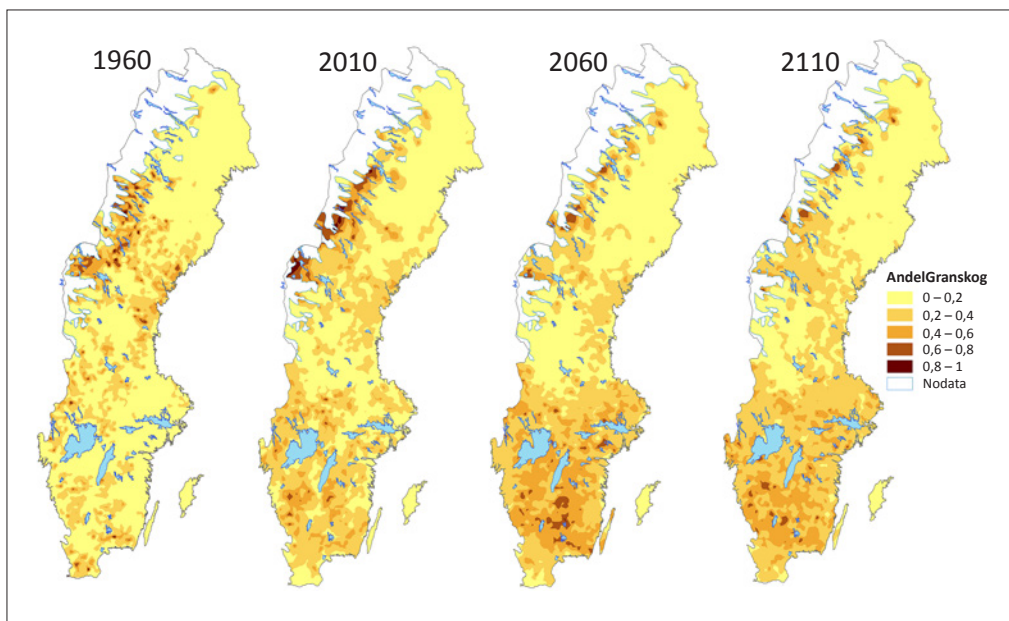


Skogliga konsekvensanalyser 2015 – SKA 15



Svante Claesson, Karl Duvemo, Anders Lundström, Per-Erik Wikberg

© Skogsstyrelsen, oktober 2015

Författare

Svante Claesson, Skogsstyrelsen
Karl Duvemo, Skogsstyrelsen
Anders Lundström, SLU
Per-Erik Wikberg, SLU

Projektledare

Svante Claesson, Skogsstyrelsen

Projektgrupp

Karl Duvemo, Skogsstyrelsen
Andreas Eriksson, Skogsstyrelsen
Hillivi Eriksson, Skogsstyrelsen
Magnus Fridh, Skogsstyrelsen
Clas Fries, Skogsstyrelsen
Anders Lundström, SLU
Per-Erik Wikberg, SLU

Grafisk produktion

Annika Fong Ekstrand

Upplaga

Finns endast som pdf-fil för egen utskrift

Best nr

1873

Skogsstyrelsens böcker och broschyrer
551 83 Jönköping

Innehåll

Förord	5
Sammanfattning	6
Bakgrund	6
Beräkningsförutsättningar	6
Scenarier	7
Huvudresultat	8
1 Bakgrund	10
1.1 Bakgrund	10
1.2 Tidigare undersökningar	10
2 Förutsättningar	15
2.1 Allmänna förutsättningar	15
2.1.1 Förklaring av använda begrepp	16
2.1.2 Dataunderlag om skogstillståndet	18
2.1.3 Geografisk indelning, markanvändnings- och ägarklasser	18
2.1.4 Dataunderlag om skogens skötsel	19
2.1.5 Om utsläppscenarier och val gjorda i SKA 15	20
2.1.6 Beräkningsverktyget Heureka RegVis	22
2.1.7 Utveckling av beräkningsverktyget Heureka RegVis	24
2.2 Om avverkningen i scenarierna	26
2.3 Beskrivning av scenarierna	27
2.3.1 Dagens skogsbruk	28
2.3.2 Dagens skogsbruk – avverkning 90 procent av nettotillväxten (90 procent avverkning)	36
2.3.3 Dagens skogsbruk – avverkning 110 procent av potentiell avverkning (110 procent avverkning)	37
2.3.4 Dubbla naturvårdsarealer	37
2.3.5 Utan klimatförändring	38
2.3.6 Klimatförändring RCP8,5	38
2.4 Beräkningsresultat	38
2.4.1 Skogstillstånd, tillväxt, naturlig avgång, avverkning och skogsvård	39
2.4.2 Primära skogsbränslen	40
2.4.3 Miljövariabler	40
3 Resultat	42
3.1 Klimatets påverkan på tillväxten	42
3.2 Tillväxt, naturlig avgång, avverkning och förändring av virkesförrådet	44
3.2.1 Virkesproduktionsmark	46
3.2.2 Mark undantagen från skogsbruk	48
3.3 Avverkning i scenarierna	50
3.3.1 Stormsimuleringens effekt på avverkningen	55
3.3.2 Vad begränsar avverkningen i scenariot 110 procent avverkning?	57
3.4 Skogstillstånd	59
3.4.1 Virkesförråd	60

3.4.2 Åldersstruktur	63
3.4.3 Skogstyper	67
3.4.4 Miljömålsvariabler	68
4 Diskussion	74
4.1 Osäkerhet i beräkningarna och modellrestriktioner	74
4.2 Val av och utformning av scenarierna	77
4.3 Jämförelse med tidigare studier	79
5 Slutsatser	84
Litteratur/källförteckning	90
Bilagor	96
Bilaga 1 – Kartor	96
Bilaga 2 – Beräkning av mängder grot	99
Bilaga 3 – Beräkning av mängder stubbar	100

Förord

Hållbar utveckling är ett övergripande mål inom EU och för den svenska regeringens politik, inskrivet i regeringsformen sedan 2003. Hållbar utveckling innebär bland annat att politiska beslut ska utformas som balanserat beaktar de ekonomiska, miljömässiga och sociala konsekvenserna i ett längre tidsperspektiv.

Inom skogssektorn finns en lång tradition av att studera hållbarhet med hjälp av skogliga konsekvensanalyser (SKA) och virkesbalanser (VB). SKA genomförs för att strategiskt studera konsekvenser av olika scenarier, i avvägningen mellan produktion respektive miljö och andra intressen. I VB analyseras och jämförs faktisk avverkning, virkestillförsel, virkesanvändning och potentiell avverkning.

Skogsstyrelsen fann 2013 goda motiv för en ny studie. Arbetet har utförts i form av projektet SKA 15, Skogliga konsekvensanalyser 2015. Studien inkluderar att analysera den nuvarande och förväntade framtida virkesbalansen i olika delar av landet. Analysen ska möjliggöra efterföljande djupare analyser av ekonomiska, ekologiska och sociala konsekvenser och värdering av olika scenariers hållbarhet inklusive sårbarhet. Vidare ska arbetet resultera i underlag för strategiska övervägande och beslut om skötsel och nyttjande av skogsresurserna.

De skogliga konsekvensanalyserna är genomförda i nära samarbete med Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. De avrapporteras i form av tre rapporter, dels en huvudrapport (Claesson m.fl. 2015), dels en rapport där olika miljöeffekter särskilt studerats (Eriksson m.fl. 2015a) och slutligen en rapport där klimateffekter avrapporteras (Eriksson m.fl. 2015b). Rapporterna ingår i Skogsstyrelsens rapportserie där författarna står för innehållet. Detta innebär att rapporterna inte i alla delar beskriver Skogsstyrelsens officiella syn. Rundvirke- och skogsbränslebalanserna har genomförts av Skogsstyrelsen och avrapporteras som ett meddelande från Skogsstyrelsen och innehåller därmed ställningstaganden från myndigheten (Skogsstyrelsen 2015a).

En nyhet är att även den framtida globala efterfrågesituationen och tillgången på skogsråvara analyseras för att ge en uppfattning om vilken efterfråge- och utbudssituation som svensk skogssektor kan tänkas möta i framtiden. Denna analys rapporteras separat (Duvemo m.fl. 2015).

Dialog och förankringsarbete har varit mycket betydelsefullt för projektet. Detta har främst skett genom den externa referensgruppen och genom styrgruppen. Ett varmt tack riktas till alla medarbetare och andra involverade för stora arbetsinsatser och värdefulla bidrag.

Det är vår förhoppning att resultaten kommer till god nytta vid fortsatta djupare analyser av hållbarhet liksom för olika organisationer vid strategiska överväganden och beslut.

Jönköping i september 2015

Peter Blombäck
Enhetschef, Skogsstyrelsen

Sammanfattning

Bakgrund

Skogsstyrelsen har i samarbete med SLU med jämna mellanrum genomfört så kallade skogliga konsekvensanalyser (SKA). I de skogliga konsekvensanalyserna beräknas ett antal scenarier med olika inriktning på skogens skötsel och i miljöarbetet för att belysa den framtida virkestillgången och det framtida skogstillståndet. I samband med SKA genomför Skogsstyrelsen vanligtvis en virkesbalansstudie där nuvarande virkesförbrukning ställs mot tillgången i form av den potentiella avverkningsnivån.

Inom SKA 15 har ett antal scenarier beräknats, vilka avrapporteras i denna rapport. En fördjupning av metoder och resultaten när det gäller klimatrelaterade frågor finns i Eriksson m.fl. (2015b) och en fördjupning av resultaten när det gäller miljövariabler finns i Eriksson m.fl. (2015a), varför dessa frågor avrapporteras mer översiktligt här. Även virkesbalanser för 2013 är sammanställda. Dessa finns avrapporterade i meddelande 3/2015 (Skogsstyrelsen 2015a).

Beräkningsförutsättningar

Dessa scenarioanalyser är beräknade i Heureka-systemets programvarukomponent RegVis. RegVis är ett program innehållande ett stort antal modeller, med vilka det är möjligt att skriva fram ett skogstillstånd. RegVis ger utöver ett nytt skogstillstånd även skattningar av den potentiella avverkningen. Framskrivningen av scenarierna i SKA 15 utgår från skogstillståndet 2010, baserat på Riksskogstaxeringens provytor från åren 2008–2012. Beräkningarna avser all produktiv skogsmark, inklusive produktiv skogsmark inom formella skydd. Scenarierna är beräknade för perioden 2010–2109.

För att kunna genomföra dessa scenarioanalyser har en del kompletteringar genomförts i RegVis. Den viktigaste förändringen är att en stormmodell utvecklats och implementerats i RegVis. Stormmodellen skapar storskaliga stormfällningar utifrån ett historiskt mönster. Vidare har effekterna på trädens tillväxt beräknats för nya klimatscenarier.

