

Framtida skogsbruksscenarier

CLEO Projekt 1.2 Scenariorapport



Sofie Hellsten, Karin Hansen, Veronika Kronnäs och Cecilia Akselsson

Författare: Sofie Hellsten (IVL), Karin Hansen (IVL), Veronika Kronnäs (IVL & Lunds universitet) och Cecilia Akselsson (Lunds universitet).

Medel från: Naturvårdsverket via forskningsprogrammet CLEO (Climate Change and Environmental Objectives)

Fotograf: Sofie Hellsten

Rapportnummer: B 2204

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2014

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
Summary	4
1 Inledning.....	5
2 Tre scenarier för framtida skogsbruk	5
3 SKA-VB o8.....	6
4 Tidsaspekten	7
5 Områdesindelning	7
6 Framtagna data.....	9
6.1 Markanvändning	12
6.2 Trädslagsfördelning	12
6.3 Skogsbruksåtgärder.....	13
6.4 Uttag av biomassa	14
6.5 Gödsling	16
6.6 Askåterföring.....	17
6.7 Kalkning	18
7 Hur skogsbruket förändras över tiden.....	19
8 Diskussion.....	19
9 Tillämpning av skogsbruksscenarioerna	20
Tack	21
Referenser.....	22

Sammanfattning

Denna studie har tagit fram regionalt anpassade scenarier för skogsbruk inom CLEO projektet (Climate Change and Environmental Objectives, www.cleoresearch.se). Att definiera relevanta och troliga framtida skogsbruksscenarioer är viktigt för att förutspå framtida miljöpåverkan samt synergier och konflikter mellan miljömål. Den ökade efterfrågan på biomassa från skogen gör att det svenska skogsbruket för närvarande förändras. Dessutom kan klimatförändringar komma att påverka de framtida skogsbruksmetoderna.

Tre scenarier för framtida skogsbruk i Sverige har formulerats. De tre scenarierna omfattas av ett scenario som motsvarar dagens skogsbruk, ett scenario med ett intensivare biomassauttag, samt ett scenario med ännu intensivare biomassauttag. Dessa tre scenarier är matriser av olika val av skogsbruksstrategier. Data inom varje scenario är i huvudsak baserade på scenarier som definierats inom andra studier/program, främst SKA VB-08.

I scenarierna redovisas bl.a. trädslagsfördelning och markanvändning, såsom areal produktiv skogsmark, åker- och jordbruksmark, konventionellt brukad skog, kontinuitetsskog och annan skogsmark. Arealer för markberedning, röjning, gallring, hygge samt GROT- och stubbuttag redovisas också, liksom mängderna uttagen stambiomassa och GROT och stubbar vid gallring och avverkning. För att möjliggöra beräkningar av näringsuttaget redovisas typhalter, det vill säga näringshalter i olika träddelar (stam & bark, grenar, barr och stubbar).

Gödslingsarealen för konventionellt gödslad skogsmark och BAG-gödslad skogsmark (Behovsanpassad gödsling) redovisas, liksom gödslingsfrekvens och näringsinnehåll i gödselmedlet. I samtliga scenarier redovisas även arealer för askåterföring, liksom mängden tillförd aska, samt halter av olika näringsämnen i askan och dess upplösningstakt.

Samtliga scenarier visar på ett intensifierat skogsbruk i framtiden, med ett högre biomassauttag från skogen, mer gödsling av skogsmarken och ökad askåterföring. Tillväxthöjande åtgärder, men framförallt klimatförändringen, leder till att både tillväxt och avverkning ökar i samtliga scenarier från 2020 och framåt. Eftersom även arealen för askåterföring ökar över tiden, skulle detta kunna kompensera för de ökade näringsförlusterna vid ett framtida högre biomassauttag från skogen.

Den konventionella gödslingen förväntas öka i det scenario som visar utvecklingen av dagens skogsbruk. Däremot minskar gödslingen i de övriga mer intensiva scenarierna, eftersom man istället går över till BAG-gödsling (Behovsanpassad gödsling). Det är oklart vilka konsekvenser detta kan komma att få på försurning och övergödning.

Över tiden förändras trädslagsfördelningen med en minskad andel tall som ersätts med gran i södra Sverige. I norra Sverige ökar istället andelen tall på bekostnad av gran.

Det är troligt att skador på skog, såsom stormskador och insektsangrepp, kommer att öka i framtiden till följd av klimatförändringarna. Dessa effekter har dock inte beaktats i scenarierna.

Summary

This study has developed regionally adapted scenarios for forestry within the CLEO project (Climate Change and Environmental Objectives, www.cleoresearch.se). Defining relevant and probable future forest scenarios is important for predicting future environmental impacts and synergies and conflicts between environmental objectives. Due to the increasing demand for biomass from forestry, Swedish forestry practices are currently changing. In addition, climate change can affect future forestry practices.

Three scenarios for future forest management in Sweden have been formulated. One scenario corresponds to today's forest management, the second scenario is associated with an intensive removal of biomass, and the third scenario with even more intense biomass removal. These three scenarios are matrices of different choices of forest management strategies. The data behind are to a large extent based on scenarios defined in other studies, mainly SKA VB-08.

The scenarios include information on tree distribution and land use, such as area of productive forest, arable and agricultural land, conventionally managed forest and other forestry land. Areas for soil scarification, cleaning, thinning, logging and slash and stump removal are also reported, as well as quantities of biomass removal regarding stems, forest residues and stumps during thinning and harvesting. To enable estimates of nutrient removal, nutrient contents in different tree parts (stem, bark, branches, needles and stumps) were provided.

The areas exposed to conventional forestry fertilization, as well as intensive forestry fertilization were provided, as well as fertilization rate and nutrient content in the fertilizer. In all scenarios, areas for ash recycling were also reported, as well as supply amount of ash, and levels of various nutrients in the ash and its dissolution rate.

All scenarios are characterized by future intensified forestry management, with higher harvesting rates, more fertilization of forest land and increased ash recycling. Growth enhancing measures, but especially climate change, results in increased forest growth and consequently increased levels of harvest in all scenarios from 2020 onwards. Since ash recycling is also increasing over time, this could mitigate the increased nutrient losses due to a future higher biomass removal from forests.

Conventional fertilizing is expected to increase in the scenario representing the development of today's forestry. In contrast, conventional fertilizer use decreases in the other more intensive scenarios, due to more localised intensified fertilizing schemes. It is unclear what impact this may have on acidification and eutrophication.

Over time, tree species distribution changes, with a reduced proportion of pine that is replaced with spruce in southern Sweden. On the contrary, in northern Sweden, the proportion of pine increases at the expense of spruce.

It is likely that the frequency and intensity of natural disturbances, such as storm damage and insect infestation, will increase in the future due to climate change. These effects have not been taken into account in the scenarios.

1 Inledning

Denna studie har syftat till att ta fram regionalt anpassade scenarier för skogsbruk. Att definiera relevanta och troliga framtida skogsbruksscenarioer är viktigt för att förutspå framtida miljöpåverkan på mark och vatten samt synergier och konflikter mellan miljömål. Den ökade efterfrågan på biomassa från skogen gör att det svenska skogsbruket för närvarande förändras. Dessutom kan klimatförändringar komma att påverka de framtida skogsbruksmetoderna.

Scenarier för hur skogsbruket kommer utveckla sig fokuserar inom CLEO på både nationell nivå och länsnivå. De data som togs fram inom varje scenario är i huvudsak baserade på scenarier som definierats inom andra studier, främst SKA VB-08 (Skogsstyrelsen, 2008a). Ytterligare källor till data är Skogsstyrelsen och deras rekommendationer, Skogsstatistisk årsbok 2013, skogsentreprenörer och forskningsstudier.

