunkt och modellerade effekten av olika skördeintensiteter i förhållande till det teoretiskt maximala uttaget av stubbar. I ett skördescenario gjordes ett uttag på 22 % av den teoretiskt maximala uttaget och deras resultat visade att förbränning av stubbar släppte ut mindre koldioxid än om förbränning av kol gjordes för samma energimängd redan efter 9 år. Med antagandena att stubbarnas enda utsläpp är koldioxiden som frigörs vid förbränning och att kolets utsläpp består av den koldioxid som frigörs vid förbränning samt det utsläpp av koldioxid som kommer av de stubbar som förmultnar i skogen på grund av att de lämnats.

Trakthyggesbruk

Trakthyggesbruk är det dominerande skötselprogrammet i Sverige sedan mitten av 1900-talet. Definitionen på trakthyggesbruk är att det är någorlunda likåldrigt, det vill säga beståndet är enskiktat. Man börjar med att föryngra och försäkra sig om att det kommer upp en ny skog. När man lyckats med det och skogen kommit in i ungskogsfasen så röjer man ofta för att premiera de träd man vill ha med i det framtida beståndet. När skogen är i medelåldern så brukar man gallra, vilket är samma sak som att röja med skillnaden att man tar tillvara på de träd man faller, som ofta säljs som timmer eller massaved. När skogen sedan vuxit tillräckligt och blivit slutavverkningsmogen så gör man en föryngringsavverkning, den går till att man tar ner alla träd som står i beståndet och sedan börjar man om med föryngringen. Detta brukar ta emellan 60 och 120 år beroende på hur bra det växer på just den marken man odlar på (Skogsstyrelsen, 2012).

Syfte

Syftet med kandidatarbetet är att försöka skapa en bild av hur olika skötselalternativ i trakthyggesbruket påverkar kolbalansen på kort och lång sikt. Med kort sikt menar vi en period om 0 till 20 och med lång sikt en till tre omloppstider.

Frågeställning:

Hur påverkar skötselmetoder med biomassauttag kolbalansen i jämförelse med skötselmetoder utan biomassauttag?

Påverkar tidsaspekten kolbalansen?

Hypotes: *Den totala kolstocken minskar med ökad skördeintensitet. På kort sikt mer än på lång sikt.*

Vi grundar vår hypotes på att kolet i form av biomassa som lämnas kvar behåller kolstocken en längre tid i jämförelse med att den förbränns. På längre sikt tror vi skillnaden inte är lika stor då biomassan som lämnas kvar kommer respireras genom naturliga processerna.

Material och metod

Heureka-PlanWise

Avdelningarna till studerat skogslandskap skapades i Heureka-StandWise.

Eftersom Heureka arbetar med femårsperioder valdes även bestånden med en åldersskillnad på fem år. Den fiktiva fastigheten fick då bestå av 13 avdelningar där varje avdelning hade storleken ett hektar bestående av granskog. Avdelningarna var uppdelade efter åldersfördelning där avdelning 1 var 0 år, avdelning 2 var 5 år och avdelning 3 var 15 år, och så vidare upp till avdelning 13 som hade en ålder på 60 år vilket också motsvarar den förväntade lämpliga avverkningsåldern ur ett ekonomiskt perspektiv på den valda boniteten, ståndortsindex G30. På det sättet fick vi en jämn åldersfördelning över fastigheten. Utöver det var avdelningarna identiska med samma tillväxtfunktion. Fastigheten är placerad på altitud 125 och latitud 58,5 och 150 kilometer från kusten. Samtliga avdelningar är klassade som produktionsskog med generell hänsyn(PG). Ståndorten är G30 och klassificeringen av rörligt markvatten är klass två(sällan rörligt markvatten).

Programmet som har använts för de simuleringar som gjorts är Heureka-PlanWise.

För att se eventuella skillnader på kolbalansen genom förändrad skördeintensitet, med och utan biomassauttag skapades fem olika simuleringar. De är enligt följande;

- *Fri utveckling(A5)* där avdelningarna lämnades för fri utveckling utan någon som helst åtgärd.
- *Trakthyggesbruk utan bioenergiuttag(A4)* där markberedning, plantering, röjning, två gallringar och en föryngringsavverkning ingick i varje omloppstid. Heureka fick själv bestämma vid vilken tidpunkt nämnda åtgärder utfördes. Programmet optimerade efter nuvärde. Inget bioenergiuttag var tillåtet.
- *Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i föryngringsavverkningen (A3)* där markberedning, plantering, röjning, två gallringar och en föryngringsavverkningen fick göras varje omloppstid. Heureka fick själv bestämma vid vilken tidpunkt den utförde nämnda åtgärder. Programmet optimerade efter nuvärde. Biomassauttag vid slutavverkning gjordes i form av ett uttag på 60 procent av den tillgängliga groten.
- *Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och föryngringsavverkning (A2)* där markberedning, plantering, röjning, två gallringar och en föryngringsavverkning fick göras varje omloppstid. Heureka fick själv bestämma vid vilken tidpunkt den utförde nämnda åtgärder. Programmet optimerade efter nuvärde. Biomassauttag gjordes i form av ett uttag på 60 procent av den tillgängliga groten vid både gallringar och föryngringsavverkning.
- *Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och föryngringsavverkning där även stubbskörd utfördes i föryngringsavverkning (A1)*. Skötselåtgärder enligt följande; Markberedning, plantering, röjning, två gallringar och en föryngringsavverkning fick göras varje omloppstid. Heureka fick själv bestämma vid vilken tidpunkt den utförde nämnda åtgärder. Programmet optimerade efter nuvärde. Biomassauttag gjordes i form av ett uttag på 60 procent av den tillgängliga groten vid både gallringar och föryngringsavverkning samt att 70 procent av stubbarna skördades vid föryngringsavverkning.