Konsekvensberäkningarna i SKA 15 har gjorts uteslutande som scenarier, det vill säga tänkbara utvecklingar utifrån ett givet utgångsläge. Inte i något fall rör det sig om prognoser, det vill säga utvecklingar som i någon mening bedömts som mer eller mindre troliga.

Scenarierna är utformade utifrån nuvarande skogsvård och markanvändning. För att kunna göra det har ett stort antal datakällor använts. Utöver Riksskogstaxeringen är de viktigaste Skogsstyrelsens uppföljningar av miljöhänsyn vid föryngringsavverkning, återväxtresultat och frivilliga avsättningar. Underlag har även tillhandahållits av skogsbruket, som till exempel information om de frivilliga avsättningarnas geografiska position, andel som avses skötas med naturvårdande skötsel med mera.

Scenarierna är beräknade för län, eller delar av län, uppdelat i ägarkategorierna enskilda ägare och övriga ägare. Beräkningarna är även uppdelade i de fyra markanvändningsklasserna reservat (innehåller alla formella skydd), frivilliga avsättningar, hänsynsytor och virkesproduktionsmark (all produktiv skogsmark som inte ingår i någon av de övriga klasserna).

Scenarier

I SKA 15 beräknas och analyseras 6 nationella scenarier. Ett scenario, *Dagens skogsbruk*, avser att spegla en utveckling där skogen används och sköts så som den gjort de senaste åren. Övriga scenarier speglar alternativa utvecklingar där någon eller några förutsättningar förändrats relativt *Dagens skogsbruk*.

Dagens skogsbruk

Scenariot beskriver utvecklingen förutsatt nuvarande (cirka 2008–2013) inriktning och ambitionsnivå i skogsskötseln och observerat avverkningsbeteende. Arealindelning i markanvändningsklasser görs baserat på senaste observerade faktiska situation. I beräkningarna antas en förändring av klimatet motsvarande utsläppscenario RCP4,5. Klimatförändringen i sin tur påverkar trädens tillväxt. Någon påverkan av klimatförändringar på risken för skador ingår inte i scenarierna. Avverkningen betecknas *potentiell avverkning* och är så hög som möjligt utan att den efterföljande avverkningen nämnvärt behöver minska, vilket innebär att den är lika hög som nettotillväxten i skogen på virkesproduktionsmark. Detta scenario motsvarar scenariot *90-talets skogsbruk* i SKA 99 och *Referensscenariot* i SKA-VB 08.

Dagens skogsbruk – avverkning 90 procent av nettotillväxten (90 procent avverkning)

Skötsel, indelning i markanvändningsklasser och övriga allmänna förutsättningar är samma som i scenariot *Dagens skogsbruk*. I scenariot sker en avverkning som är 90 procent av nettotillväxten i skogen på virkesproduktionsmark.

Dagens skogsbruk – avverkning 110 procent av nettotillväxten (110 procent avverkning)

Skötsel, indelning i markanvändningsklasser och övriga allmänna förutsättningar är samma som i scenariot *Dagens skogsbruk*. I scenariot sker en avverkning som är 110 procent av nettotillväxten i skogen på virkesproduktionsmark.

Dubbla naturvårdsarealer

I detta scenario simuleras skogens utveckling givet att arealerna reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor vid avverkning fördubblas. Den tillkommande arealen placeras ut per beräkningsområde så att naturvårdsarealernas andel av den totala produktiva skogsmarken blir lika stor i alla beräkningsområden. Urvalet görs genom att summera förekomsten av ett antal variabler som indikatorer för biologisk mångfald, där ytor med högst värde väljs till avsedd areal är nådd.

Utan klimatförändring

Skötsel, indelning i markanvändningsklasser och övriga allmänna förutsättningar är samma som i scenariot *Dagens skogsbruk*. I scenariot finns dock ingen effekt på trädens tillväxt på grund av ett förändrat klimat. Scenariot syftar till att man tillsammans med scenarierna *Dagens skogsbruk* och *Klimatförändring RCP8,5* ska kunna studera klimatförändringarnas betydelse för resultaten från scenarierna.

Klimatförändring RCP8,5

Skötsel, indelning i markanvändningsklasser och övriga allmänna förutsättningar är samma som i scenariot *Dagens skogsbruk*. I scenariot förutsätts dock en förändring av klimatet motsvarande utsläppsscenario RCP8,5. Scenariot syftar till att man tillsammans med scenarierna *Dagens skogsbruk* och *Utan klimatförändringar* ska kunna studera klimatförändringarnas betydelse för resultaten från scenarierna.

Huvudresultat

Den största osäkerheten i scenarioräkningarna är storleken på den tillväxthöjande effekten av ett förändrat klimat som ligger med i scenarierna. Tillväxteffekten baserar sig på utsläppsscenarioer som sedan i flera steg via modeller omvandlats till en påverkan på skogens tillväxt. Det utsläppsscenario som ligger till grund för den tillväxthöjande effekten i *Dagens skogsbruk*, RCP4,5, leder enligt de meteorologiska beräkningarna i medeltal till en ökning av den globala medeltemperaturen på 2 grader. I scenariot *Dagens skogsbruk* har efter 100 år denna klimatförändring lett till en ökning av tillväxten på 21 procent.

Bruttotillväxten på all produktiv skogsmark är i scenariot *Dagens skogsbruk* 116 miljoner m³sk/år under perioden 2010–2019. 90 procent eller 100 miljoner m³sk/år är tillväxt som sker i skog på virkesproduktionsmark, medan den naturliga avgången är 9 miljoner m³sk/år, vilket ger en nettotillväxt i skog på virkesproduktionsmark på cirka 91 miljoner m³sk/år. Tillväxten ökar succesivt under de 100 år som beräkningarna avser, framför allt på grund av klimatförändringarna, till 152 miljoner m³sk/år på all produktiv skogsmark.

I scenarierna *Dagens skogsbruk* och *Dubbla naturvårdsarealer* är avverkningen bestämd till att vara lika stor som nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark, vi kallar denna avverkningsnivå för potentiell avverkning. Härav följer att den potentiella avverkningen i *Dagens skogsbruk* under perioden 2010–2019 är 91 miljoner m³sk/år och att den ökar succesivt i takt med att nettotillväxten ökar, till 120 miljoner m³sk/år under perioden 2100–2110.

I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* har 3,7 miljoner hektar ytterligare undantagits från skogsbruk. Bruttotillväxten på all produktiv skogsmark är under 2010–2019 i samma storleksordning som i *Dagens skogsbruk*, men enbart 82 miljoner m³sk/år sker i skog på virkesproduktionsmark. Det här gör att den potentiella avverkningen är betydligt lägre än i *Dagens skogsbruk*, 78 miljoner m³sk/år.

I scenariot *110 procent avverkning* är ambitionen att avverka 110 procent av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark. Det här göra att avverkningen under första tioårsperioden är betydligt högre än i *Dagens skogsbruk*, 99 miljoner m³sk/år. Den höga

avverkningsnivån gör dock att skog i avverkningsbara åldrar snabbt minskar vilket begränsar avverkningsnivån succesivt. Efter 50 år är avverkningen i *110 procent avverkning* på samma nivå som i *Dagens skogsbruk*.

I scenariot *90 procent avverkning* är ambitionen att avverka 90 procent av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark, vilket under perioden 2010–2019 motsvarar 82 miljoner m³sk/år. Succesivt ökar nettotillväxten mer än i *Dagens skogsbruk*, på grund av den lägre avverkningsnivån, vilket leder till att avverkningen närmar sig den i *Dagens skogsbruk*.

I skog på mark undantagen från skogsbruk ökar tillväxten, i alla scenarier, succesivt under de första 50 åren för att därefter succesivt avta under resten av 100-årsperioden. Under de första 50 åren leder den största delen av tillväxten till att virkesförrådet av levande träd ökar. Under den andra halvan av 100-årsperioden avgår dock majoriteten av tillväxten som naturlig avgång, vilket kommer leda till mycket stora mängder med död ved. Sammantaget innebär det här att virkesförrådet av levande träd ökar från cirka 150 m³sk/ha till 300–440 m³sk/ha under 100-årsperioden.

Den höga avverkningsnivån i scenarierna, mellan 90 till 110 procent av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark, driver ner den genomsnittliga åldern vid föryngringsavverkning från 100–120 år till 60–80 år, beroende på scenarie, under 100-årsperioden. Det här sänker åldern på skogen inom virkesproduktionsmarken i samtliga scenarier, så att 97 procent i scenariot *Dagens skogsbruk* är under 80 år efter 100 år. Samtidigt blir skog på mark undantagen från skogsbruk succesivt äldre i samtliga scenarier. I scenariot *Dagens skogsbruk* är 83 procent av mark undantagen från skogsbruk över 100 år i slutet av beräkningsperioden. Att inte all skog på marken undantagen från skogsbruk är över 100 år beror på stormfällningar.

Dagens val av föryngringsmetoder och val av trädslag vid föryngring leder till förändringar i fördelningen på olika skogstyper. Mest markant är ökningen av andelen granskog i Götaland, som ökar från 30 procent av all produktiv skogsmark till 40 procent av all produktiv skogsmark, i scenariot *Dagens skogsbruk*.

Arealen gammal skog ökar i samtliga scenarier, ökningen är måttlig i scenarierna *Dagens skogsbruk*, *90 procent avverkning* och *110 procent avverkning*. Från 8 procent till 12–15 procent av all produktiv skogsmark, beroende på scenario. I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* ökar dock andelen gammal skog mer markant, från 8 till 25 procent. Ökningen sker uteslutande i skog på mark undantagen från skogsbruk.

Arealen äldre lövrik skog ökar även den i samtliga scenarier, från 9 procent till 12–14 procent av all produktiv skogsmark. När det gäller äldre lövrik skog utmärker sig inte scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* på samma sätt som när det gäller gammal skog. Arealen äldre lövrik skog ökar i hänsynsytor och inom virkesproduktionsmark medan den minskar i reservat och frivilliga avsättningar. Den största delen av ökningen sker inom virkesproduktionsmark.

I kapitel 4 drar rapportförfattarna en del slutsatser baserat på dessa resultat.

1 Bakgrund

1.1 Bakgrund

Skogspolitiska beslut bör baseras på strategiska, tillförlitliga faktaunderlag. Detta är huvudmotivet till Sveriges långa tradition av riksskogstaxeringar och skogliga konsekvensanalyser, SKA. Den första Riksskogstaxeringen 1923–1929 utgjorde grund för Jonson-Modins beräkningar av möjlig avverkning 1933. Denna tradition har under 1900-talet bidragit till ökade investeringar i skogsskötsel och i utbyggd skogsindustri, till gagn för samhällsekonomin.