Scenarierna har tagits fram inom CLEO-projektet (Climate Change and Environmental Objectives, www.cleoresearch.se). Dessa scenarier och data ska stödja modellberäkningarna i CLEO och användas i diskussionerna kring synergier och konflikter mellan miljömål. I denna rapport redovisar vi metoder och data som har tagits fram.

2 Tre scenarier för framtida skogsbruk

Tre scenarier för framtida skogsbruk i Sverige har formulerats. Dessa tre scenarier är matriser av olika val av skogsbruksstrategier, se Tabell 1.

Tabell 1. De tre skogsbruksscenarioerna.

Scenario	Namn	Kort beskrivning	Beskrivning
BUS	BUS iness as usual	dagens skogsbruk	Bygger på "Referensscenariot" i SKA VB-08, vilket är tänkt att motsvara dagens skogsbruk. GROT-uttaget motsvarar Nivå 3 i SKA VB-08 (Areal efter ekologiska och ekonomiska/tekniska restriktioner, samt ett uttag på 60 %). Inget stubbuttag görs.
MBR	Medium Biomass Removal	medium biomassa-uttag	Bygger på SKA VB-08:s "Miljö + Produktionsscenario" och inkluderar BAG-gödsling på 1 114 000 ha. GROT-uttaget och stubbuttaget motsvarar Nivå 2 i SKA VB-08 (Areal efter ekologiska restriktioner, samt ett uttag på 80 %.)
HBR	High Biomass Removal	högt biomassa-uttag	Bygger på SKA VB-08:s "Produktionsscenario", och inkluderar BAG-gödsling på 1 114 000 ha, samt beskogning av 400 000 ha åkermark. GROT-uttaget och stubbuttaget motsvarar Nivå 1 i SKA VB-08 (Arealen omfattar inga restriktioner och mängderna avser allt biobränsle som faller ut).

De tre scenarierna valdes för att kunna utvärdera effekten av olika intensitet inom det framtida skogsbruket. Ett av scenarierna representerar ett referensscenario, som motsvarar dagens skogsbruk (BUS). De övriga två scenarierna innefattar ett "extremscenario" (HBR), med ett mycket intensivt uttag av skogsbiomassa. Däremellan ligger ett "medelscenario" (MBR). Scenarierna motsvarar i stora drag de scenarier som utarbetats inom SKA-VB 08, där fyra olika scenarier togs fram. Det SKA-scenario som inte omfattas här är ett miljö-scenario som är ännu striktare än referensscenariot. Detta scenario bedömdes inte vara relevant, eftersom det framtida skogsbruket snarare kommer att vara ännu intensivare än vad det är idag. SKA-scenarierna tillämpades eftersom de är väl definierade och genomarbetade. Vi har haft som utgångspunkt att lägga oss nära redan existerande scenarier, samt att definiera distinkt olika

scenarier för att göra det möjligt för modellerna att observera skillnader. Utöver SKA-scenarierna har vi gjort egna antaganden baserade på studier och expertutlåtanden, för de parametrar som inte omfattats, eller varit svårdefinierade inom SKA-VB 08. Detta gäller stubbuttag, gödsling, kalkning samt askåterföring.

En nackdel med SKA-VB 08-scenarierna är att effekten av ett förändrat klimat är medräknat i samtliga scenarier. Detta innebär att den tillväxthöjande effekten orsakad av klimatförändringar (vilket bidrar till ett högre biomassauttag) är inkluderad. Således går det inte att med CLEO-scenarierna utvärdera effekten av klimatförändringarna, utan enbart effekten av det förändrade skogsbruket (olika intensitet).

3 SKA-VB 08

I de tre av SKA-VB 08:s scenarier som används är effekten av ett förändrat klimat medräknad:

- Referens – Utveckling med nuvarande ambitioner i skogsskötseln och beslutad miljöpolitik till år 2010.
- Miljö + Produktion - Effekterna av både ökade miljöambitioner och höga investeringsnivåer i skogsbruket för att öka produktionen.
- Produktion - Effekterna av ökad produktion som resultat av höga investeringsnivåer i skogsbruket.

Referensscenariot är tänkt att motsvara dagens skogsbruk och förutsättningarna i scenariot bygger till största delen på befintlig statistik över skogsskötselåtgärder och arealer med olika markanvändning. Förändringarna framåt i tiden påverkas framförallt av klimatförändringarna (ökad tillväxt vilket resulterar i ett ökat biomassauttag) och förändringar i skogens sammansättning, med avseende på bl.a. trädslag och ålderssammansättning.

I scenarierna Produktion och Miljö + Produktion ingår ambitiösa produktionshöjande åtgärder. Dessa åtgärder förväntas ge full effekt först efter 40 – 50 år. Åtgärderna omfattar traditionella skogsvårdsåtgärder som till exempel förbättrade föryngringar, en ökad andel contortatall, traditionell gödsling, beskogning av åkermark och behovsanpassad gödsling. I de två produktions-scenarierna ovan ingick även effektanalysen ”Åkermark”, vilket omfattar effekten av att beskoga 400 000 ha åkermark. Denna effektanalys redovisades separat, och vi valde att ta med denna effekt enbart i HBR-scenariot.

SKA-VB 08:s scenarier, redovisas med tioårsperioder som sträcker sig över hundra år (2010-2110). Resultaten, i form av Excel filer, hämtades från Skogsstyrelsens webbplats:

<http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Skog-och-miljo/Tillstandet-i-skogen/Tillgangen-pa-skog/Resultat/>.

De resultatfiler som använts omfattar:

- SKA-VB 08 Resultat – Referens.xls
- SKA-VB 08 Resultat – Miljö plus Produktion (exkl. åkermark).xls
- SKA-VB 08 Resultat – Produktion (exkl. åkermark).xls
- SKA-VB 08 Resultat – Åkermark.xls

SKA-VB 08:s scenarioanalyser är till största delen beräknade med Hugin-systemet. Systemet används för att beskriva (simulera) skogens utveckling under preciserade antaganden om framtida skogsskötsel. Data som använts för att beskriva nuvarande skogstillstånd är hämtade från Riksskogstaxeringens databas. Uppgifter om skogsskötsel, miljöhänsyn och avsättningsar baseras på Riksskogstaxeringen och Skogsstyrelsens Polytaxinventering. Framtida naturvårds-avsättningar baseras bland annat på Miljömålsrådets fördjupade utvärdering av miljö kvalitets-

målen, den nationella strategin för formellt skydd av skog och frekvensanalysen skyddsvärd natur. Scenarierna redovisas i detalj i Skogsstyrelsens rapport 25 (2008) ”Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08”.

4 Tidsaspekten

Tidsaspekten är viktig, eftersom skillnaden i scenarier ökar med tiden. Skogstillståndet är trögt på kort sikt, men på lång sikt finns stora förändringsmöjligheter. Tidsperspektivet för de data vi har tagit fram sträcker sig från 2010 till 2100 och redovisas som medelvärden för 10-års perioder (det vill säga ett medelvärde för 2010-2019, 2020-2029 och så vidare). Ett undantag är arealen för askåterföring som gäller för 2010 samt 2020. Från och med 2030 är det skalat efter GROT-uttaget, så då gäller samma period som för GROT-uttaget, det vill säga medelvärden för 10-årsperioden.