Samtliga simuleringar gjordes på landskapsnivå och kolbalansen simulerades över en 180 års period där föryngringsavverkning sker vid en ålder på 60-70 år beroende på nuvärdet, förutom i simuleringen med fri utveckling där avdelningarna stod helt orörda under hela simuleringen.

Förinställt var också att Heureka enbart fick välja ett åtgärdsalternativ för varje avdelning och tidpunkt för åtgärd. Valet gjordes med prioriteringen på högsta nuvärde med kalkylräntan 3 %. Hugin är den gallringsmall som programmet använt och programmet fick välja fritt i spannet 20 till 40 procent i uttag.

För att räkna ut energivärdet i den grot som tas ut till bioenergi användes ett omräkningsprogram. Wood Energy Calculations med följande grundvärden;

- Torrhalt, 55 %
- Askhalt, 2,5 %
- Effektivt värmevärde (torr och askfri), 19,8 MJ/kg Ts
- Ångbildningsvärme, 2,44 MJ/kg Ts
- Torrådensitet, 456 kg/m³
- Fastmassa, 14 %
- Barkandel, 37 %

Med dessa värden blir, 1 ton TS = 4,812 MWh

För att räkna ut energivärdet i de stubbar som tas ut till bioenergi användes Wood Energy Calculations med följande grundvärden;

- Torrhalt, 58 %
- Askhalt, 5 %
- Effektivt värmevärde (torr och askfri), 19,2 MJ/kg Ts
- Ångbildningsvärme, 2,44 MJ/kg TS
- Torrådensitet, 452 Kg/m³
- Fastmassa, 22 %
- Barkandel, 17 %

Med dessa värden blir, 1 ton TS = 4,58 MWh

För att räkna ut hur mycket motsvarande mängd koldioxid som skulle bildas om samma energimängd som man får av förbränning av grot eller stubbar skulle komma från förbränning av kol användes siffran 96,920 kg GHGTJ⁻¹ (Melin. Y at al. 2010). Där antagandet görs att utsläppet av växthusgaser är koldioxid och att 27,29 % av detta är kol. C molmassa= 12,0107 O molmassa=15,9994 således $12,0107 / (15,9994 * 2 + 12,0107) = 0,272912$ (periodiska systemet)

Benämningar i resultat

Skötselmetoderna benämns i resultatet som;

A5 → Fri utveckling

A4 → Trakthyggesbruk utan bioenergiuttag

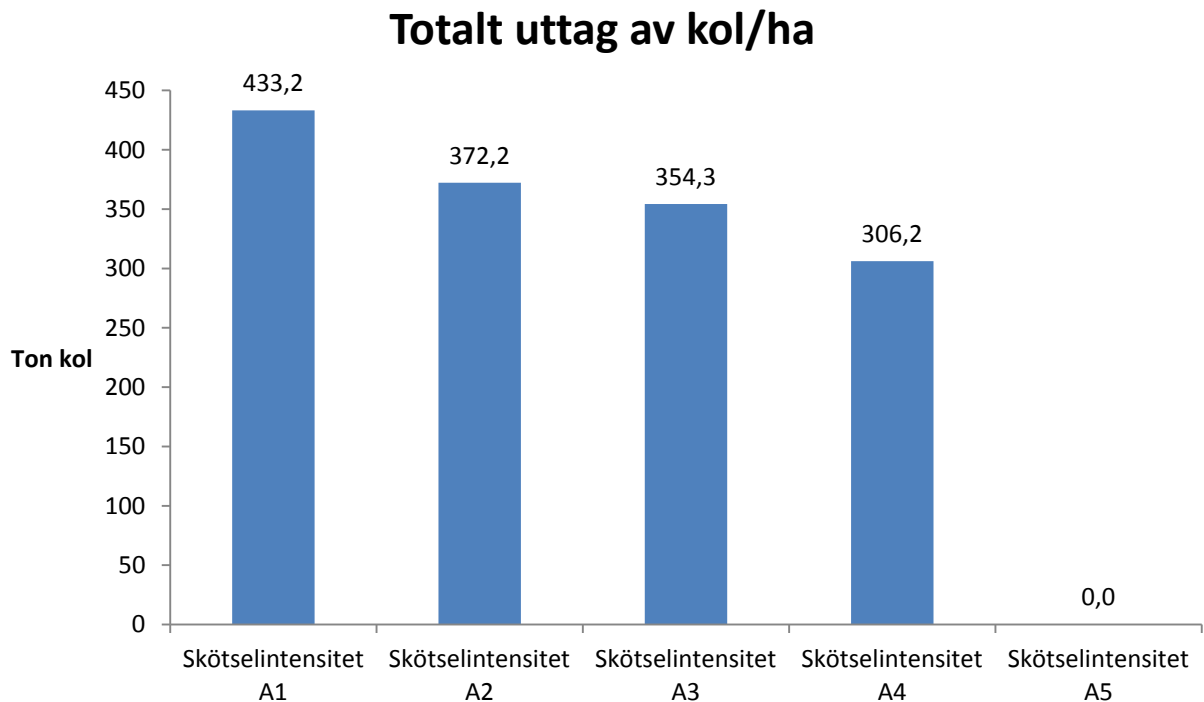
A3 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i förnygringsavverkning

A2 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och förnygringsavverkning

A1 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och förnygringsavverkning där även stubbskörd utförs i förnygringsavverkning

Resultat

Resultatet visar att skötselintensiteter med högre uttag av rundvirke och biomassa ger ett högre uttag av kol. Till exempel genererar stubbrytningen som skiljer A1 från A2 en uttagskillnad på 16,4 %.