Frågan om tryggad virkesförsörjning har senare vidgats till hållbart brukande ur såväl ekonomisk, ekologisk som social dimension. Detta har medfört att även SKA har vidgats, främst genom att olika miljöaspekter börjat belysas.

Sedan 1960-talet har landsomfattande skogliga konsekvensanalyser genomförts med 5–10 års intervall. SKA 99 (Thuresson m.fl. 2000) var ambitiös då en rad utvalda, skogspolitiskt intressanta frågor studerades. I samband med analys av stormen Gudrun gjordes konsekvensanalyser för södra Sverige (Skogsstyrelsen 2006). Skogsstyrelsen fick i regleringsbrevet för år 2007 i uppdrag att efter samråd med berörda myndigheter, skogsnäring, energisektor och andra intressenter utföra nya beräkningar. Det resulterade i Skogliga konsekvensanalyser och virkesbalanser 2008, SKA-VB 08 (Claesson m.fl. 2008).

Förutom en sedan länge vedertagen beskrivning av virkesresursen utveckling (avverkningspotential) så används SKA-VB 08 resultaten i arbetet med klimatrapporering och förhandlingar (SLU 2009), beskrivning av skogens klimateffekter (Naturvårdsverket 2012), miljöbeskrivningar, och biobränslepotential med mera. Det är en stor fördel att det finns en känd och allmänt accepterad grund för dessa olika utvecklade användningsområden – en grund som SKA-VB 08 hittills har utgjort.

Resultaten från SKA-VB 08 används fortfarande i nu pågående projekt och processer men underlagets avtagande aktualitet är ett problem. I flera nu pågående utredningar, till exempel om skogens klimatnytta respektive om skogliga miljöanalyser vid SLU och Artdatabanken övervägde man att göra egna scenarioanalyser. Man har ansett att underlaget från SKA-VB 08 är för gammalt och man efterfrågar den utökade funktionalitet som beräkningar med det nya verktyget Heureka RegVis kan ge. I båda de nämnda fallen efterfrågas grundscenarier från SKA-projekt att utgå ifrån, det vill säga väl genomarbetade, förankrade och kommunicerade scenarier.

Skogsstyrelsen beslutade därför under 2013 att genomföra ett nytt SKA projekt.

1.2 Tidigare undersökningar

Skogliga konsekvensanalyser, eller avverkningsberäkningar som de har kallats tidigare, har tillsammans med på dessa analyser baserade virkesbalansstudier under åtminstone

150 års tid utgjort viktiga underlag för beslut som rör skogarnas nyttjande och skötsel samt skogsindustrins utveckling. På senare år har också skogarnas möjliga bidrag till att mildra klimatproblemen blivit allt mer betydelsefulla. Besluten tas både inom offentlig och privat sektor. Genomgripande förändringar av skogspolitiken brukar föregås av sådana konsekvensanalyser. Inom den privata sektorn har analyserna stor betydelse vid till exempel investeringar i skogsindustrin och energisektorn men även vid val av skogs-skötselstrategier.

Bytet av benämning från avverkningsberäkning till skoglig konsekvensanalys beror på att analyserna i dag innefattar fler aspekter på skogarnas nyttjande än virkesproduktion och den potentiella framtida avverkningen.

I detta avsnitt nämns flertalet av analyser som genomförts genom åren.

Den första kända nationella konsekvensanalysen och virkesbalansen gjordes av Israel af Ström i mitten av 1800-talet och har återgivits av Agardh & Ljungberg (1857). Den omfattade hela landet med undantag av ”oåtkomlig” skog i de ”norra provinserne” och ”skoglösa fält” i Skåne, Halland och Småland. Skogsarealen uppgick då till 12,8 miljoner hektar. Den potentiella årliga tillgången på virke uppskattades av af Ström till 5,7 miljoner famnar, vilket motsvarar 15 miljoner kubikmeter. Förbrukningen bedömdes vara 7,4 miljoner famnar eller 19 miljoner kubikmeter. Virkesbalansen var således klart negativ. af Ström förutspådde givetvis en framtida katastrofal brist på skog, speciellt som befolkningstillväxten hade börjat ta fart.

Nästa milstolpe blev Jonson & Modins (Anon 1933) avverkningsberäkning. De beräknade den avverkningskvantitet som borde kunna tas ut under de närmast kommande 10–20 åren. För beskrivning av utgångsläget användes den första rikstäckande, objektiva uppskattningen av Sveriges skogstillgångar, Riksskogstaxeringen 1923–1929 (Anon 1932). Alla efterföljande beräkningar på riksnivå och regional nivå har använt Riksskogstaxeringens material för beskrivning av det aktuella skogstillståndet. Jonson & Modin kom fram till att det fanns en potential att avverka cirka 58 miljoner skogskubikmeter årligen om skogsvården var god och avverkningspolitiken i stort var oförändrad.

Jonson & Modin arbetade vidare med avverkningsberäkningar och presenterade år 1939 en ny men denna gång mer långsiktig beräkning (Anon 1939). Vid denna används för första gången konceptet ”bättre hälften”. Bättre hälften är den skog som med avseende på slutenhet tillhör de översta femtio percentilerna. Dessutom är beräkningen ett gott exempel på en konsekvensanalys. Den svarar nämligen på frågan ”Hur stor blir den potentiella avverkningen i framtiden om all skog har en slutenhet som den bättre hälften?”. Jonson & Modin kom fram till att den omkring 1970 var 70 miljoner skogskubikmeter.

Av stor betydelse för skogsindustrins utveckling i södra Sverige blev ”Skogsforskningsinstitutets beräkning för Södra Sveriges Skogsindustriutredning” (Anon 1956). Den baserades på material från den nya riksskogstaxering som påbörjades 1953. De data som samlades in var bättre än tidigare anpassade till behoven i konsekvensanalyser. Resultatet visade att det fanns en stor outnyttjad avverkningspotential i södra Sverige. Därmed vågade man satsa på en kraftig industriutbyggnad.

Fram till 1970-talet gjordes beräkningarna för en eller några tioårsperioder framåt. Undantag är dock Jonson & Modins beräkning (Anon 1939) och ett försök till en långtidsanalys som gjordes inom Virkesbalansutredningen (Anon 1968). I samband med 1973 års skogsutredning (Anon 1978) introducerades en helt ny modell för avverkningsberäkningar. Med denna modell var det möjligt att analysera avverkningspotentialen och skogens utveckling på lång sikt. Beräkningarna i utredningen omfattade en hundraårsperiod. Man kunde också studera konsekvenserna av olika alternativa skogsproduktionsprogram, som skilde sig åt beträffande till exempel intensiteten i skogsvården och gallringsstrategi. Utredningens alternativ 1 som beskriver det skogsbruk som bedrevs under 1950–1970-talen ger en framtida potentiell avverkning på cirka 75 miljoner skogskubikmeter. Den faktiska avverkningen i mitten av 1970-talet var av samma storleksordning. Det är därför naturligt att den skogspolitik som antogs 1979 innebar en kraftig satsning på produktionshöjande åtgärder. Utan en ökad produktion skulle det inte ha funnits några framtida expansionsmöjligheter för skogsindustrin.

Redan innan skogsutredningens betänkande publicerades påbörjades arbetet med att utveckla ett fullständigt system för skogliga konsekvensberäkningar, det så kallade Hugin-systemet (se exv. Bengtsson m.fl. 1989, Hägglund 1981). Skogens framtida utveckling kunde nu bestämmas på basis av tillväxten för enskilda träd. Därmed var det möjligt att till exempel mer detaljerat ta fram siffror på såväl avverkningens som skogens dimensionssammansättning. Den nya skogen efter förnygringsavverkning samt skogsskötselåtgärderna kunde varieras mer än tidigare. Det nya systemet ”prövades” i den landsomfattande analysen ”Avverkningsberäkning 1985” (Bengtsson m.fl. 1989). Beräkningen visade att avverkningen i alternativet ”Dagens skogspolitik” i jämförelse med skogsutredningens alternativ 1 kunde höjas något på kort sikt och ganska mycket på lång sikt. Skogsstyrelsen grundade en virkesbalansstudie ”Virkesbalanser 1985” (Skogsstyrelsen 1988) på bland annat denna analys. Ett huvudresultat i studien var att det vid 1990-talets mitt skulle bli i stort sett balans mellan virkesbehovet och den potentiella avverkningen.

När regeringen år 1990 beslutade att tillsätta en skogspolitisk kommitté (Anon 1992a) var det naturligt att i samband med dess arbete också genomföra en ny landsomfattande skoglig konsekvensanalys (AVB 92). Hugin-systemet kunde återigen användas. Det visade sig att det gick någorlunda bra att bestämma konsekvenserna av en utökad avsättning av skogsmark liksom av kvarlämnande av evighetsträd vid förnygringsavverkning. Däremot kunde man inte på ett tillräckligt bra sätt studera effekterna av ett skogsbruk med en mera diversifierad skogsskötsel, i vilken till exempel skärmställning och blädning används

AVB 92 gav en betydligt högre potentiell avverkning de närmast kommande decennierna än den närmast föregående beräkningen, AVB 85. Den skogspolitiska kommittén behövde därför inte vara särskilt orolig för att den svenska skogen inte skulle räcka till både ökad avverkning och en förstärkning av naturvården. På längre sikt blev skillnaden mindre. Återigen följdes en landsomfattande konsekvensanalys av en virkesbalansstudie utförd av Skogsstyrelsen. Den fick namnet ”Virkesbalanser 1992” (Skogsstyrelsen 1993).

År 1993 beslutade riksdagen om en ny skogspolitik som bland annat innebar en uttalad balans mellan produktion och miljö. Ungefär vid denna tid hade skogsindustrins produktion och därmed virkesanvändningen och avverkningen börjat att brant stiga. Det fanns därför ett ökande behov av att undersöka sambanden mellan den framtida avverkningspotentialen vid olika alternativ beträffande skogsskötseln och olika miljöambitioner. Den breda konsekvensanalysen ”Skogliga konsekvensanalyser 1999” (Thuresson m.fl. 2000) genomfördes under åren 1998-1999 (SKA 99). Hugin-systemet användes även denna gång och utvecklades ytterligare, inte minst för att förbättra modellerna för miljöåtgärdernas effekter på virkesproduktionen.