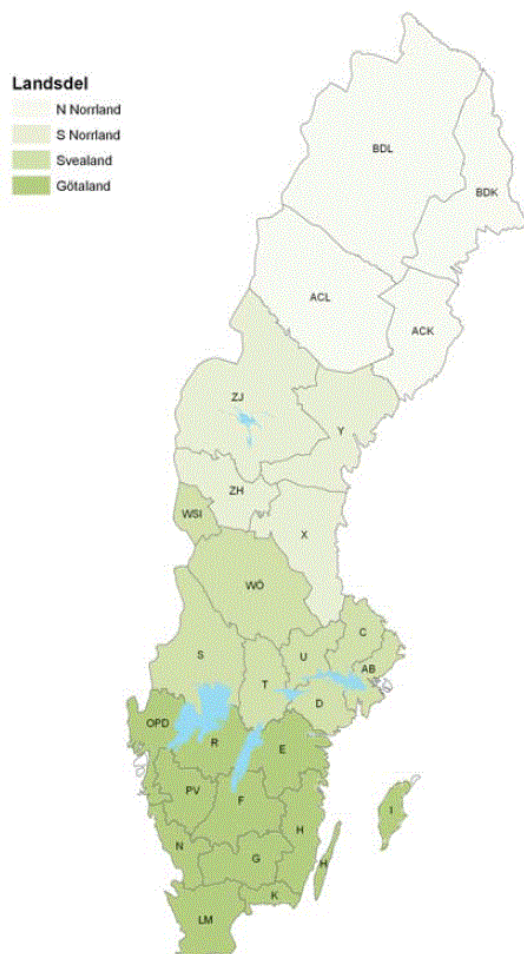
I SKA VB-08 användes ytor med startår 2006 och sedan gjordes en framskrivning till 2010. Det utgångsläget användes för alla SKA VB-08-scenarier, vilket innebär att scenarierna skiljer sig åt redan från den första perioden.

5 Områdesindelning

Data är framtagna geografiskt och de följer antingen länsnivåerna (Tabell 2) eller områdesindelningen enligt SKA VB-08 (Tabell 3).



Tabell 2.	Sveriges Län
AB	Stockholms län
AC	Västerbottens län
BD	Norrbottens län
C*	Uppsala län
D	Södermanlands län
E	Östergötlands län
F	Jönköpings län
G	Kronobergs län
H	Kalmar län
I	Gotlands län
K	Blekinge län
LM	Skåne län
N	Hallands län
OPR	Västra Götalands län
S	Värmlands län
T	Örebro län
U*	Västmanlands län
W	Dalarnas län
X	Gävleborgs län
Y	Västernorrlands län
Z	Jämtlands län



Tabell 3.	Områdesindelning i SKA-VB 08 (se även karta)
BDL	Norrbottnens län (inland)
BDK	Norrbottnens län (kust)
ACL	Västerbottens län (inland)
ACK	Västerbottens län (kust)
ZJ	Jämtlands län (norr)
Y	Västernorrlands län
ZH	Jämtlands län (söder)
X	Gävleborgs län
WSI	Dalarnas län (norr)

WÖ	Dalarnas län (söder)
U*	Västmanlands län*
C*	Uppsala län*
B	Stockholms län
S	Värmlands län
T	Örebro län
R	Gamla Skaraborgs län
OPD	f.d. Göteborgs och Bohus län inklusive Dalslandsdelen
D	f.d. Södermanlands län
E	Östergötlands län
PV	f.d. Älvsborgs län exklusive Dalslandsdelen
F	Jönköpings län
G	Kronobergs län
H	Kalmar län
I	Gotlands län
N	Hallands län
LM	Skåne län
K	Blekinge län

* Heby kommun tillhörde tidigare Västmanland, men tillhör sedan 2007 Uppsala län. Detta gör att Heby kommun "tillhör olika län" beroende på datakällan. SKA-VB 08 bygger på den gamla länsindelningen, men data från den Skogstatistiska årsboken gäller de nyare länsgränserna.

6 Framtagna data

Data som tagits fram är arealer, mängder och typhalter för innehåll (Tabell 4). De tre scenarierna omfattas av BUS (BUSINESS as usual), vilket motsvarar dagens skogsbruk, MBR (Medium Biomass Removal, vilket motsvarar ett intensivare biomassuttag, samt HBR (High Biomass Removal), vilket representerar ett ännu intensivare biomassauttag, se Tabell 1.

Tabell 4. Arealer, mängder och typhalter i de tre scenarierna BUS, MBR och HBR.

Vad?	Enhet	Källa & förklaring	BUS	MBR	HBR
areal åker- och jordbruksmark	1000 ha	Skogsstatistisk årsbok 2013, Tab. 3.3.b Naturbete & Åkermark (2008-2012). För HBR drogs arealen för beskogad åkermark bort, dvs Tab 17.1 i SKA-VB 08:s effektanalys Åkermark.	Skogsstatistisk årsbok 2013, Tab 3.3.b (oförändrat över tidsperioden)	Samma som BUS	Som BUS minus 400000 ha
areal produktiv skogsmark	1000 ha	SKA-VB 08 - Tab 17.1, Skogsmarksarealen fördelat på skogstyper (Kategori: Reservat + Hänsyn + Produktion). För HBR lades arealen för beskogad åkermark till, dvs Tab 17.1 i effektanalysen Åkermark.	SKA-VB 08-Tab. 17.1 (oförändrat över tidsperioden)	Samma som BUS	Som BUS plus 400 000 ha
areal annan skogsmark	1000 ha	SKA- VB 08-Tab. 17.1 Skogsmarksarealen fördelat på skogstyper (Kategori: Reservat och hänsynsmark. OBS! Ingår i produktiv skogsmark ovan)	SKA-VB 08-Tab. 17.1 (oförändrat över tidsperioden)	Samma som BUS	Samma som BUS
areal konventionellt brukad skog	1000 ha	SKA-VB 08-Tab 17.1 Skogsmarksarealen fördelat på skogstyper (Kategori: Produktion) OBS! Ingår i produktiv skogsmark ovan) För HBR lades arealen för beskogad åkermark till, dvs Tab 17.1 i effektanalysen Åkermark.	SKA-VB 08-Tab. 17.1 (oförändrat över tidsperioden)	Samma som BUS	Samma som BUS plus 400 000 ha, dvs SKA-VB 08:s Tab 17.1 (effektanalys: Åkermark)
areal kontinuitets-skog	1000 ha	Skogsstatistisk årsbok 2013, <i>Areal hyggesfritt skogsbruk inom det storskaliga skogsbruket 2012.xls</i> Endast ett nationellt värde finns!	Skogsstatistisk årsbok 2013, Areal hyggesfritt skogsbruk inom det storskaliga skogsbruket 2012.xls	Samma som BUS	Samma som BUS