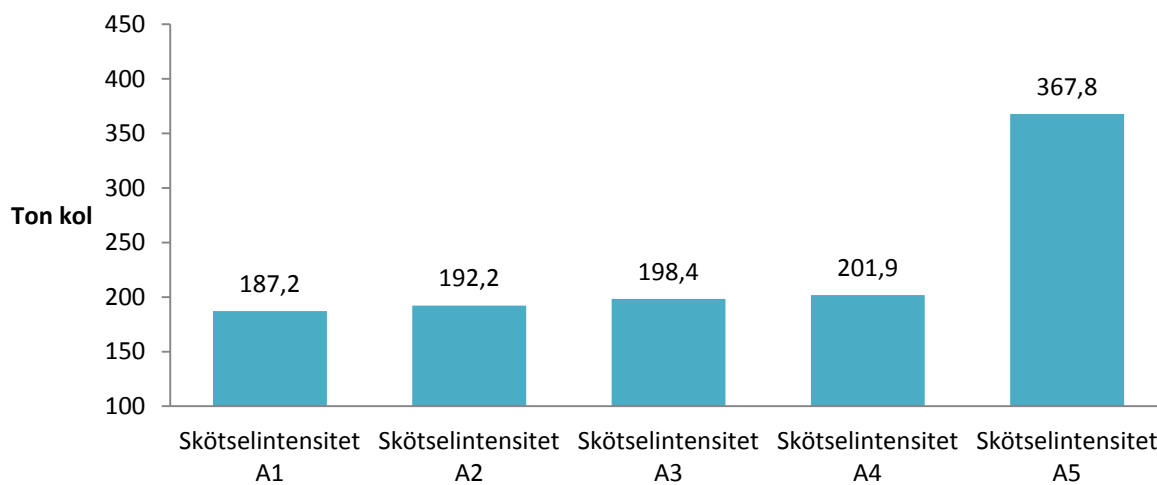


Figur 3 visar det totala uttaget av kol i simuleringarna. Enheten är ton per hektar över 180 år. A1 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och förnygringsavverkning där även stubbskörd utfördes i förnygringsavverkning, A2 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och förnygringsavverkning, A3 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i slutavverkning, A4 → Trakthyggesbruk utan bioenergiuttag, A5 → Fri utveckling

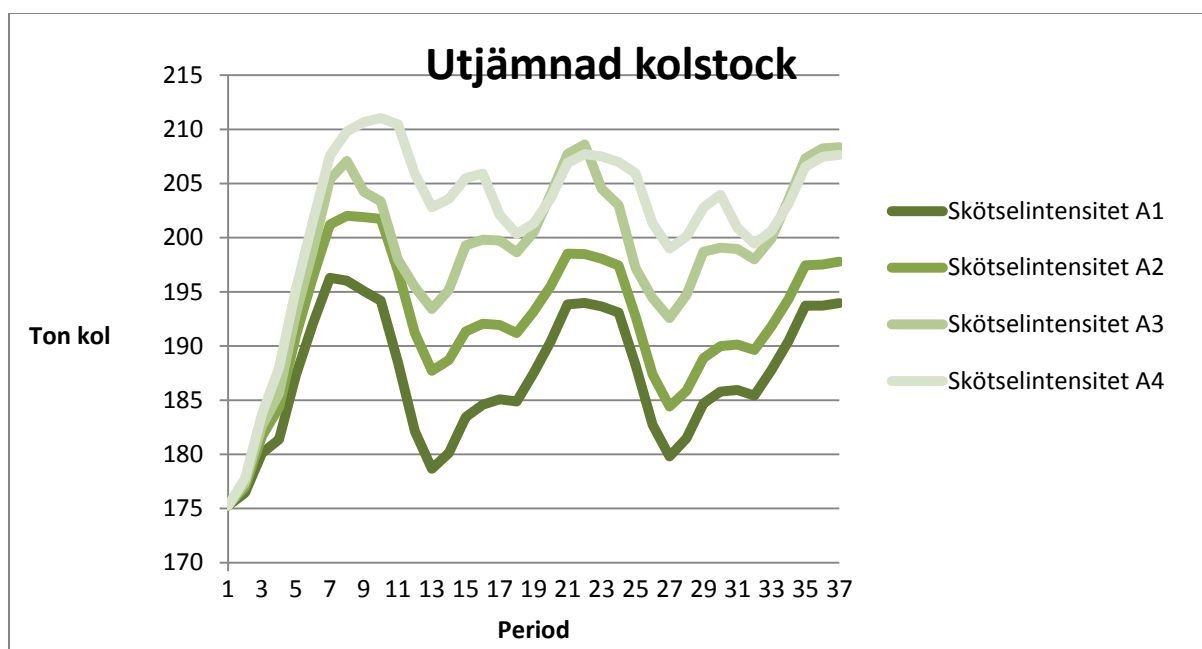
Resultatet visar också att simuleringen A5 har den högsta kolstocken och att kolstocken sjunker med ökad skördeintensitet i form av timmer, massaved och/eller biomassa. Kolstocken för vart och ett av simuleringarna följer cykler med toppar och dalar, där topparna med hög kolstock och dalarna med låg kolstock. Simuleringarna har också sina högsta respektive lägsta uppmätta värden under samma tidsperioder.

Det visar också att skötselintensiteter med högre uttag har en större varians kring sitt medelvärde än skötselintensiteter med lägre uttag (se figur 5).