Av olika skäl utfördes ingen virkesbalansstudie direkt efter SKA 99. Det visade sig dock redan efter ett par år efter SKA 99 att miljöambitioner blev något större än vad som antogs i scenarierna i denna konsekvensanalys. Skogsstyrelsen gjorde därför en enkel uppföljare till SKA 99 som fick namnet ”Skogliga konsekvensanalyser 2003” (Gustafsson & Hägg 2004). Arbetet omfattade endast ett scenario i vilket förutsättningarna beträffande miljö följde de miljömål som beslutades av riksdagen 2001 och skogsbrukets ambitioner vid denna tidpunkt. Förutsättningarna beträffande virkesproduktionen var desamma som i scenariot ”90-talets skogsbruk” i SKA 99.

Den fortsatta ökningen under de första åren på 2000-talet av avverkningen ledde till att den alltmer närmade sig den potentiella eller som det numera sägs den högsta hållbara avverkningsvolymen. Det blev därför allt mer angeläget att genomföra en ny virkesbalansstudie. Den kallades ”Virkesbalanser för år 2004” men kunde till följd av Skogsstyrelsens analysarbete kring stormen Gudrun inte fullföljas förrän 2007 (Bäcke m.fl. 2007).

Som en följd av de höga avverkningsnivåerna och ett antal viktiga pågående politiska processer runt klimat och miljöpolitiken fick Skogsstyrelsen i 2007 års regleringsbrev i uppdrag att ”..analysera den nuvarande och förväntade framtida virkesbalansen i olika delar av landet...”. Som en följd av regeringsuppdraget startade Skogsstyrelsen projektet SKA-VB 08 som avrapporterades i december 2008. Inom SKA-VB 08 genomfördes scenarioanalyser där 4 nationella scenarier och 6 effektanalyser beräknades (Claesson m.fl. 2008). I de scenarier som beräknades inom SKA-VB 08 togs för första gången hänsyn till framtida effekter av ett förändrat klimat. Inom projektet genomfördes även en rundvirkes- och skogsbränslebalans (Skogsstyrelsen 2008a). En av slutsatserna i virkesbalansstudien var att Skogsstyrelsen bedömde att den högsta hållbara avverkningsnivån för perioden 2010–2019 är 95–100 miljoner m³sk.

Alltsedan oljekrisen på 1970-talet har många potentialberäkningar och balanser för skogsbränsle genomförts både inom forskningen och av myndigheter. En av de första var en utredningen ”Ökad eldning med skogsråvara” (Skogsstyrelsen & Statens industriverk 1980). Ungefär tio år senare lämnade den statliga utredningen Biobränslekommissionen betänkandet ”Biobränslen för framtiden” (Anon 1992b). På uppdrag av Energikommissionen beräknade SLU (Hektor m.fl. 1995) trädbränslepotentialerna på 2000-talet. På senare år har Kommissionen mot oljeberoende (Anon 2006) redovisat en bedömning av de framtida biobränslepotentialerna inklusive skogsbränsle.

Utöver de nämnda utredningarna har potentialberäkningar och balanser för skogsbränsle ingått i flera tidigare skogliga konsekvensanalyser och på dessa baserade virkesbalansstudier. Det gäller till exempel "Avverkningsberäkning 1985" (Bengtsson m.fl. 1989) och "Virkesbalanser 1985" (Skogsstyrelsen 1988), AVB 92 (Anon 1992b) och "Virkesbalanser 1992" (Skogsstyrelsen 1993) samt "Skogliga konsekvensanalyser 2003" (Gustafsson & Hägg 2004), "Virkesbalanser för år 2004" (Bäcke m.fl. 2007) och SKA-VB 08 (Skogsstyrelsen 2008a).

2 Förutsättningar

2.1 Allmänna förutsättningar

Dessa scenarioanalyser är beräknade i Heureka-systemet, i den programvarukomponent som heter RegVis. RegVis beskrivs i kapitel 2.1.5. RegVis är ett program innehållande ett stort antal simuleringsmodeller, med vilka det är möjligt att skriva fram ett skogsstillstånd. RegVis ger utöver ett framtida skogsstillstånd även skattningar av den potentiella avverkningen i framtiden. Resonemang om olika sätt att betrakta den framtida avverkningen i scenarierna finns i kapitel 2.2. Under projektets gång har ett antal förändringar genomförts i RegVis, vilka finns beskrivna i kapitel 2.1.6. En av de större utvecklingarna är att den tillväxthöjande effekten enligt två klimatscenarier implementerats i RegVis. Dessa benämns RCP4,5 och RCP8,5. Denna utvecklingsinsats beskrivs dels kort i kapitel 2.1.6, men valet av klimatscenarier att studera, hur implementeringen är gjord och resultaten av dem finns utförligare beskrivet av Eriksson m.fl. 2015b.

Framskrivningarna utgår från skogsstillståndet 2010, beskrivet av Riksskogstaxeringens provytor från 2008-2012, se kapitel 2.1.2. Beräkningarna avser all produktiv skogsmark, det vill säga inklusive produktiv skogsmark inom formella skydd (nationalparker, naturreservat och så vidare). I dialogen med intressenter framfördes det tidigt önskemål om att beräkningarna skulle avse hela skogsmarken, det vill säga inklusive improduktiv skogsmark, för att fånga utvecklingen i hela skogslandskapet. Tyvärr gick inte det att genomföra eftersom viktiga variabler som behövs för att räkna fram utvecklingen av skogsstillståndet inte samlas in på improduktiv skogsmark i Riksskogstaxeringen.

Beräkningarna är gjorda för 6 stycken scenarier som finns beskrivna i kapitel 2.3. Specifikation av förutsättningar, beräkningarna och resultatpresentationerna är gjorda uppdelat på fyra markanvändningsklasser, två ägarklasser och 27 län- eller länsdelar, se kapitel 2.1.3. I denna rapport presenteras förutsättningar och resultat uppdelat på de fyra markanvändningsklasserna, två ägarklasserna och fyra landsdelar. Kompletta resultat på län- eller länsdelsnivå finns tillgängliga på Skogsstyrelsens hemsida. I kapitel 2.4 finns en detaljerad redovisning över vilka resultat som finns tillgängliga från scenarierna.

Framskrivningarna är gjorda för de kommande 100 åren från år 2010 till år 2109. Resultaten av beräkningarna är ett resultat av skogsstillståndet 2010 och de förutsättningar som gäller för respektive scenario. Förutsättningarna för scenarierna är inte baserad på några prognoser över en trolig utveckling utan de beskriver olika handlingsalternativ. Resultaten ska alltså inte misstas för att vara prognoser som beskriver en sannolik utveckling, utan de är scenarier som beskriver utvecklingen givet ett visst handlande. Inte heller avverkningens storlek ska misstas för att vara prognoser, utan avverkningens storlek liksom storleken på de skogsbränsletillgångar som presenteras, är potentialer givet vissa principer för hushållning av skogsresursen, se kapitel 2.2 och 2.4.

Vidare när det gäller avverkningens storlek är det viktigt att hålla i minnet att beräkningarna avser produktiv skogsmark och att avverkningen avser levande träd. Vid en jämförelse med den totala nettoavverkningen i landet behöver man därför lägga till av-

verkning av döda träd och avverkning på andra ägoslag än produktiv skogsmark (Skogsstyrelsen 2015a).

2.1.1 Förklaring av använda begrepp

Nedan förklaras några begrepp som används frekvent i denna rapport. Bland begreppen förekommer såväl sådana som har en allmänt vedertagen definition som sådana som har ges en specifik betydelse i SKA arbetena.

Beräkningsområde. Används som begrepp för de den minsta geografiska enhet för vilken beräkningar görs. Det är följaktligen den minsta geografiska enhet för vilken resultat kan redovisas. Beräkningsområdena utgörs huvudsakligen av län men i vissa fall av länsdelar (*se kapitel 2.2.1*).

Bruttoavverkning. Totalt avverkad stamvolym ovan stubben. Det vill säga jämfört med potentiell avverkning även inkluderande avverkning av döda träd och avverkning på annan mark än produktiv skogsmark.

Gammal skog. Skog äldre än 140 år i Norrland, Dalarnas-, Värmlands- och Örebro län och äldre än 120 år i övriga landet.

Produktiv skogsmark. Mark inom ett sammanhängande område där träden har en höjd av mer än fem meter och där träden har en kronslutenhet av mer än tio procent eller har förutsättningar att nå denna höjd och kronslutenhet utan produktionshöjande åtgärder, och som enligt vedertagna bedömningsgrunder kan producera i genomsnitt minst en kubikmeter virke per hektar och år (Skogsstyrelsen 2014).

Markanvändningsklasser. En indelning av den totala produktiva skogsmarksarealen efter huvudsaklig markanvändning. Markanvändningsklasserna är *Reservat*, *Ny naturvård*, *Frivilliga avsättningar*, *Hänsynsytor* och *Virkesproduktionsmark*.

- Reservat omfattar formella skydd.
- Ny naturvård omfattar tillkommande arealer som undantas från skogsbruk oavsett om de undantas genom formella skydd, andra legala styrmedel eller genom frivilliga åtaganden. Markanvändningsklassen används enbart i scenariot *Dubbla naturvårdsarealer*.
- Frivilliga avsättningar omfattar skogsbrukets frivilliga avsättningar, enligt Skogsstyrelsens definition ”ett minst 0,5 hektar stort område med sammanhängande produktiv skogsmark för vilket markägaren frivilligt har fattat beslut om att åtgärder som kan skada dess naturvärde, kulturmiljö och eller sociala värden inte skall utföras, området skall finnas dokumenterat i plan eller annan handling” (Stål m.fl. 2012).
- Hänsynsytor omfattar hänsynsytor som lämnas som miljöhänsyn vid föryngringsavverkning. Jämfört med tidigare SKA arbeten så ingår i markanvändningsklassen hänsynsytor även hänsynsytor > 0,5 hektar, under förutsättning att de inte dokumenterats som frivillig avsättning, enligt ovan.

- Virkesproduktionsmark omfattar produktiv skogsmark som inte ingår i övriga markanvändningsklasser.

Mark undantagen från skogsbruk. Samlingsbenämning på markanvändningsklasserna reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor.

Potentiell avverkning. En i scenarierna beräknad framtida avverkningsvolym varvid eftersträvas att den ska vara så hög som möjligt utan att den efterföljande tillväxten och därmed den efterföljande avverkningen nämnvärt ska minska. Omfattar i denna rapport enbart avverkning av levande träd på produktiv skogsmark.

Skogstyper. En indelning av skog efter dominerande trädslag.