IVL-rapport B 2204 Framtida skogsbruksscenarioer

areal trädslag (gran, tall, löv)	1000 ha	SKA-VB 08-Tab. 17.1 – Skogsmarksarealen fördelat på skogstyper, (Gran, tall, löv, ädel och övrig). Det som redovisas är "minst 70 % av resp trädslag". "Övrigt" innehåller således den areal som inte har minst 70 %, men även ytor som saknar träd.	SKA-VB 08-Tab. 17.1 - Skogsmarksarealen fördelat på skogstyper, (Gran, tall, löv, ädel och övrig).	Samma som BUS	Samma som BUS plus 400 000 ha med gran och hybridasp (löv), från SKA-VB 08, Tab 17.1 (effektanalys Åkermark).
röjningsareal	100 ha	SKA-VB 08-Tab. 24.6, Årlig röjd areal	SKA-VB 08-Tab. 24.6 (scenario: Referens)	SKA-VB 08-Tab. 24.6 (scenario: Miljö+Produktion)	SKA-VB 08-Tab. 24.6, (scenario: Produktion inkl. effektanalys Åkermark)
gallringsareal	100 ha	SKA-VB 08 - Tab. 24.4 & 24.5, Årlig gallrad areal, (tidig första gallring & övrig gallring)	SKA-VB 08-Tab. 24.4 & 24.5 (scenario: Referens)	SKA-VB 08-Tab. 24.4 & 24.5 (scenario: Miljö+Produktion)	SKA-VB 08-Tab. 24.4 & 24.5 (scenario: Produktion inkl. effektanalys Åkermark)
hyggesareal	100 ha	SKA-VB 08 - Tab. 24.3, Årlig förnyringsavverkad areal	SKA-VB 08-Tab. 24.3 (scenario: Referens)	SKA-VB 08-Tab. 24.3 (scenario: Miljö+Produktion)	SKA-VB 08-Tab. 24.3 (scenario: Produktion inkl. effektanalys Åkermark)
areal GROT-uttag	ha	SKA-VB 08 –Tab 15.8d (scenario: Referens), Årlig areal förnyringsavverkning från vilken GROT-uttag är beräknat (period 1, 2010-2019). Återstående tidsperioder skalades mot GROT-uttaget i Tab 15.8.	SKA-VB 08 –Tab 15.8d (Nivå 3 - Areal efter ekologiska och tekniska/ekonomiska restriktioner) skalades mot GROT-uttaget i Tab 15.8.	SKA-VB 08 –Tab 15.8d (Nivå 2 - Areal efter ekologiska restriktioner) skalades mot GROT-uttaget i Tab 15.8.	SKA-VB 08 –Tab 15.8d (Nivå 1: Areal utan restriktioner) skalades mot GROT-uttaget i Tab 15.8.
areal för stubbuttag	ha	SKA-VB 08 använde samma arealer för stubbuttaget som för GROT-uttaget, se ovan.	Inget uttag	Samma areal som Nivå 2:s GROT-uttag (areal efter ekologiska restriktioner), se ovan.	Samma areal som Nivå 1:s GROT-uttag (inga restriktioner), se ovan.
mängd uttagen biomassa vid röjning¹⁾	1000 ton TS	SKA-VB 08-Tab 23.8, Årlig bruttoavverkning, 1000 m ³ sk har multiplicerats med omräkningstalet 0,4 ²⁾ för att få 1000 ton TS.	SKA-VB 08-Tab 23.8 (scenario: Referens) multiplicerat med 0,4.	SKA-VB 08-Tab 23.8 (scenario: Miljö+Produktion) multiplicerat med 0,4.	SKA-VB 08-Tab 23.8 (scenario: Produktion + effektanalys Åkermark) multiplicerat med 0,4.
mängd uttagen stambiomassa vid gallring	1000 ton TS	SKA-VB 08-Tab. 15.9, Årlig mängd stamved och bark vid gallring (Toppen inkluderad). För HBR adderades Tab. 15.8 i Effektanalysen Åkermark.	SKA-VB 08-Tab. 15.9 (scenario: Referens)	SKA-VB 08-Tab. 15.9 (scenario: Miljö+Produktion)	SKA-VB 08-Tab. 15.9 (scenario: Produktion) + Tab 15.8 (Effektanalys Åkermark)
mängd uttagen grotbiomassa vid gallring	1000 ton TS	SKA-VB 08-Tab. 15.8, Årlig mängd GROT vid gallring Nivå 1 (brutto) har skalats ner till ett uttag på 60 % i BUS och 80 % i MBR.	SKA-VB 08-Tab. 15.8 (scenario: Referens), Nivå 1 (brutto) har skalats ner till ett uttag på 60 %.	SKA-VB 08-Tab 15.8 (scenario: Miljö + Produktion). Nivå 1 (brutto) har skalats ner till ett uttag på 80 %.	SKA-VB 08-Tab 15.8 (scenario: Produktion + effektanalys Åkermark). Nivå 1 (brutto).

IVL-rapport B 2204 Framtida skogsbruksscenarier

mängd uttagen stambiomassa vid avverkning	1000 ton TS	SKA-VB 08-Tab. 15.9, Årlig mängd stamved och bark vid föryngringsavverkning. (Toppen inkluderad). För HBR adderades Tab. 15.8 i Effektanalysen Åkermark.	SKA-VB 08-Tab. 15.9 (scenario: Referens)	SKA-VB 08-Tab. 15.9 (scenario: Miljö+Produktion)	SKA-VB 08-Tab. 15.9 (scenario: Produktion) + Tab 15.8 (effektanalys: Åkermark)
mängd uttagen grotbiomassa vid avverkning	1000 ton TS	SKA-VB 08-Tab. 15.8.c (scenario: Referens), Årlig mängd GROT vid föryngringsavverkning (period 1, 2010-2019). Återstående tidsperioder skalades mot GROT-uttaget i Tab 15.8.	SKA-VB 08 –Tab 15.8c (Nivå 3 - Areal efter ekologiska och tekniska/ekonomiska restriktioner, med 60 % uttag) skalades mot GROT-uttaget i Tab 15.8 (scenario: Referens).	SKA-VB 08 –Tab 15.8c (Nivå 2 - Areal efter ekologiska restriktioner, med 80 % uttag) skalades mot GROT-uttaget i Tab 15.8 (scenario: Miljö+Produktion).	SKA-VB 08 –Tab 15.8c (Nivå 1: Areal utan restriktioner, med 100 % uttag) skalades mot GROT-uttaget i Tab 15.8 (scenario: Produktion).
mängd uttagen stubbiomassa vid avverkning	1000 ton TS	SKA-VB 08-Tab 15.11 (för MBR) och Tab 15.10 (för HBR) i Referensscenariot, med tillägg från Tab 15.8, Årlig totalmängd träddelar fördelat på avverkningsform) i effektanalysen Åkermark för HBR.	Inget uttag	SKA-VB 08-Tab 15.11 (Scenario: Referens), Årlig nettopotential för uttag av barrträdsstubbar i föryngringsavverkning. (Förutsatt skogsstyrelsens preliminära rekommendationer för stubbskörd (2009-04-23))	SKA-VB 08-Tab 15.10 (Scenario: Referens) - Årlig mängd stubbar i föryngringsavverkning (brutto) + Tab 15.8 (Effektanalys Åkermark)
typhalter i olika träddelar (BC, N & P)	mg/g	Egnell m.fl. (1998) Hellsten m.fl. (2013)	Egnell m.fl. (1998) Hellsten m.fl. (2013)	Egnell m.fl. (1998) Hellsten m.fl. (2013)	Egnell m.fl. (1998) Hellsten m.fl. (2013)
areal konventionellt gödslad	100 ha	SKA-VB 08-Tab. 24.7, Årlig gödslad areal (Avser traditionell gödsling).	SKA-VB 08-Tab. 24.7 (scenario: Referens)	SKA-VB 08-Tab. 24.7 (scenario: Miljö+Produktion)	SKA-VB 08-Tab. 24.7 (scenario: Produktion)
areal BAG-gödslad	ha	SKA-VB 08 - Produktion-Utfall BAS arealer.xls (fil från Anders Lundström, SLU)	Ingen BAG-gödsling i BUS	BAG-gödsling på 1114000 ha enligt SKA-VB 08	BAG-gödsling på 1114000 ha enligt SKA-VB 08
typhalter, gödselmedel	Vikt %	Skog-CAN – vanligaste gödselmedlet (Lars Högbom, Skogforsk, personlig kommunikation). Innehåll av växtnäring är hämtat från Yara AB:s webbplats.	Yara AB:s webbplats	Yara AB:s webbplats	Yara AB:s webbplats
gödslingsrekommendationer	kg N/ha	SKS rekommendationer (Meddelande 2:2007)	SKS rekommendationer	SKS rekommendationer	SKS rekommendationer
areal askåterförd	ha	Data på askåterföring för 2010 bygger på information från entreprenörer, och utvecklingen framåt i tiden har bedömts (se kap askåterföring)	Information från entreprenörer	Information från entreprenörer	Information från entreprenörer
mängd tillförd aska	ton/ha	SKS rekommendationer (Meddelande 2:2008)	SKS rekommendationer	SKS rekommendationer	SKS rekommendationer