Medelkolstocken över 180 år/ha



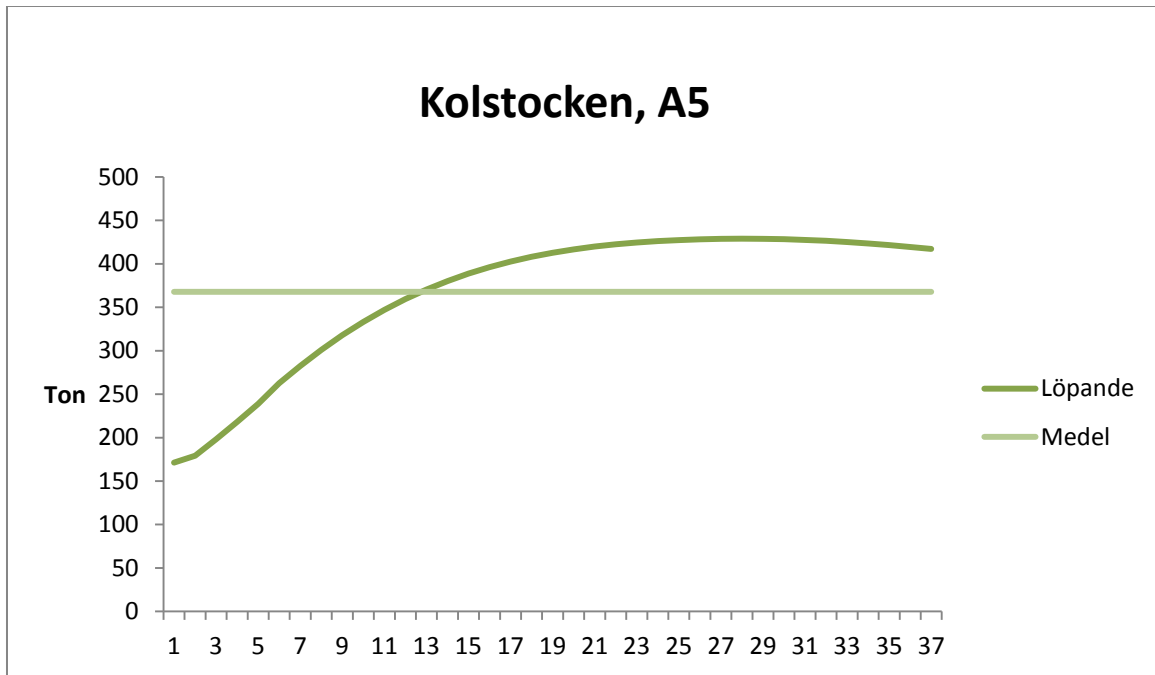
Figur 4 Visar Medelkolstocken för de olika skötselintensiteter som simulerats. Enheten är ton per hektar och är uträknat på 180 år. A1 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och slutavverkning där även stubbskörd utfördes i slutavverkning, A2 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och slutavverkning, A3 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i slutavverkning, A4 → Trakthyggesbruk utan bioenergiuttag, A5 → Fri utveckling



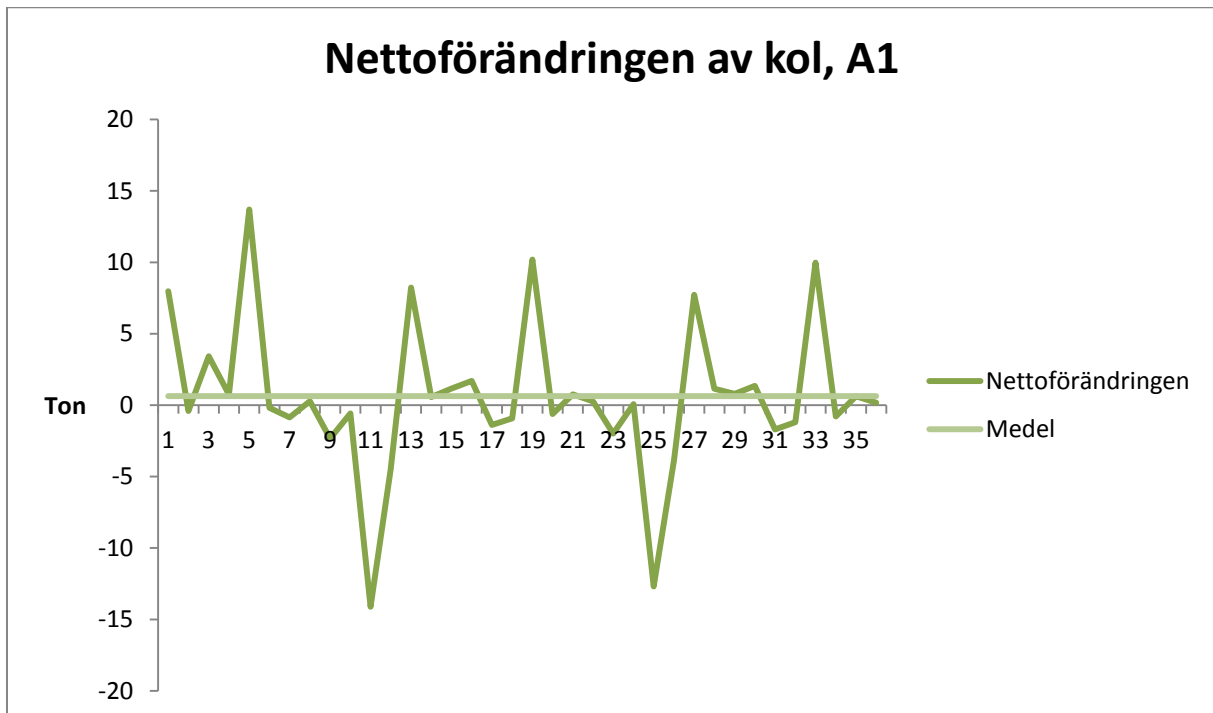
Figur 5 Visar en utjämnad kolstock över 36 5-årsperioder för A1-A4. Enheten är ton per hektar. Utjämnat genom att värdet i varje enskild period adderat med föregående samt efterföljande värde och dividerat med tre. A1 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och slutavverkning där även stubbskörd utfördes i slutavverkning, A2 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och slutavverkning, A3 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i slutavverkning, A4 → Trakthyggesbruk utan bioenergiuttag

Resultat visar att den totala kolpoolen ökar över tid i samtliga skördeintensiteter. A5 visar en stor nettoförändring under början av simuleringen men som sedan stadigt sjunker till en negativ nettoförändring under senare delen av simuleringen (se figur 9).