- Granskog är skog där gran utgör minst 7/10 av grundytan i äldre skog eller av stammantalet i yngre skog.
- Tallskog är skog där tall utgör minst 7/10 av grundytan i äldre skog eller av stammantalet i yngre skog.
- Contortaskog är skog där Contortatall utgör minst 7/10 av grundytan i äldre skog eller av stammantalet i yngre skog.
- Barrblandskog är skog där gran, tall och contortatall utgör minst 7/10 av grundytan i äldre skog eller av stammantalet i yngre skog.
- Blandskog är skog där lövträd utgör mellan 4/10 och 6/10 av grundytan eller av stammantalet i yngre skog.
- Lövskog är skog där lövträd utgör minst 7/10 av grundytan eller av stammantalet i yngre skog, men med mindre än 5/10 ädla lövträd.
- Ädellövskog är skog där lövträd utgör minst 7/10 av grundytan eller av stammantalet i yngre skog, och av minst 5/10 ädla lövträd.
- Övrig skog sådan skog som inte faller inom någon av de ovanstående skogstyperna.

Ägarklasser. En indelning av markanvändningsklasserna Frivilliga avsättningar, Hänsynsytor och Virkesproduktionsmark i två grupperingar av markägare.

- Enskilda ägare är fysiska personer, dödsbon och bolag som inte är aktiebolag.
- Övriga ägare är staten, statsägda aktiebolag, övriga allmänna ägare (kommuner och landsting), privatägda aktiebolag samt religiösa samfund stiftelser, fonder med flera.

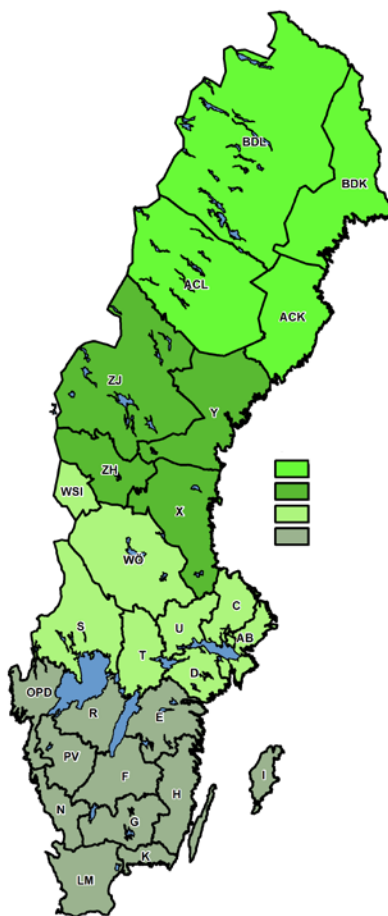
Äldre lövrik skog. Skog äldre än 80 år i Norrland, Dalarnas-, Värmlands- och Örebro län och äldre än 60 år i övriga landet och där minst 25 procent av grundytan består av lövträd.

2.1.2 Dataunderlag om skogstillståndet

Beräkningarna i SKA 15 startas från skogstillståndet år 2010, baserat på Riksskogstaxeringens inventering mellan åren 2008–2012. I RegVis sker beräkningarna på de cirka 30 000 provytor på produktiv skogsmark som inventerades dessa år. På en övergripande nivå beskrivs detta skogstillstånd i Skogsdata för år 2013 (SLU 2013). Den areal produktiv skogsmark som provytorna representerar är densamma under hela den 100-åriga beräkningsperioden. Detta innebär att beräkningarna inte tar hänsyn till eventuell ökning eller minskning av arealen produktiv skogsmark i framtiden.

2.1.3 Geografisk indelning, markanvändnings- och ägarklasser

Beräkningarna görs för hela eller delar av län. De totalt sett 27 länen/länsdelarna betecknas här beräkningsområden. Norrbottens, Västerbottens, Jämtlands och Dalarnas län delas upp i vardera 2 beräkningsområden. Denna delning av de stora länen är gjord för att kunna specificera olika skötsel förutsättningar i olika delar av länen. Västra Götalands län delas upp i tre beräkningsområden som motsvarar före detta Göteborgs och Bohus län inklusive Dalslandsdelen av före detta Älvsborgs län (I), gamla Skaraborgs län (II) samt resterade del av före detta Älvsborgs län (III). Delningen av Västra Götalands län motiveras i första hand av att behålla möjligheten att redovisa resultat enligt indelningen i virkesbalansområden (Anon 1981) som bland annat tidigare avverkningsberäkningar tillämpat och som används i virkesbalanserna (Skogsstyrelsen 2015a). Totalt innebär detta 27 beräkningsområden (*Figur 1*).



Figur 1. Indelning av landet i beräkningsområden (län/länsdelar) och landsdelar.

Inom varje beräkningsområde görs ytterligare klassificering/indelning av den produktiva skogsmarken baserat på hur marken används och ägarförhållanden.

Ägare kategoriseras som endera det *enskilda* skogsbruket (skogar ägda av fysiska personer, dödsbon och bolag som inte är aktiebolag) eller som *övriga ägare* (exempel aktiebolag, stat, kommun, kyrka). Riksskogstaxeringen registrerar aktuella ägarförhållanden för varje provyta vid inventeringstillfället.

För att beskriva markanvändningen delas den produktiva skogsmarksarealen inom respektive *beräkningsområde* och *ägarklass* in i *markanvändningsklasser*. Denna indelning omfattar fyra klasser; *Reservat*, *Frivilliga avsättningar*, *Hänsynsytor* respektive *Virkesproduktionsmark*. För definition av respektive klass se kapitel 2.1.

För scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* skapas ytterligare en *markanvändningsklass* som benämns *ny naturvård*. Till *ny naturvård* förs de ytterligare arealer som undantas från skogsbruk i scenariot. Syftet med att tillskapa en ny markanvändningsklass för dessa arealer är att inte förutsätta hur eller med vilket verktyg (formella skydd, frivillighet eller annat) dessa arealer ska undantas från skogsbruk. Med tillskapandet av *ny naturvård* kan läsaren själv föra resultaten inom *ny naturvård* till någon av de övriga markanvändningsklasserna.

Inom respektive *ägarvisa markanvändningsklass* görs slutligen en ytterligare indelning baserat på skötselns inriktning. Markanvändningsklassen *reservat* lämnas orörd, det vill säga för fri utveckling. *Ny naturvård*, *frivilliga avsättningar* och *hänsynsytor* delas vardera i två delar, en som lämnas orörd och en som sköts med naturvårdande skötsel. På *virkesproduktionsmarken* bedrivs traditionellt trakthyggesbruk. I tabell 1 återfinns de kombinationer av ägare, markanvändningsklass och skötselriktning som används i SKA 15.

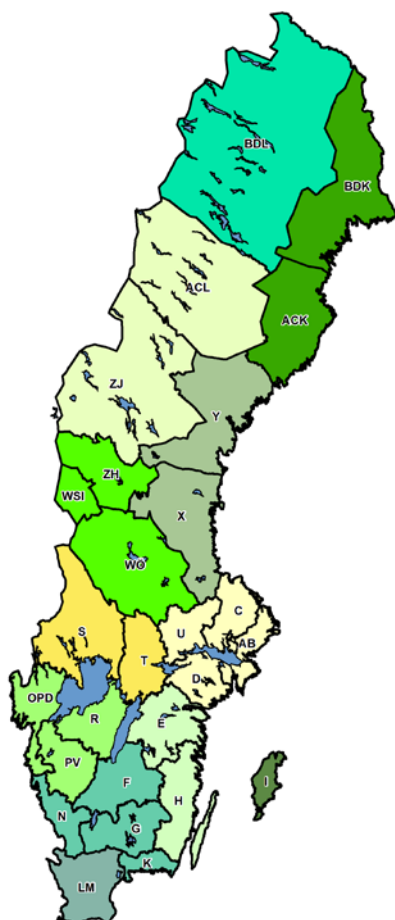
Tabell 1. Matris över möjliga kombinationer av ägarklass, markanvändningsklass och skötselriktning

Markanvändningsklass	Ägarklass		Ej specificerad
	Enskilda	Övriga	
Reservat			Orört
Ny naturvård			Orört/naturvårdande skötsel
Frivilliga avsättningar	Orört/naturvårdande skötsel	Orört/naturvårdande skötsel	
Hänsynsytor	Orört/naturvårdande skötsel	Orört/naturvårdande skötsel	
Virkesproduktionsmark	Trakthyggesbruk	Trakthyggesbruk	

2.1.4 Dataunderlag om skogens skötsel

Vid specificering av scenarierna har ett antal undersökningar använts. För många av de undersökningar som använts, så skulle statistiken bli mycket osäker om den bröts ner på län eller delar av län. För att få stabila underlag till scenarierna har därför landet delats in i styrtabellsområden. Styrtabellsområdena är indelade så att de ska vara så homogena

som möjligt i avseende på föryngringsmetoder, trädslagsval, röjningarnas genomförande och så vidare Styrningen av RegVis när det gäller föryngringar, röjning och gallring är likadan för beräkningsområden som ligger i samma styrtabellsområde.



Figur 2. Indelning av landet i styrtabellsområden. Län/länsdelar med samma färg ingår i samma styrtabellsområde.

Vilka undersökningar som använts och i vilket sammanhanget framgår av beskrivningen av scenariot *Dagens skogsbruk*, se kapitel 2.3.

2.1.5 Om utsläppscenarier och val gjorda i SKA 15

I SKA-VB 08 ingick en påverkan av ett förändrat klimat i scenarierna. Tillväxteffekten var beräknad utifrån utsläppsscenario B2 (Bergh m.fl. 2003). Sedan dess har IPCC beräknat effekterna av ett antal nya utsläppsscenarier, de så kallade RCP:erna (IPCC 2013). I benämningarna RCP2,6, RCP4,5, RCP6 och RCP8,5 står talet efter RCP för den ökning i strålningsdrivning som uppnås av de utsläpp av växthusgaser som ingår i scenariot. Till exempel innebär RCP4,5 en strålningsdrivning på 4,5 W/m² år 2100.

Av de här utsläppsscenarierna innebär RCP8,5 business-as-usual när det gäller utveckling av befolkningstillväxt, ökad energianvändning och att man inte lyckas begränsa utsläppen. RCP4,5 beskriver en medelväg som är relativt optimistisk när det gäller att man globalt klarar att begränsa utsläppen jämfört med RCP8,5. RCP2,6 förutsätter omfattande utsläppsminskningar i industriländerna från 2020 och framåt.

Av dessa globala scenarier är RCP4,5 och RCP8,5 omräknade för norra Europa med högre geografisk upplösning av det forskningscentrum som är knutet till SMHI (Rossby Centre).

I SKA 15 har vi utgått från att klimatförändringar kommer påverka skogens tillväxt och skadorna på skogen (se till exempel Eriksson 2007). Initialt i projektet stod vi inför val kring hur detta skulle hanteras i scenarierna.