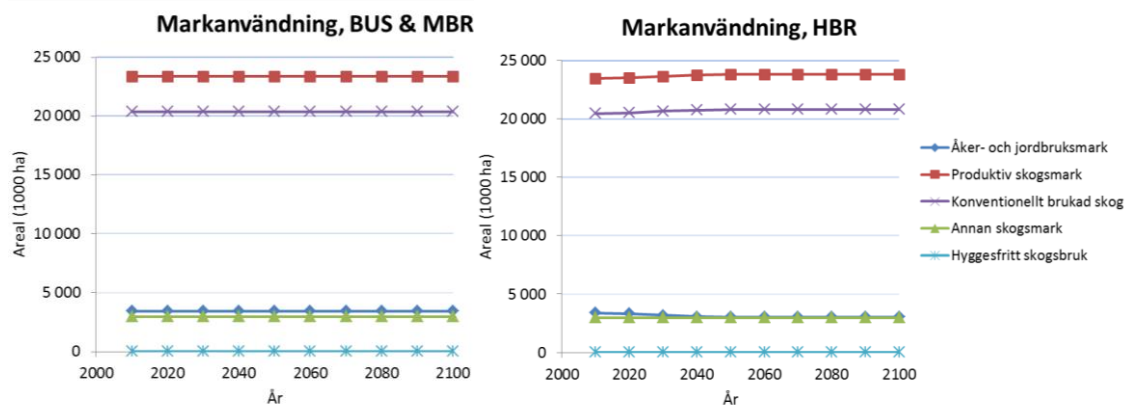
typhalter i tillförd aska	mg/g	Nilsson och Steenari (1996)	Nilsson och Steenari (1996)	Nilsson och Steenari (1996)	Nilsson och Steenari (1996)
areal markberedd	1000 ha	SKA-VB 08-Tab. 14.1, Årlig förnyingsareal fördelat på förnyingsätt samt markberedning	SKA-VB 08-Tab 14.1 (scenario: Referens)	SKA-VB 08-Tab 14.1 (scenario: Miljö+Produktion)	SKA-VB 08-Tab 14.1 (scenario: Produktion)
areal kalkat	ha	Vi antar att skogsmarkskalkning inte kommer att förekomma framöver.	Antas vara 0	Antas vara 0	Antas vara 0

- Här anges volymen som avverkas i skogen och har alltså inget att göra med vad som tas ut (normalt tas inget ut i röjning).
- Källa för omräkningstalet: Skogsstyrelsen (Skogsstyrelsens formulär: Uppgifter om avverkning, skogsvård och självverksamhet i småskaligt skogsbruk).

6.1 Markanvändning

Markanvändning, såsom areal produktiv skogsmark, åker- och jordbruksmark konventionellt brukad skog, kontinuitetsskog och annan skogsmark baseras dels på Skogsstyrelsens Skogsstatistiska årsbok 2013, och dels på SKA-VB 08, se Figur 1.

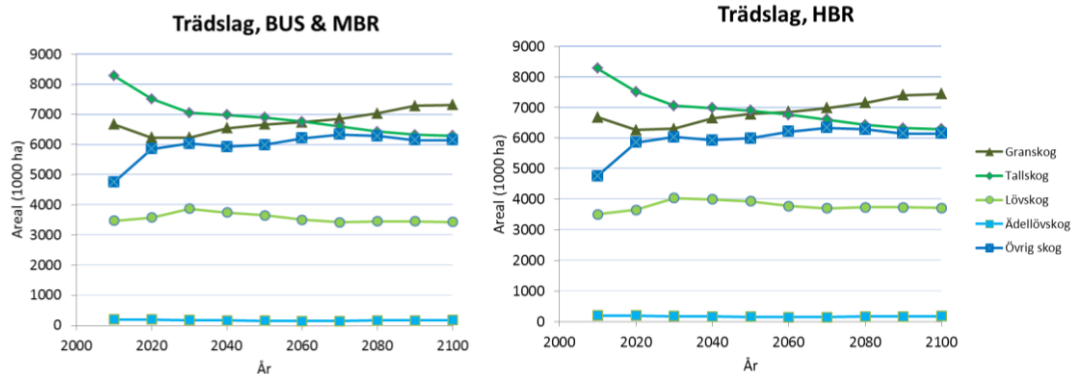
Markanvändningen förändras inte alls, varken i BUS eller MBR under 100-årsperioden. I HBR-scenariot däremot, beskogas 400 000 ha före detta åkermark, i enlighet med SKA-VB 08:s Produktionsscenario. Åkermarken planteras under en 40-års period med gran och hybridask, vilket ger en tillväxtökning som kulminerar efter 50 år.



Figur 1. Areal åker och jordbruksmark, samt skogsmark (Produktiv skogsmark). Den produktiva skogsmarken är därutöver uppdelad på "konventionellt brukad skog", samt "annan skogsmark". Det hyggesfria skogsbruket utgör en del av "konventionellt brukad skog".

6.2 Trädslagsfördelning

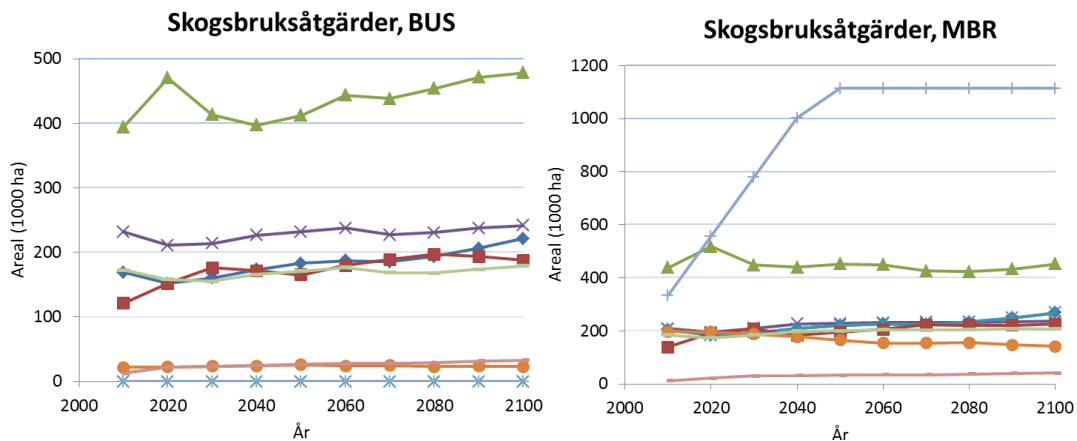
Trädslagsfördelningen ändras över tiden med en ökad andel gran på bekostnad av tall, se Figur 2. I norra Sverige ökar dock tallskogen på bekostnad av gran. Lövträdsandelen förväntas öka något under de kommande 100 åren. Det förekommer endast små skillnader i trädslagsfördelningen mellan de tre scenarierna.

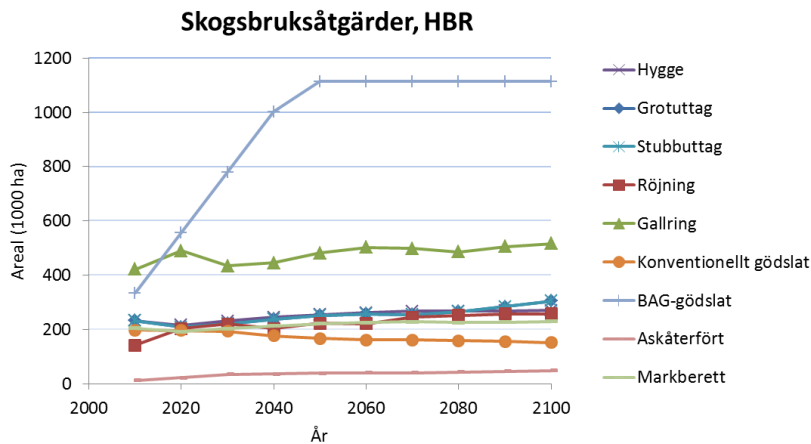


Figur 2. Trädslagsfördelning (arealer i 1000 ha) hämtades från SKA-VB 08 och är fördelat på gran-, tall-, löv-, ädellöv- och övrig skog. Det som redovisas är "minst 70 % av respektive trädslag". Kategorin "övrigt" innehåller således den areal som inte har minst 70 %, men även ytor som saknar träd.