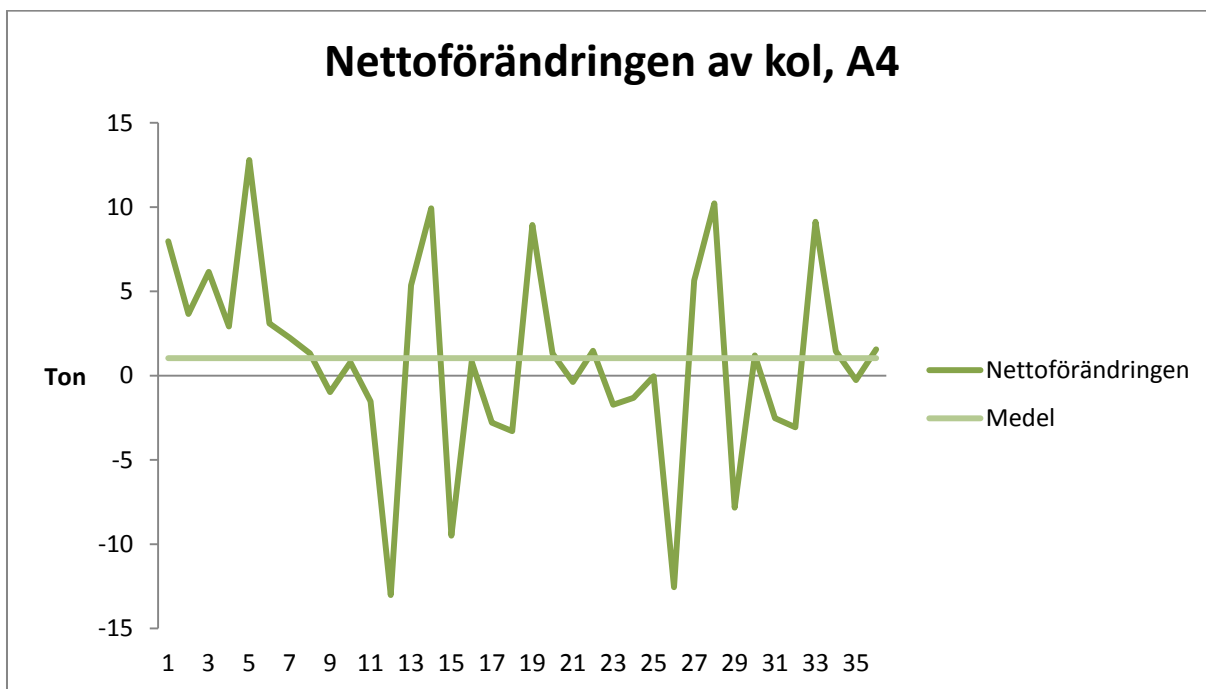
Den energimängd som tas ut i form av biomassa varierar mellan simuleringarna. Högst energiuttag har A1 där både grovt och stubbar tas ut och minst har A4 och A5 där ingen bioenergi tas ut. Omräknat ger A1 ett totalt uttag på 1005 MWh och belastas A4 med samma energimängd i form av kolförbränning så får A4 ett negativt nettoupptag av kol, alltså ett nettoutsläpp. A4 får ett negativt nettoupptag i samtliga jämförelser med A1-A3 där bioenergi tas ut och motsvarande mängd energi i form av kolförbränning belastar A4.



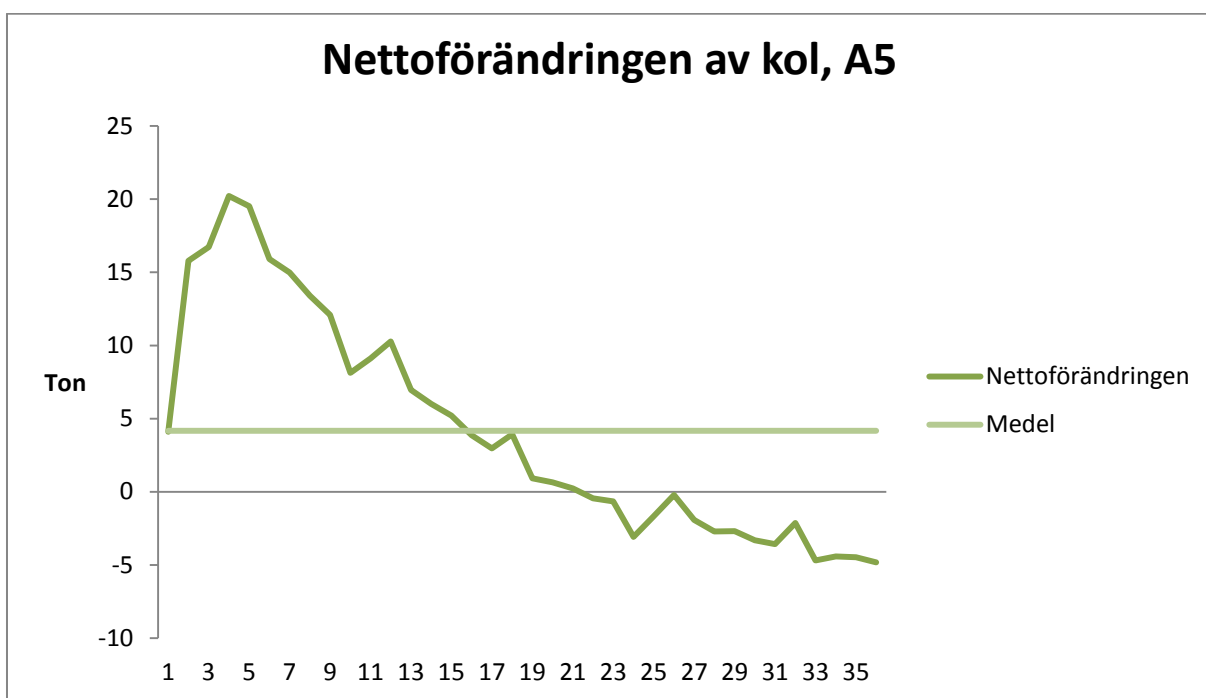
Figur 6 visar simulering A5:s löpande kolstock över 36 5-årsperioder samt medelkolstocken. Enheten är ton per hektar. A5 → Fri utveckling