Eftersom utsläppsscenarierna RCP4,5 och RCP8,5 fanns tillgängliga med hög upplösning för Sverige, var det naturligt att parametrisera den modell för klimatförändringarnas påverkan på tillväxten som finns inlagd i RegVis utifrån dessa utsläppsscenarier. Av dessa är tillväxteffekterna som följer av RCP4,5 medräknade i *Dagens skogsbruk*, *Dubbla naturvårdsarealer, 90 procent avverkning* och *110 procent avverkning*. *Dagens skogsbruk* är även beräknat dels med effekterna som följer av RCP8,5 och dels utan effekter på tillväxten av utsläppsscenarier.

Även om RCP4,5 är valt som huvudalternativ i SKA 15 ska inte detta tolkas som att vi bedömt det som en trolig utveckling i förhållande till andra framtida utvecklingar av de globala utsläppen. Det är mer ett resultat av praktiska möjligheter.

Om de globala utsläppen utvecklas enligt RCP4,5 beräknas det svenska klimatet att ha ändrats enligt följande till perioden 2071–2100 jämfört med 1961–90 (SMHI 2014):

- Årsmedeltemperaturen har ökat med 2–4 grader. Mer av höjningen infaller vintertid än sommartid. Höjningen är större i norr än i söder.
- Vegetationsperioderna är 1–2 månader längre, med större skillnad i söder än i norr.
- Årsnederbörden har ökat med 15–20 procent, mer i norr och mindre i söder. Förändringen beräknas bli större under vår- och vintermånader, speciellt i norra Sverige och mindre under sommar och höst, speciellt i södra Sverige.
- Frekvensen av åskväder och därmed blixurladdningar har troligen ökat.
- Grundvattennivåerna är i medeltal högre vintern, i västra och centrala Norrland även under våren, medan det omvända gäller för Götaland och Norrlandskusten.
- Risken för marktorka sommartid har ökat i hela södra Sverige och nordöstra Norrland, allra mest i sydöstra Sverige.
- De starkaste vindbyarna har blivit något starkare i södra Götaland (< 1 m/s) och något svagare i norra Norrland (< 1 m/s).

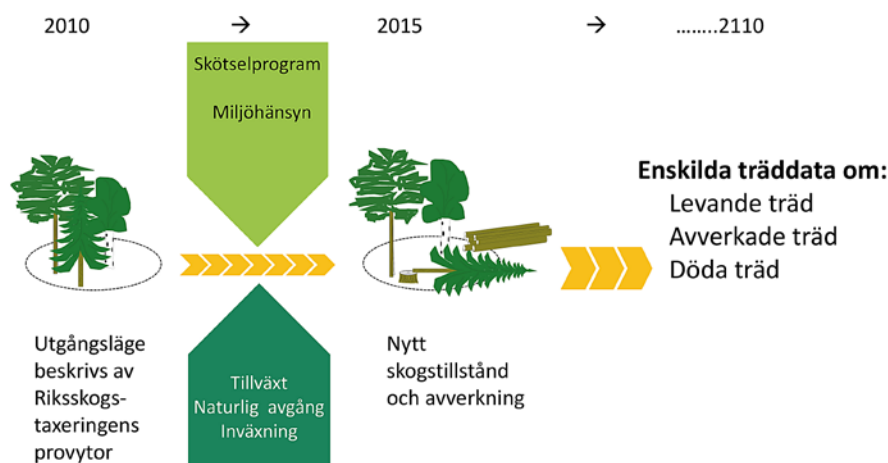
Vi sökte även möjligheter att modellera effekter på skador i skogen som en följd av klimatförändringarna av olika skadegörare. Några sådana möjligheter fann vi dock inte, dels beroende på att det finns en kunskapsbrist och dels beroende på praktiska begränsningar.

2.1.6 Beräkningsverktyget Heureka RegVis

För att beräkna skogens utveckling används Heureka-applikationen RegVis (Wikström m.fl., 2011). RegVis är i första hand avsett för långsiktiga regionala konsekvensberäkningar (avverkningsberäkningar) för analys av olika skogliga hushållningsstrategier. Systemet är uppbyggt av en mängd simuleringsmodeller utan någon optimerande funktion, och det används för att beskriva (simulera) skogens utveckling under preciserade antaganden om framtida skogsskötsel. En komplett uppsättning preciserade förutsättningar och antaganden samt resultaten från de därpå följande konsekvensberäkningarna betecknas i det följande som ett scenario. Från utgångsläget i ett valt startår beräknas konsekvenserna av scenarierna normalt för 20 femårsperioder till och med slutåret hundra år senare. Resultaten från beräkningarna utgörs av detaljerade uppgifter om skogstillstånd efter varje period och om tillväxt, avverkningar och andra utförda åtgärder på provytorna under de olika femårsperioderna.

De enskilda provytorna i Riksskogstaxeringens material används som åtgärdsenheter i RegVis. Detta ger stor flexibilitet när det gäller att utforma skötsel- och avverkningsprogram. Som beräkningsenhet i framskrivningen av skogen (tillväxt, höjd, ålder, diameter, med mera) används de enskilda träden på dessa provytor. De beräknings- och åtgärdsenheter som används i systemet möjliggör en detaljerad redovisning av resultat. Vid resultatredovisningen aggregeras ytvisa uppgifter till resultat för beräkningsområden och ägarkategorier som sedan i sin tur kan summeras.

En schematisk beskrivning av beräkningsgången visas i figur 3.



Figur 3. Schematisk bild av RegVis funktionalitet.

Nedan ges en kortfattad beskrivning av systemets uppbyggnad och dess viktigaste komponenter.

I beräkningarna utförs avverkningar och övriga åtgärder vart femte år med möjlighet att utföra åtgärder redan från start (år 0). Tillväxtberäkningen avser femårsperioder. Resultaten redovisas dock för tioårsperioder. Tio olika "trädslagsgrupper" kan särbehandlas i systemet: tall, gran, contortatall, björk, asp, bok, ek, övriga ädla lövträd, lärk och övriga lövträd. Vid generering av ny skog finns dock ingen etablering av asp, övriga ädla löv-

träd och lärk med i dagsläget, varför det i praktiken bara är sju trädslag som kan följas över tiden.

Olika metoder (*se nedan*) tillämpas för att simulera plant- och ungskogens respektive den medelålders och äldre skogens utveckling. Gränsen mellan dessa faser infaller när beståndet når 7–8 meter i medelhöjd. De benämns i fortsättningen ”ungskog” respektive ”etablerad skog”.

Simulering av plant- och ungskogens utveckling

Modellen för etablering av ny skog och tillväxtmodellerna för ungskogsutvecklingen i RegVis är i grunden baserade på material från Hugins ungskogsinventering (Elfving 1982). I systemet sker en detaljerad beräkning av utvecklingen, såväl för den befintliga ungskogen som för den som simuleringsmässigt tillkommer under beräkningens gång. I den befintliga ungskogen används de registrerade uppgifterna om tillståndet på varje provyta från Riksskogstaxeringen. För de ytor som under beräkningsperioden föryngringsavverkas eller från början är klassade som kalmark skall ny skog simuleras. Hur avverkade ytor ska föryngras styrs av tabeller för trädslag, markberednings- och föryngringsmetod. I tabellerna anges hur andelarna av respektive föryngringssteg ska fördelas över fuktighetsklasser och ståndortsindex. Skogsstyrelsens återväxtinventering (Eriksson 2013, Lindén & Vorwerk 1998) mäter bland annat utförda föryngringsmetoder och ligger till grund för hur tabellerna fyllts i för respektive beräkningsområde och ägarkategori. Föryngringsresultatet beräknas för ett tillstånd några år framåt i tiden då beståndet nått en medelhöjd på 2 meter. Beräkningarna sker stegvis och genererar stamantal i steg 1 följt av trädslagsandelar, medelhöjd och höjdfördelning i stegen därefter (Nyström 2007, 2008).

Tillståndet på de etablerade ytorna skapas genom simulering, till skillnad från Hugin där det nya tillståndet hämtades från en databas med tillstånd från Hugins ungskogsinventering.

Simulering av utveckling i etablerad skog

Utvecklingen i den etablerade skogen skattas med hjälp av tillväxtfunktioner för enskilda träd grövre än 4 cm i brösthöjd (Fahlvik m.fl. 2014). Separata funktioner är utvecklade för de inhemska trädslagen. Funktionerna avsedda för tall har visat sig vara användbara (i sin modifierade form) också för contortatall, varför de används även för detta trädslag. Separata funktioner skattar effekterna av gallring och gödsling samt omfattningen av naturlig avgång ur det växande virkesförrådet. De avgångsfunktioner som tillämpats baseras precis som tillväxtfunktionerna på data från Riksskogstaxeringens permanenta provytor. Funktionerna är ännu inte publicerade. Även inväxning simuleras i etablerad skog, som i det här fallet innebär rekrytering av träd över en diametergräns om 4 cm i brösthöjd (Wikberg 2004).

Simulering av skogsskötsel och avverkning

Förutom åtgärderna markberedning, plantering, sådd och självföryngring vars effekter simuleras genom ovan beskrivna modell för etablering av ny skog, så kan följande åtgärder simuleras i RegVis: röjning, gallring, föryngringsavverkning och gödsling.

Vilka åtgärder som ska simuleras baseras på de åtgärder som faktiskt utförts enligt Riksskogstaxeringen. Med hjälp av de utförda åtgärderna har prioritetstal tagits fram. Principen för bestämning av prioritetstal togs fram i arbetet med SKA 99 (Thuresson m.fl. 2000). Inom SKA 15 har nya funktioner tagits fram, för att kvantifiera markägares verkliga val av åtgärdsobjekt under den senaste tiden. De åtgärder som faktiskt utförts på eller kring Riksskogstaxeringens permanenta provytor mellan inventeringarna 2003–2007 och 2008–2012 har analyserats (ytor som inventerades 2003 återinventerades 2008, ytor som inventerades 2004 återinventerades 2009, osv.). De åtgärder som fångas upp på dessa provytor är alltså genomförda mellan år 2003–2012. Fyra åtgärder har betraktats: föryngringsavverkning (F), gallring (G), diversehuggning (D) och ”Ingen åtgärd eller röjning” (I). Genom logistisk regression skapades funktioner för prioritetstal baserade på hur sannolik respektive åtgärd är, med de på ytan registrerade tillståndsvariablerna som oberoende variabler. Provytor inom reservat och frivilliga avsättningar har inte ingått i det material som funktionerna baseras på. Funktionerna är konstruerade så att, för en given cirkelyta, en och endast en av händelserna F, G, D eller I inträffar under en femårsperiod.