6.3 Skogsbruksåtgärder

Figur 3 redovisar arealer för de tre scenarierna, där olika skogsbruksåtgärder genomförs (hygge, grotuttag, stubbuttag, röjning, gallring, gödsling, askåterföring och markberedning). Här redovisas endast arealer för markberedning baserat på SKA-VB 08, men en CLEO-studie om nuvarande och framtida markberedning inom svenskt skogsbruk har nyligen genomförts med fokus på miljökonsekvenser, baserat på litteraturstudier och expertintervjuer (Hansson m.fl., 2014). Arealer för skogsmarkskalkning redovisas inte, eftersom det antas att detta inte kommer vara brukligt framöver i något av scenarierna. Biomassauttag, gödsling och askåterföring redovisas mer i detalj nedan.





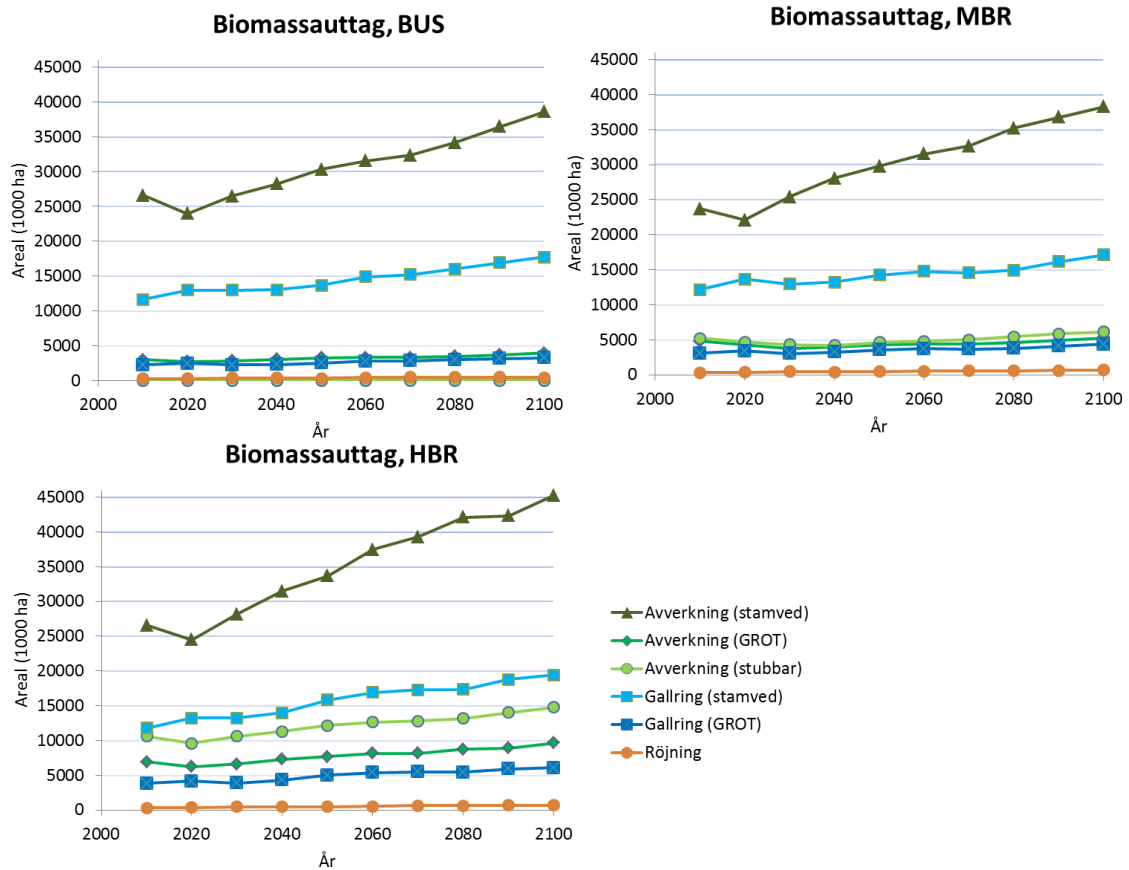
Figur 3. Arealer för skogsbruksåtgärder för de tre scenarierna. Observera att y-axeln har en annan skala för BUS-scenariot. I BUS-scenariot antas varken stubbuttag eller BAG-gödsling göras.

6.4 Uttag av biomassa

I SKA-VB 08 har man definierat tre olika nivåer på ekologiska och tekniska restriktioner för att definiera potentialer av skogsbränslen (GROT och stubbar). Vi valde att anamma Nivå 3 i BUS-scenariot, Nivå 2 i MBR-scenariot och Nivå 1 i HBR-scenariot:

- Nivå 1 – allt biobränsle vid respektive avverkningsåtgärd, det vill säga inga restriktioner alls.
- Nivå 2 – ekologiska restriktioner som baseras på Skogsstyrelsens rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring (Skogsstyrelsen, 2008a). 20 % av GROT och stubbar lämnas kvar.
- Nivå 3 – ekologiska och tekniska/ekonomiska restriktioner. 40 % av GROT och stubbar lämnas kvar, vilket ungefär motsvarar dagens praxis i skogsbruk (Nurmi, 2007).

Arealer för markberedning, röjning, gallring, hygge samt GROT- och stubbuttag hämtades alla från SKA-VB 08 (Figur 3). Även mängderna uttagen stambiomassa och GROT och stubbar vid gallring och avverkning baserades på SKA-VB 08 (Figur 4). Det framtida stubbuttaget är mycket svårt att förutsäga och beror på ekonomiska incitament, likaväl som teknikutveckling. Således är dessa siffror behäftade med stora osäkerheter. För röjning anges volymen som avverkas i skogen, men normalt tas ingen biomassa ut vid röjning.



Figur 4. Biomassauttag vid avverkning, gallring och röjning för de olika scenarierna. Notera att vid röjning tar man normalt inte ut någon biomassa från skogen.

För att möjliggöra beräkningar av näringsuttaget redovisades typhalter, det vill säga näringshalter i olika träddelar (stam, bark, grenar, barr och stubbar). Dessa typhalter hämtades från Egnell m.fl. (1998) för stam och bark samt grenar och barr, samt från Hellsten m.fl. (2013) för stubbar.

En kraftig ökning av tillväxten förväntas, framförallt till följd av klimatförändringen, och därför ökar även den potentiella avverkningen. Andra tillväxthöjande åtgärder som också beaktats i SKA-VB 08 är användningen av förädlat plantmaterial och effektiva föryngringsåtgärder. Detta leder till att både tillväxt och avverkning ökar stadigt i samtliga scenarier från 2020 och framåt. Tillväxten förväntas öka med 25 % under en 100-års period. I och med att tillväxten ökar framöver så förväntas således den genomsnittliga åldern vid föryngringsavverkning att sjunka. Exempel: I referensscenariot sjunker genomsnittsåldern från 106 år till 85 år under en 100-årsperiod. Virkesförrådet ökar i alla scenarier, framförallt på hänsynsmark och i reservat (kategori ”annan skogsmark”).

6.5 Gödsling

Gödslingsarealen för konventionellt gödslad skogsmark och BAG-gödslad skogsmark (Behovsanpassad gödsling) hämtades båda från SKA-VB 08 (Figur 3). Vid BAG-gödsling gödslas granbestånden många gånger under omloppstiden (Nordin m.fl., 2009).