Figur 7 Visar nettoförändringen av kol över 36 5-årsperioder samt medelvärdet. Enheten är ton/hektar. A1 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och slutavverkning där även stubbskörd utfördes i slutavverkning

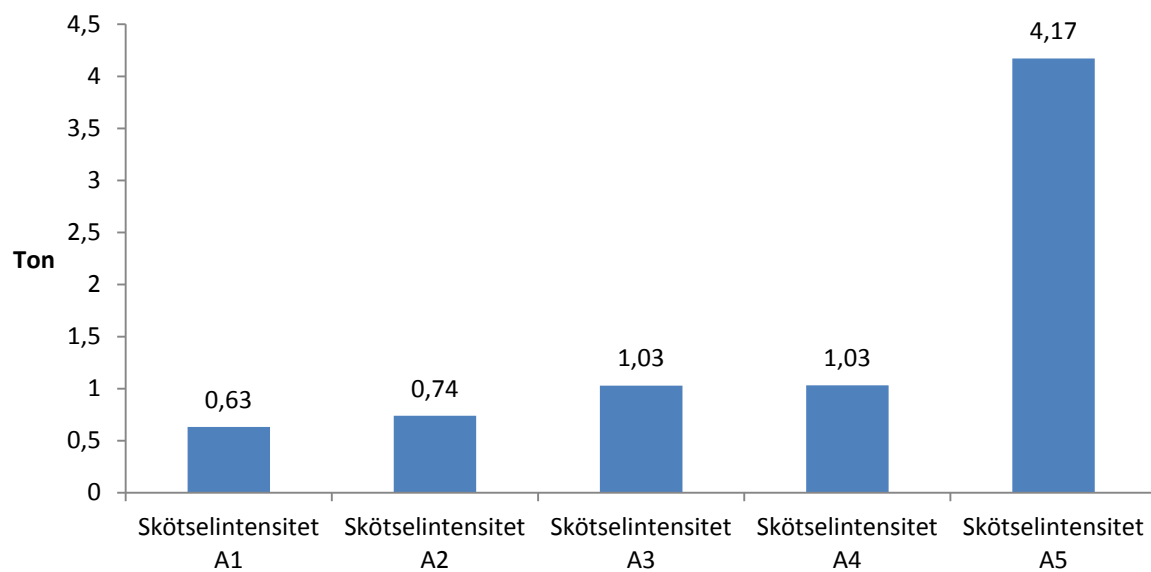


Figur 8 Visar nettoförändringen av kol över 36 5-årsperioder samt medelupptaget. Enheten är ton/hektar. A4 → Trakthyggebruk utan bioenergiuttag

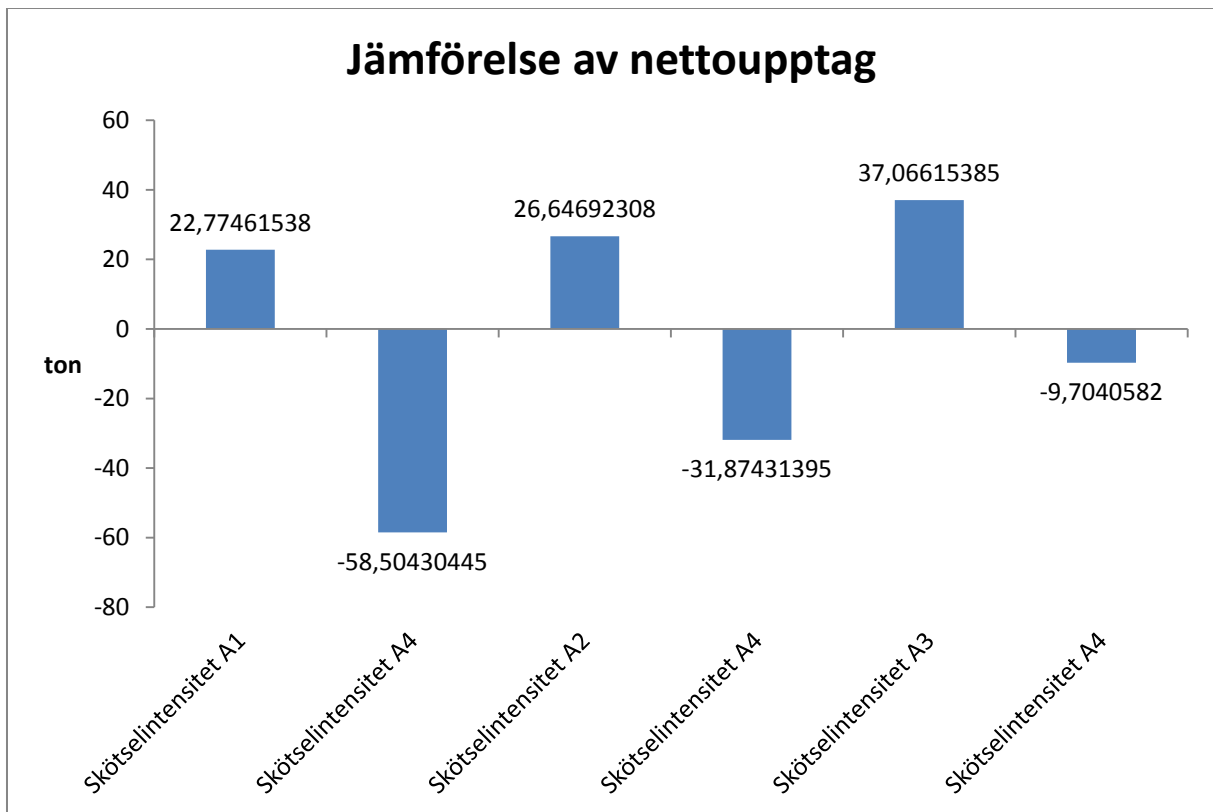


Figur 9 Visar nettoförändringen av kol över 36 5-årsperioder samt medelupptaget. Enheten är ton/hektar. A5 → Fri utveckling