De framtagna funktionerna avspeglar de avverkningsvanor som gällde under undersökningsperioden. Röjning bestäms som en viss andel av röjningsobjekten som ska röjas varje period. Vilka provytor som kategoriseras som röjningsobjekt bestäms av medelhöjd och stamtäthet. Andelen bestäms med hjälp av data om utförd röjning enligt Riksskogstaxeringen som utgångspunkt och specificeras per beräkningsområde och ägarkategori. Röjningsobjekten röjs sedan enligt prioritetsordning tills andelen uppnåtts. Röjningens utförande styrs av användaren och har i det här fallet inriktats mot att gynna föryngringsträdslaget i första hand. Gödsling prioriteras med prioritetsfunktioner och restriktioner för vilka objekt som får gödslas. Detta specificeras i styrtabeller. Effekten av gödsling baseras på funktioner framtagna av Skogforsk (Pettersson, 1994a, 1994b)

2.1.7 Utveckling av beräkningsverktyget Heureka RegVis

Inför beräkningarna i SKA 15 har RegVis kompletterats med några nya funktioner. De viktigaste är införandet av en modell för att beräkna effekterna av större stormar, och beräkning av effekterna av ett framtida förändrat klimat baserat på nya klimatscenarier.

Storm

För att bättre få en beskrivning av avgången i samband med större stormar har en ny modell utvecklats. Den baseras på den statistik om historiska stormar som finns från 1900, där vi utnyttjat data från 1953 till 2012. Uppgifter på länsnivå om hur stora volymer som fallit i stormarna har använts, där data från Riksskogstaxeringen om skogstillståndet det aktuella året använts för att anpassa vindmodellen för just den stormen. I vindmodellen (Lagergren m.fl., 2012) ingår variabler som relaterar till beståndet (trädslagsblandning, höjd, utförd gallring, omgivande bestånds höjd, tjälad mark med mera). Det ingår också en kalibreringsfaktor (vindfaktorn), som anpassas så att modellen förutsäger lika många m³ vindfällen som i det historiska datat. En matris med vindfaktorer för alla beräkningsperioder skapas för perioden 1953 till 2013. Den matrisen appliceras sedan för kommande 60 år, för att sen upprepas när vi skriver fram mer än 60 år.

För varje beräkningsperiod (fem år) och län kontrollerar RegVis i matrisen om det finns något värde på vindfaktorn som är större än 0, det vill säga om det förekommer någon storm i länet under femårsperioden. Om så är fallet så beräknas stormskador per provyta med det aktuella skogstillståndet. När vi modellerar skogen i framtiden med de beräknade vindfaktorerna kommer den i normalfallet att ha ett annat utseende än då originalstormen uppträdde. Därför kommer variablerna som beskriver beståndsstruktur i modellen resultera i att en annan volym faller nu än i originalstormen. Om vi simulerar ett skogsbruk med många gallringar och långa omloppstider så kommer det att finnas mer nygallrad skog och mer hög skog i framtiden än när den riktiga stormen uppträdde. Då faller det också mer volym. Och omvänt, om vi inriktar avverkningen mot högvuxen skog kommer en storm som i originalet fällde mycket skog inte att fälla lika stor volym.

När stormfällda volymen för en simulerad storm i ett beräkningsområde beräknats, skall den volymen fördelas på provytor, där ytorna sorterats efter sannolikhet för att drabbas där de med högst sannolikhet tas först. Därefter görs en uppdelning på om allt kommer att blåsa ner eller om det kommer att bli träd kvar. I det första fallet hanteras det som en föryngringsavverkning och i det andra fallet som en gallring. I SKA 15 har antagits att 64 procent av ytorna kommer att blåsa ner totalt och resten gallras. Av den nedblåsta volymen kommer allt inom mark undantagen från skogsbruk och 8 procent av volymen på virkesproduktionsmark bli kvar som död ved. Ytor påverkas tills den beräknade volymen för beräkningsområdet uppnåtts.

Tillväxteffekt av klimatförändringar

Tillväxtmodellerna som finns i RegVis är baserade på empiriska data. Men för att kunna modellera tillväxten i ett förändrat klimat fungerar det inte med empiriska modeller då det inte finns några empiriska data att bygga modellerna på. Därför är det inbyggt en modul i RegVis som baserat på processbaserad modellering påverkar trädens tillväxt.

En för svenska förhållanden anpassad variant av den processbaserade modellen BIOMASS är använd för att skatta ändringen i tillväxt vid ett förändrat klimat. BIOMASS utvecklades av McMurtie (McMurtie & Landsberg 1992) och har modifierats och validerats för svenska förhållanden i ett antal studier (Bergh m.fl. 1998, Freeman & Linder 2001, Bergh m.fl. 2003, Freeman m.fl. 2005). Den är baserad på kunskap om trädens fysiologiska processer i samspel med det omgivande klimatet och drivs av klimatdata på dygnsbasis.

BIOMASS är använd för att skatta ändringen i tillväxt under perioden 1971–2100 relativt 1971–2000 för dagens klimat, RCP4,5 och RCP8,5. För gran och tall skattades klimateffekten på tillväxten för tre klasser av bladyteindex och tre markfuktighetsklasser. För att kunna simulera klimatresponsen för bestånd med andra bladyteindex anpassades en funktion till klimatresponsens beroende av bladyteindex för var och en av de tre markfuktighetsklasserna. Responsen för contorta, björk och asp antogs följa den för tall, medan responsen för bok, ek och övriga trädslag antogs följa den för gran. Dessa funktioner används sedan i RegVis för att skatta klimatresponsen. För att ge indata till funktionerna skattas den totala bladytan på en provyta med funktioner som skattar bladyta utifrån bladbiomassa, vilken i sin tur skattas med biomassafunktioner. I ett

blandbestånd vägs bladyteindex för ingående trädslag samman utifrån volymandel för respektive trädslag.

I RegVis påverkas sedan bördigheten, mätt som ståndortsindex, för varje provyta under varje 5-års period. För att träden ska kunna ta tillvara hela den möjliga ökningen i tillväxt måste marken kunna försörja träden med motsvarande större mängd näring. I den processbaserade modellen har antagits optimala näringsförhållanden. I RegVis har därför klimatresponser reducerats, mer ju lägre bördighet.

2.2 Om avverkningen i scenarierna

Den totala avverkningsnivån i RegVis bestäms innan framskrivningen av en tioårsperiod och beräknas av en algoritm vars ingående parametrar kan justeras. Algoritmen utgår från tillväxten i föregående period på virkesproduktionsmark som underlag för beräkningen av avverkningsvolymen. Denna volym kan därefter justeras via variablerna; tillväxttrend, åldersklassfördelningens relation till en önskad åldersklassfördelning samt den stående volymens relation till en önskad volym. De sistnämnda variablerna har inkluderats i avverkningsberäkningarna för att det skall gå att långsiktig uppnå ett önskat tillstånd avseende åldersklassfördelning och virkesförråd. De parametrar som är kopplade till respektive tillståndsvariabel kan justeras av användaren för att öka eller minska den påverkan på avverkningsvolymen som variablerna har.

I beräkningarna av scenarierna *Dagens skogsbruk*, *Dubbla naturvårdsarealer*, *Utan klimatförändringar* och *Klimatförändring RCP8,5* har utgångspunkten varit att inte sträva efter ett förbättrat, eller försämrat, skogstillstånd. Utgångspunkten har istället varit att bibehålla dagens skogstillstånd. Ansatsen har därmed varit att söka en så hög avverkningsnivå som möjligt utan att den framtida tillväxten och därmed den framtida avverkningen skall minska. Denna avverkningsnivå presenteras i resultaten som *potentiell avverkning*. Den potentiella avverkningen avser enbart avverkning av levande träd på virkesproduktionsmark.

Huvudprincipen vid bestämning av den potentiella avverkningen var alltså att låta den motsvara nettotillväxten i föregående period (total tillväxt minus naturlig avgång). Övriga parametrar i avverkningsalgoritmen är satta så att de inte påverkar avverkningsnivån. De lägsta åldrarna för föryngringsavverkning (LÅF) som finns kopplat till 10 § Skogsvårdslagen har inte utgjort någon absolut begränsning för föryngringsavverkning i scenarierna. I RegVis har vi tillåtit avverkningar ner till $0,75 \cdot \text{LÅF}$. Dels för att låta de prioriteringsfunktioner som beskrivs i kapitel 2.1.6 verka och dels för att möjliggöra en avverkning som är lika stor som nettotillväxten.

Den potentiella avverkningen fördelas sedan mellan föryngringsavverkning och gallring. Hur stor gallringsvolym som ska tas ut bestäms utifrån gallringsandel (av totalproduktionen för en viss ståndort) och aktuell åldersklassfördelning. Skillnaden mellan potentiell avverkning och beräknad gallringsvolym blir föryngringsavverkad. Det innebär att om arealen i gallringsbar ålder är stor kommer en större andel av den potentiella avverkningen att tas ut som gallring.

Beräkningarna enligt ovan görs separat för virkesproduktionsmark i respektive ägar-kategori. Avverkningen inom frivilliga avsättningar och hänsynsytor är behovsstyrd, det vill säga den gallring som görs sker när det är möjligt att ta ut minst 30 procent av volymen utan att underskrida 10§ i SvL (Skogsstyrelsen 2014).

Traditionellt har de viktigaste resultaten från tidigare avverkningsberäkningar varit just den potentiella avverkningen. Detta för att man har velat kunna studera framtida avverkningsmöjligheter i förhållande till dagens avverkningsnivå och efterfrågan. Efter SKA-VB 08 har vi upplevt att resultaten som speglar det framtida skogstillståndet efterfrågats allt mer. Klimatfrågan där man vill studera skogens kolförråd och andra miljöfrågor som går att koppla direkt till vissa egenskaper i skogstillståndet sätter detta i fokus.

Historiskt har avverkningen under enbart något eller några år på 70-talet, och som en följd av stormarna Per och Gudrun på 2000-talet, varit i nivå med den potentiella avverkningsnivån (det vill säga nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark). Det här innebär att man kan tycka att ett scenario där avverkningen är så hög som den potentiella avverkningen resulterar i ett realistiskt framtida skogstillstånd.

Om man vill bedöma de framtida avverkningsmöjligheterna är begreppet potentiell avverkning logiskt, men om man vill studera det framtida skogstillståndet kan man tänka sig andra angreppssätt för att fastställa avverkningsnivån i scenarierna, som ur det perspektivet är mer logiska.