Vi valde att anamma nuvarande gödslingsrekommendationer för den konventionella gödslingen i samtliga scenarier, eftersom det är svårt att sja om framtida rekommendationer. Däremot skiljer sig den gödslade arealen i de olika scenarierna. Under framtagandet av scenarierna pågick på Skogsstyrelsen en revidering av gödslingsrekommendationerna, med förslag att tillåta mer gödsling i södra Sverige, vilket kan komma att innebära en ökad gödsling i södra Sverige framöver. Det vanliga gödselmedlet vid konventionell gödsling är Skog-CAN (personlig kommunikation, Lars Högbom, Skogsforsk). För att möjliggöra beräkningen av tillförda näringsämnen vid gödslingen tillämpades näringsinnehåll i gödselmedlet. Siffrorna på Skog-CAN:s innehåll av växtnäring hämtades från Yara AB:s webbplats (www.yara.se) (Tabell 5).

Tabell 5. Näringsinnehåll i det vanligaste gödselmedlet vid konventionell gödsling, Skog-CAN.

Innehåll av växtnäring (viktprocent):	
Totalkväve (N)	27,0
varav nitratkväve (NO ₃ -N)	13,5
Ammoniumkväve (NH ₄ -N)	13,5
Magnesium (Mg)	2,4
Kalcium (Ca)	5,0
Bor (B)	0,2

Behovsanpassad gödsling tillämpas på 1 114 000 ha i enlighet med SKA-VB 08, som tillämpade samma antagande som Kommissionen mot oljeberoende (Anon, 2006), det vill säga att BAG-gödsling kan bedrivas på 5 % av landets produktiva skogsmark (Figur 3). BAG-gödslingen resulterar i en tillväxtökning på runt 5 % efter 20 år.

Gödslingsfrekvens vid BAG-gödsling liksom mängd kväve, fosfor, kalium, magnesium och bor som tillförs specificerades separat för södra, mellersta och norra Sverige (Tabell 6). Detta baserades på erfarenheter från praktiska försök (personlig kommunikation, Johan Bergh, SLU).

Tabell 6. Gödslingsfrekvens och näringsinnehåll i gödselmedel vid BAG-gödsling (personlig kommunikation, Johan Bergh, SLU).

	Omloppstid	Antal givror	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Mg kg/ha	B kg/ha
Götaland	40 år (35-50)	6	125	25	25	10	0.2
Svealand	50 år (40-60)	8	125	18.75	18.75	7.5	0.15
Norrland	60 år (50-70)	10	125	12.5	12.5	5	0.1

6.6 Askåterföring

Data på askåterföring bygger på information från entreprenörer, sammanställt av Skogsstyrelsen (personlig kommunikation, Stefan Anderson, Skogsstyrelsen). Ett medelvärde för 2009-2011 för att representera år 2010 har använts för att reducera effekten av mellanårsvariationer. För 2020-2100 finns inga bedömningar av hur arealen askåterföring kommer att förändras. Många faktorer spelar in: ekonomi, andra användningsområden för aska, tillgång på aska, lagar och regler. Det är därför svårt att förutspå en trolig utveckling, och askåterföringsscenarierna bygger på grova antaganden. Dessa siffror är således behäftade med stora osäkerheter. Fram till 2020 har askåterföringen antagits öka i samma takt som mellan 2000 och 2011, och därefter har kvoten mellan areal askåterföring och areal GROT-uttag antagits vara konstant (Figur 3).

Regressionen på askåterföringens utveckling 2000-2011 kan enbart göras nationellt. Uppdelningen på län har gjorts med grundantagandet att askan läggs där den behövs. Detta har tagits från beräkningar av skogsbrukets försurningspåverkan (ett nytt indikatorförslag till *Bara Naturlig Försurning*). Från indikatorberäkningarna finns länsvisa arealer på skogsmark med GROT-uttag och överskridande av kritiskt uttag. Länsvisa arealer har summerats till en nationell areal, därefter har varje läns andel av den totala arealen beräknats. Om ett län har X % av arealen med GROT-uttag och överskridande får det också X % av arealen askåterföring. Samma länsvisa kvoter för askåterföring/GROT som för BUS har använts för MBR och HBR.

Det finns data på hur mycket aska som faktiskt tillfördes 2010 men dessa data bedömdes vara för osäkra för att användas och dessutom är det inte rimligt att anta att de skillnader mellan län som finns i dag ska finnas även framöver. Således valdes att uppskatta mängden tillförd aska utifrån Skogsstyrelsens rekommendationer. Enligt SKS rekommendationer (Meddelande 2:2008) ska maximum 2 ton aska per hektar tillföras om SI < G23 och maximum 3 ton annars. Länsvisa siffror (2 eller 3 ton) angavs

utifrån detta, baserat på om $SI < 23$ var dominerande eller inte. För två län var det ganska jämnt (60-40), då sattes 2,5 ton (Tabell 7).

Tabell 7. Mängd tillförd aska (ton/ha) fördelat på länsnivå.

Län	Mängd tillförd aska (ton/ha)
Stockholms	3.0
Uppsala	3.0
Södermanlands	3.0
Östergötlands	3.0
Jönköpings	3.0
Kronobergs	3.0
Kalmar	3.0
Gotlands	3.0
Blekinge	3.0
Skåne	3.0
Hallands	3.0
Västra Götalands	3.0
Värmlands	3.0
Örebro	3.0
Västmanlands	3.0
Dalarnas	2.5
Gävleborgs	2.5
Västernorrlands	2.0
Jämtlands	2.0
Västerbotten	2.0
Norrbottnens	2.0

Tabell 8. Halter i aska.

Källa: Nilsson & Steenari (1996).

Element	vikt% av TS
Ca	17
Mg	1.9
K	4.2
P	0.9
Na	0.7

Askan antas ha en linjär upplösningstakt under 15 år. Detta baseras på Skogsstyrelsens rekommendationer (Meddelande 2:2008) som säger att askprodukten ska lösas upp under en period av 5 - 25 år i fält. Upplösningstakten varierar mycket beroende på sammansättning. Det är känt att kalium löses upp snabbare, men det bedömdes att detta inte är en kritisk parameter för CLEO-modelleringen så ett grovt värde på 15 år användes rakt av.

Halter i aska varierar mycket beroende på ursprung. Här har medianvärden från en sammanställning av Nilsson och Steenari (1996) använts (Tabell 8).

6.7 Kalkning

Försök har visat att skogsmarkskalkning inte gett avsedd effekt (Naturvårdsverket, 2011). Således rekommenderar Skogsstyrelsen idag ingen storskalig verksamhet av skogsmarkskalkning och vi antar att skogsmarkskalkning inte kommer att förekomma framöver.

7 Hur skogsbruket förändras över tiden

Sammanfattningsvis visar samtliga scenarier på ett intensifierat skogsbruk i framtiden, med ett högre biomassauttag från skogen, både med avseende på stammar, GROT och stubbar, mer gödsling av skogsmarken och ökad askåterföring. Den produktiva skogsmarksarealen förväntas dessutom öka i HBR-scenariet i och med beskogning av åkermark.

Scenarierna visar att trädslagsfördelningen ändras under 100-årsperioden, med en ökad andel gran i södra Sverige, på bekostnad av tall, och omvänt i norra Sverige, det vill säga mer tall på bekostnad av gran. Lövträdsandelen förväntas öka något under de kommande 100 åren.