Medel av nettoförändringen av kol/ha



Figur 10 visar ett medel av nettoförändringen för simuleringarna A1-A5. Enheten är ton kol per hektar över 180 år. A1 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och slutavverkning där även stubbskörd utfördes i slutavverkning, A2 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och slutavverkning, A3 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i slutavverkning, A4 → Trakthyggesbruk utan bioenergiuttag, A5 → Fri utveckling



Figur 11 visar en nettoupptagsjämförelse mellan A1 och A4, A2 och A4, samt A3 och A4 där A4 debiteras motsvarande energimängd i form av kolförbränning som tas ut i bioenergi i antingen A1, A2 och A3. Enheten ton och visar det totala nettoupptaget på 180 år, A1 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och slutavverkning där även stubbskörd utfördes i slutavverkning, A2 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i både gallring och slutavverkning, A3 → Trakthyggesbruk med bioenergiuttag i slutavverkning, A4 → Trakthyggesbruk utan bioenergiuttag

Diskussion

Genom att succesivt öka skördeintensiteten kan vi visa effekten av ökat uttag av bioenergi på det totala kolförrådet. Skillnaden mellan A4 och A3 där A3 har ett grot-uttag på 60 % i föryngringsavverkningen i ett annars traditionellt trakthyggesbruk med rundvirkesuttag visar att det totala uttaget av kol ökar med 15,7 %, samtidigt som medelkolstocken endast sänks med 1,7 %. Den biomassa som lämnas kvar i skogen binder kol längre än den som förbränns för energiutnyttjande, det sker dock hela tiden en naturlig nedbrytning av den biomassa som lämnas (Berndes, G 2012) vilket är anledningen till att kolstocken inte är mer än 1,7 % högre i A4 trots att betydligt mer kol har skördats i form av grot. Liknande resultat visar simuleringarna A1 och A2 där A1 har ett uttag av stubbar till skillnad från A2 och det totala koluttaget av kol är 16,4 % högre i A1 men den totala medelkolstocken bara 2,6 % lägre. Detta bekräftar också vår hypotes. Kolstocken sänks med ett ökat uttag av biomassa men den naturliga nedbrytningen av den kvarlämnade biomassan gör att kolstocken påverkas i högre grad på kort sikt än på lång sikt.

Nuvärdeskriteriet påverkar kolstockens utseende genom simuleringen. Heureka väljer alltså att utföra åtgärder för högsta möjliga nuvärde. Detta medför att samtliga kolstockar förutom A5 följer varandras dalar och toppar, större avverkningar sker alltså under samma perioder för samtliga skötselintensiteter. Kurvorna följer varandra men på olika nivåer av kolstocken vilket redovisas i figur 5. Skötselintensitet A5 visas i figur 6 då skalan blir för stor för att kunna urskilja skillnaderna för de övriga skötselintensiteterna om dessa visas i samma figur.

Det är tydligt att nettoförändringen sjunker med ökat uttag vilket visas i figurerna 7-9. Högst medel av nettoförändringen visar den fria utvecklingen och lägst har trakthyggesbruk med grot- och stubbuttag. Den fria utvecklingen har en positiv nettoförändring i början av simuleringen för att kulminera vid period 4 för att sedan sjunka (se figur 9). Trenden är att nettoförändringen fortsätter sjunka även i slutet av simuleringen vid period 36 (180 år) och att den inte uppnått jämviktsläge. Det hade därför varit intressant att gjort en längre simulering med den fria utvecklingen för att se vad nettomedelvärdet hade varit när kolupptaget och kolutsläppet nått sitt jämviktsläge. Det ska även här beaktas att avdelningarna som simulerar fri utveckling inte utsätts för några risker, vilket i verkligheten troligtvis hade förändrat upptaget av kol. I figur 4 ses att skötselintensiteten A5 har en betydligt högre kolstock än de övriga. Detta beror på att inget uttag görs och att det kol som binds upp tillåts stå kvar. Det betyder inte att ingen nedbrytning sker utan att upptaget är större än utsläppet. Ser man på figur 9 märker man att nettoförändringen för fastigheten blir negativt efter 105 år, då byter fastigheten från att vara en kolsänka till att istället bli en kolkälla. När Heureka simulerar A5 används avgångsfunktioner som baserats på provytor från riksskogstaxering där 95-99 % av dessa varit skötta i någon form och alltså inte varit naturskog (Holmgren H, muntlig). Detta innebär att man inte får den avgång som kan förväntas i en skog med fri utveckling, utan en skog som får ett för högt volymförråd och för liten avgång. Hade normen för svenskt skogsbruk varit bevarande, det vill säga att fri utveckling var det vanligaste hade avgångsfunktionerna varit mer tillförlitliga för detta, samtidigt som simuleringarna A1-A4 hade blivit mer osäkra. En annan brist när man tolkar resultatet är att risken för vindskador och andra yttre faktorer inte tas med. Risken för vindskador ökar kraftigt med ökande stående volym (Valinger, E et al. 2006) och höjd på träden (Dobbertin, M. 2002). Därför bör vindskadorna på bestånd som inte brukas vara mer frekventa än på bestånd som föryngringsavverkas vid normal ålder. Detta på grund av att bestånd som brukas över tid både har en betydligt mindre stående volym och lägre höjd. Denna risk tar Heureka inte hänsyn till.