Tillväxthöjande åtgärder, men framförallt klimatförändringen, leder till att både tillväxt och avverkning ökar i samtliga scenarier från 2020 och framåt. Stamuttaget vid avverkning (ton torrsbstans) förväntas öka med 45 % i BUS, 62 % i MBR och 70 % i HBR från 2010-2110. Arealerna för markberedning, röjning, gallring, slutavverkning och GROT-uttag ökar i samtliga scenarier över 100-årsperioden. Även arealen för stubbuttag ökar över tiden i MBR och HBR-scenarierna. Eftersom även arealen för askåterföring ökar i samtliga scenarier, skulle detta kunna kompensera för de ökade näringsförlusterna vid ett framtida högre biomassauttag från skogen.

När det gäller gödsling, förväntas arealen för konventionell gödsling öka i BUS-scenariet, som representerar utvecklingen framåt i tiden av dagens skogsbruk. Däremot minskar den konventionella gödslingen i de övriga scenarierna, eftersom man istället går över till BAG-gödsling. Det är oklart vilka konsekvenser detta kan komma att få på försurning och övergödning.

Det är troligt att skador på skog, såsom stormskador och insektsangrepp, kommer att öka i framtiden till följd av klimatförändringarna. Dessa effekter har dock inte beaktats i scenarierna.

8 Diskussion

Under arbetets gång framkom det frågor angående resultaten i scenarierna baserade på SKA VB-08:s beräkningar. Här sammanfattas svaren på några av dessa frågor.

De utgallrade mängderna (1000-tals ton torrsbstans) förändras väldigt kraftigt i MBR och HBR scenarierna. De ökar med, i genomsnitt över hela perioden 2010-2110, mer än 100 % i vissa län (GROT-uttag är inte inkluderat i dessa siffror). Detsamma ser ut att gälla för avverkade mängder torrsbstans. Förändringen är framförallt kraftig i Norrland och en förklaring till detta är åldersfördelningen på träden, särskilt i Norrlands inland (personlig kommunikation, Anders Lundström, SLU). Ytterligare en förklaring är de prioriteringsfunktioner man använt inom SKA VB-08, det vill säga hur skogsbruket förändras under tidens gång. Vilka faktorer och prioriteringsfunktioner som leder till detta resultat är i dagsläget oklart, men olika orsaker kommer att undersökas i samband med de nya SKA-VB 15-scenarierna.

Avverkningen är ibland lägre i MBR än i BUS. Detta beror på att MBR-scenariot inte bara speglar en ökad produktion (jämfört med idag), utan även hårdare miljökrav, vilket gör att vissa parametrar kan bli lägre i MBR än i BUS. I vissa fall har vi även sett

att HBR har lägre värden än i BUS för vissa områden (exempelvis stamvedsuttag vid gallring i området BDL). I detta fall är förklaringen att SKA VB-08 använt olika prioriteringsfunktioner, exempelvis antar man att man gallrar mindre och röjer mer i produktionsscenarioet, vilket påverkar gallringssuttaget jämfört med dagens skogsbruk (så att man får ett lägre uttag vid gallring, och att man istället röjer mer).

Vi har antagit att blädningsbruk (det vill säga att skogen är fullskiktad efter avverkning och innehåller alla storleksklasser på träd) inte sker under de närmsta 100 åren. I scenarierna redovisas röjningsmängden i sin helhet. Det har inte bedömts som relevant att dela upp röjningsmängderna på GROT och stam, eftersom man idag lämnar allt röjt material i skogen och inte plockar ut det.

En begränsning med scenarierna är att klimateffekten är inbakad i samtliga scenarier. Detta gör att det inte är möjligt att särskilja effekten av klimatförändringarna från skogsbruksscenarierna. Detta försvårar möjligheten att exempelvis relatera resultaten av enbart det förändrade skogsbrukets påverkan på ytvatten. Det hade således varit önskvärt med ett scenario utan klimatförändringar. Eftersom det i nuläget inte är genomförbart att särskilja klimateffekten och skogsbruksåtgärderna från de tillgängliga resultaten från SKA-VB 08, har detta inte varit möjligt i denna rapport.

Ytterligare en begränsning med scenarierna är att skador på skog, såsom stormskador och insektsangrepp, inte har beaktats. Det är troligt att dessa skador kommer att öka i framtiden till följd av klimatförändringarna. Dessa framtida skogsskador är svåra att bedöma, och för närvarande pågår ett omfattande arbete med att försöka integrera effekterna av dessa skador på skog i SKA-VB:s kommande scenarier (personlig kommunikation, Anders Lundström, SLU). Likaså vore det värdefullt med information om areal dikesrensad skog, samt areal körskadad skog. Inte heller dess data har inkluderats i de nuvarande scenarierna eftersom denna information varit mycket svår att komma över.

9 Tillämpning av skogsbruksscenarierna

De utvecklade skogsscenarierna och tillhörande information ligger till grund för beräkningar av ämnesbalansberäkningar för olika skogsbruksscenarier inom CLEO-projektet, avseende upptag och tillförsel av näringsämnen (N, P) och baskatjoner (Ca, K, Mg). Ämnesbalansberäkningarna används därefter som grund för bedömning av långsiktig påverkan på markens förråd och läckage av dessa ämnen eller som ingångsdata för process- och transportmodeller.

Tack

Projektet bekostades av Naturvårdsverket. Ett stort tack till Anders Lundström, SLU i Umeå, för din stora hjälp med att ta fram data från SKA-VB 08.

Referenser

Anon. (2006): på väg mot ett oljefritt Sverige. slutrapport från Kommissionen mot oljeberoende. Regeringskansliet.

Egnell, G., Nohrstedt, H.Ö., Weslien, J., Westling, O. & Örlander, G. (1998): Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel, och övrig näringskompensation, Skogsstyrelsen.

Hansson, L., Rappe George, M. & Gärdenäs, A. (2014): Markberedning i svenskt skogsbruk nu och i framtiden med fokus på miljökonsekvenser – Litteraturstudie och expertintervjuer med Skogsstyrelsen och Skogsforsk, CLEO-rapport, Institutionen för Mark och Miljö, SLU.

Hellsten, S., Helmisaari, H.-S., Melin, Y., Skovsgaard, J.P., Kaakinen, S., Kukkola, M., Saarsalmi, A., Petersson, H. & Akselsson, C. (2013): Nutrient concentrations in stumps and coarse roots of Norway spruce, Scots pine and silver birch in Sweden, Finland and Denmark. *Forest Ecology and Management* 290, 40-48.

Naturvårdsverket (2011): Nationell plan för kalkning 2011-2015, Naturvårdsverkets Rapport 6449.

Nilsson, C. och Steenari, B-M. (1996): Karaktärisering och behandling av träaska – Askåterföring till skogsmark, NUTEK, Stockholm, rapport R 1996:15

Nordin, A., Bergström, A.-K., Granberg, G., Grip, H., Gustafsson, D., Gärdenäs, A., Hyvönen-Olsson, R., Jansson, P.-E., Laudon, H., Nilsson, M.B., Svensson, M. och Öquist, M. (2009): Effekter av ett intensivare skogsbruk på skogslandskapets mark, vatten och växthusgaser. Faktaunderlag till MINT-utredningen. SLU, Rapport. ISBN 978-91-86197-46-9.

Nurmi, J. (2007): Recovery of logging residues for energy from spruce (*Picea abies*) dominated stands. *Biomass and Bioenergy* 31, 375-380.

Skogsstyrelsen (2007): Allmänna råden om gödsling, Meddelande 2:2007.

Skogsstyrelsen (2008a): Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08, Rapport 25:2008.

Skogsstyrelsen (2008b): Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring, Meddelande 2:2008.

Skogsstyrelsen (2013): Skogsstatistisk årsbok 2013 – Swedish statistical Yearbook of Forestry, ISSN 0491-7847, ISBN 978-91-87535-01-7.

CLEO

Climate Change and Environmental Objectives

IVL Svenska
Miljöinstitutet

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90
www.ivl.se