Berndes (2010) pekar på att de långa omloppstiderna i den boreala och tempererade skogen skapar en tidsmässig obalans i kolcykeln och att det gör analytiker oense om bioenergin har en positiv eller negativ påverkan på klimatet. Zanchi *et al.* (2011) visade i en modellstudie att grotuttag för förbränning av granskog i de österiskiska alperna resulterade i mindre kolutsläpp jämfört med olja redan efter 7 år. Melin *et al.* (2010) undersökte de om det är bättre att lämna kvar stubbar som kolsänka eller att använda dem för energiproduktion. Resultatet visade att förbränning av stubbar hade mindre utsläpp av koldioxid än kol efter 9 år.

Resultatet i våra simuleringar visar att både kolstocken och nettoförändringen sjunker vid ökat uttag av biomassa och det därför på kort sikt är bättre att låta skogen stå och fortsätta vara en kolsänka. På ett längre tidsperspektiv visar våra simuleringar att det är bättre att ta tillvara på både grot och stubbar för bioenergi om energibehovet finns om alternativet annars är att elda kol (se figur 11). Detta resultat är gjort med antagandet att timmer- och massavedsuttag är det primära med skogsbruket och motsvarande energimängd i form av kol ska förbrännas om biomassan lämnas kvar. Här ska beaktas att den energiförbrukning som går åt till transporter av varken kol eller biomassa är inräknat, utan endast den energi som utvinns av bioenergi och motsvarande energimängd kol.

Biomassa är ett exempel på förnyelsebar energi och uttag av grot och stubbar kan vara ett alternativ för att nå målet. Simuleringen av A1 visar ett genomsnittligt uttag av bioenergi, motsvarar 5,6 MWh per hektar och år. Då är inte restprodukter och spillmaterial medräknat från det rundvirke som tas ut vilket hade höjt siffran ytterligare.

Vi anser att frågeställningen delvis är besvarad. Skötselintensiteter med olika grader av biomassauttag förändrar kolbalansen i skogsekosystemet. Högre uttag sänker kolstocken i skogen jämfört med intensiteter som har lägre uttag av biomassa. Tidsaspekten är också avgörande då det alltid förekommer en naturlig nedbrytning av biomassa som lämnas kvar som bidrar till att även skötselintensiteter med lågt uttag även har ett visst kolutsläpp. Därför blir skillnaden större på kort sikt än på lång sikt.

Slutsats

Kolstocken påverkas negativt av ökat uttag av biomassa. Därför fungerar orörd skog bättre som kolsänka än skog som brukas i syfte att ta ut biomassa. Men eftersom det finns ett stort energibehov och att skogen kommer fortsätta brukas med det primära målet att ta ut rundvirke är det bättre att ta ut och använda den tillgängliga bioenergin än att lämna kvar den och istället elda kol som bränsle.

Referenslista

- Albrektson, A. Elving, B. Lundqvist, L. Valinger, E. Skogsstyrelsen (2012).
Skogsskötselserien skogsskötselns grunder och samband (sida17). Andra upplagan
Jönköping, Skogsstyrelsens förlag
- Berndes, G.(2012) Bioenergy's Contribution to climate change mitigation- a matter of
perspectives, *BioFPR*. (Editorial) DOI:10.1002/bbb.1343
S. 233-235
- Dobbertin, M (2002)
*Influence of stand structure and site factors on wind damage comparing storms Vivian and
Lothar*
Birmensdorf, Schweiz
Res. 77, ½: 187-205
<http://www.wslf.ch/dienstleistungen/publikationen/pdf/4538.pdf>
- Europaparlamentets och rådets direktiv, 2009/28/EG.(2009)
*Om främjandet av användningen från förnybara energikällor och om ändring och ett senare
upphävande av direktivet 2001/77/EG och 2003/30/E.*
- Holmgren H, muntlig.
Inst för skoglig resurshushållning, SLU
- IPCC. (2007)a. *IPCC Fourth assessment report: Climate change 2007.*
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=359>
Working Group III: Mitigation, Chapter nine: Sector Costs and Ancillary Benefits of
Mitigation
- IPCC. (2007)b. *IPCC Fourth assessment report: Climate change 2007.*
Working Group III: Mitigation of climate change, Chapter 4.3.3.3 Biomass and bioenergy
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch4s4-3-3-3.html
- Mantau, U. et al. 2010
Real potential for changes in growth and use of EU forests
EUwood, TREN/D2/491-2008
- Melin, Y. Petersson, H. Egnell, G. (2010) *Assessing carbon balance trade-offs between
bioenergy and carbon sequestration of stumps at varying time scales and harvest intensities*
Umeå, Sweden. Elsevier B.V. *Forest Ecology and Management* 260 (2010) 536–542
- Schulze, E-D. Körner, C. Law, B. Haberl, H. Luysaert, S. (2012) *Large-Scale bioenergy
from additional
harvest of forest biomass is neither sustainable nor greenhouse gas neutral.* Max-Planck
Institute for Jena, Germany, Blackwell Publishing Ltd, GCB Bioenergy,
doi: 10.1111/j.1757-1707.2012.01169.x
- Skogsindustrierna. (2010-02-08). *Biobränsle från skogen*
http://www.skogsindustrierna.org/vi_tycker/skog/biobransle_fran_skogen

2012-04-12

Skogsstyrelsen (2012). *Skogsstatistisk årsbok 2012*. Jönköping
Erlanders NRS Tryckeri, Swedish Forest Agency

Valinger, E. Ottosson Lövenius, M. Johansson, U. Fridman, J. Claeson, S. Gustafsson, Å.
(2006)

Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun

Jönköping, Skogsstyrelsens förlag

Rapport 8, 2006

<http://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art13/4646113-ff7c25-1758.pdf>

Wood Energy Calculation, beta-version (2013)

2012-04-24

<http://woodenergy.sites.djangoeurope.com/conversion/>

Zanchi, G. Pena, N. Bird, N. (2011) *Is woody bioenergy carbon neutral? A comparative
assessment of emissions from consumption of woody bioenergy and fossil fuel*

Graz, Austria. Blackwell Publishing Ltd

doi: 10.1111/j.1757-1707.2011.01149.x