För att ge alternativ till användare av resultaten har två scenarier beräknats där avverkningens nivå avviker från den potentiella avverkningsnivån. I scenarierna *Dagens skogsbruk – 90 procent avverkning* och *Dagens skogsbruk – 110 procent avverkning* så sätts avverkningen till 90 respektive 110 procent av nettotillväxten i föregående period. En avverkning som är 90 procent av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark motsvarar ungefär det faktiska utfallet under de senaste 10–15 åren.

2.3 Beskrivning av scenarierna

I nationalencyklopedin definieras ett scenario som *”inom framtidsforskningen en systematisk beskrivning av en möjlig framtida situation och av en tänkbar utveckling från dagens tillstånd fram till den beskrivna situationen. Scenarier försöker vanligen i förenklad form ge en bild av helheten och av sambanden mellan olika samhällssektorer, ofta med bidrag från många kunskapsområden. För att belysa olika utvecklingsmöjligheter arbetar man inte sällan med flera alternativa scenarier.”* (Nationalencyklopedin 2015).

Konsekvensberäkningarna i SKA-projektet görs uteslutande som scenarier, det vill säga tänkbara utvecklingar utifrån ett givet utgångsläge. Inte i något fall rör det sig om prognoser, det vill säga utvecklingar som vi i någon mening bedömts som mer eller mindre troliga. Projektet har istället ambitionen att skapa scenarier som är intressanta för alla användare av resultaten utan att vi gör värderingar av vilka scenarier som är mest sannolika eller önskvärda.

I det följande beskrivs de scenarier som beräknats i SKA 15. Beskrivningen utgörs dels av en övergripande inriktning av respektive scenario och dels av en mer detaljerade beskrivningar av specifika beräkningsförutsättningar

2.3.1 Dagens skogsbruk

Dagens skogsbruk beskriver en utveckling förutsatt nuvarande inriktning i markanvändning och ambitionsnivå i skogsskötsel och observerat avverkningsbeteende. Arealindelning i skötselklasser görs baserat på senaste observerade faktiska situation. I beräkningarna antas en förändring av klimatet motsvarande utsläppscenario RCP4,5. Klimatförändringen i sin tur påverkar trädens tillväxt. En utförlig beskrivning av RCP4,5 och effekterna på tillväxten är gjord av Eriksson m.fl. 2015b. Avverkningen betecknar vi potentiell avverkning och sätts till att motsvara tillgänglig nettotillväxt på den brukade arealen i föregående beräkningsperiod. Detta scenario har sina motsvarigheter i SKA 99 scenariot 90-talets skogsbruk och i referensscenariot i SKA-VB 08.

Indelning i markanvändningsklasser

Indelningen av den produktiva skogsmarksarealen i markanvändningsklasser har mycket stor påverkan på utfallet av beräkningarna. I SKA 15 görs indelningen i fyra klasser:

- Reservat
- Frivilliga avsättningar
- Hänsynytor
- Virkesproduktionsmark

Arealen som utgörs av reservat kan beräknas direkt ur Riksskogstaxeringens provytedata. De provytor på produktiv skogsmark som låg inom de reservatsgränser som gällde 2014–04–11 ingår i denna markanvändningsklass. Inga ytterligare arealer har lagts till klassen reservat. Beräkningarna speglar alltså utveckling givet den nu aktuella situationen utan tillägg för närtida planer (se t.ex. Regeringsbeslut M2014/593/Nm) på utökning av arealen undantagen från skogsbruk. Detta är i linje med scenariots principiella inriktning att spegla en framtid givet att skogen brukas som idag. Inriktningen skiljer dock från hur reservatsarealen hanterades i SKA-VB 08. Då valde man att sätta beräkningarnas startår till 2010 vilket vid den tidpunkten låg flera år fram i tiden och dessutom sammanföll med slutår för dåvarande etappmål 1 under Levande skogar (Prop. 2000/01:130). I SKA-VB 08 gjordes antagandet att etappmål 1 skulle uppnås till 2010 och ett tillägg av arealer motsvarande etappmålet gjordes till klassen Reservat. Något motsvarande antagande har alltså inte gjort i SKA 15.

I klassen reservat görs inga skogliga åtgärder utan utvecklingen simuleras utan påverkan av åtgärder. Arealen reservat framgår av tabell 2.

Tabell 2. Areal reservat i scenariot dagens skogsbruk (1000 hektar)

Areal i klassen reservat (1000 hektar)	
Norra Norrland	486
Södra Norrland	105
Svealand	131
Götaland	100
Hela landet	822

Arealen frivilliga avsättningar i *Dagens skogsbruk* utgår från resultaten från Skogsstyrelsens senaste undersökning av frivilliga avsättningar (Stål m.fl. 2012). Undersökningen avser tillståndet 2009-2010. Enligt undersökningen fanns då totalt 1 048 000 hektar frivilliga avsättningar. Skogsstyrelsens studie avsåg enbart skog nedan gränsen för fjällnära skog. Av detta skäl, samt att projektet haft tillgång till uppdaterad information om Sveaskogs Ekoparker, har arealen frivilliga avsättningar utökats jämfört med resultaten som redovisas i rapporten. För att inkludera frivilliga avsättningar även ovan gränsen för fjällnära skog gjordes ett tillägg på 200 000 hektar med stöd i den föregående undersökningen av frivilliga avsättningar (Skogsstyrelsen 2008b). Denna uppgift avser tillståndet 2004–2006. Sveaskogs ekoparker ingick som en separat post i Skogsstyrelsens undersökning 2009–2010 (ej inkluderad i totalen ovan). Ett tillägg på drygt 100 000 hektar har gjorts för att inkludera Ekoparker, i enlighet med uppdaterad information som projektet fått från Sveaskog.

Några skogsbolag och skogsägarföreningarna har tillhandahållit uppgifter över hur stor andel av de frivilliga avsättningarna som behöver skötsel. En sammanvägning av dessa uppgifter framgår av tabell 3. De har använts för att fördela de frivilliga avsättningarna på orört respektive naturvårdande skötsel.

Tabell 3. Andel av arealen frivilliga avsättningar som sköts med naturvårdande skötsel, fördelat på ägarklass och landsdelar (procent)

	Enskilda ägare	Övriga ägare
Norra Norrland	18	10
Södra Norrland	16	20
Svealand	34	40
Götaland	56	50

För att peka ut vilka av Riksskogstaxeringens provytor som ska representera frivilliga avsättningar har en samkörning genomförts med kartskikt över frivilliga avsättningar, tillhandahållna av Skogsindustrierna och skogsägarföreningarna. Provytor motsvarande cirka 900 000 hektar har pekats ut på detta vis. Kvarvarande cirka 500 000 hektar har valts ut genom att söka fram provytor som har liknande egenskaper som de första 900 000 hektaren (ståndortsindex, markfuktighet, åldersklassfördelning). Arealen frivilliga avsättningar totalt och den areal som sköts med naturvårdande skötsel framgår av tabell 4.

Tabell 4. Areal frivilliga avsättningar, totalt och som sköts med naturvårdande skötsel, i scenariot dagens skogsbruk (1 000 hektar)

	Areal i klassen frivilliga avsättningar (1 000)					
	Totalt			varav naturvårdande skötsel		
	Enskilda	Övriga	Samtliga	Enskilda	Övriga	Samtliga
Norra Norrland	35	508	543	6	52	58
Södra Norrland	46	273	319	8	55	62
Svealand	73	203	276	25	81	106
Götaland	127	70	197	74	35	109
Hela landet	280	1 054	1 334	113	223	336

Utöver frivilliga avsättningar lämnas hänsynsytor vid föryngringsavverkning. Enligt Skogsstyrelsens definition är en frivillig avsättning ett område som är större än 0,5 hektar produktiv skogsmark och som finns dokumenterad i en skogsbruksplan eller motsvarande. Frivilliga avsättningar uppstår alltså när markägaren planerar markanvändningen av sitt innehav. Hänsynsytor däremot uppstår vid den objektsvisa planeringen av en avverkningstrakt och när avverkningen genomförs.

Skogsstyrelsen har inte tillgång till markägarnas skogsbruksplaner vilket leder till att det är svårt att i fält avgöra om en yta som finns kvar efter en avverkning är en frivillig avsättning eller bör betraktas som en hänsynsyta. Eftersom de frivilliga avsättningarna och hänsynsytorerna undersökts i två olika undersökningar är det naturligtvis viktigt att man kan hålla isär de här olika typerna av undantagande från skogsbruksåtgärder, för att inte under- eller överskatta helheten.

Skogsstyrelsen har tidigare löst detta genom att mycket strikt betrakta områden större än 0,5 hektar som frivilliga avsättningar och områden lika med eller mindre än 0,5 hektar som hänsynsytor. Skogsstyrelsen har dock under senare år fått allt mer påpekanden om att det lämnas hänsynsytor större än 0,5 hektar vid föryngringsavverkning och som inte i planering av markanvändningen registrerats som en frivillig avsättning. Det skulle i så fall innebära att Skogsstyrelsen underskattat arealen som lämnas som hänsyn vid föryngringsavverkning.

I arbetet med att specificera scenariot *Dagens skogsbruk* uppstod ett naturligt tillfälle och möjligheten att analysera i vilken utsträckning Skogsstyrelsens tidigare undersökningar underskattar arealen lämnad hänsyn. Projektet fick tillgång till två olika kartmaterial från representanter från det enskilda skogsbruket respektive från övriga ägare. Underlaget från de övriga ägarna omfattade frivilliga avsättningar hos de sex stora skogsägare som står bakom websidan skyddadskog.se. Det sammanlagda skogsinnehavet hos dessa är knappt 10 miljoner hektar produktiv skogsmark. Underlaget från det enskilda skogsbruket var kartdata ur skogsbruksplaner från Svenska skogsägarplaner AB (ett gemensamt bolag för de fyra skogsägarföreningarna), inklusive avdelningar som i planen föreslås målklassade som NO eller NS. Detta kartdata omfattade skogsbruksplaner på drygt 3 miljoner hektar av, i huvudsak, enskilt ägd skog. Sammantaget gavs projektet tillgång till kartmaterial över cirka 13 miljoner hektar vilket motsvarar 55 procent av hela arealen produktiv skogsmark i Sverige.

Nya skattningar av arealen hänsynsytor, oavsett storlek, togs fram genom att först räkna bort de ytor som sammanfaller med frivilliga avsättningar. De nya skattningarna är gjorda utifrån antagandet att ytor i hänsynsuppföljningen sammanfaller med frivilliga avsättningar i lika stor omfattning utanför det kartmaterial som fanns tillgängligt som innanför. Eftersom kartunderlaget för övriga ägare omfattar en mycket större del av den totala arealen produktiv skogsmark inom ägarklassen, så är skattningarna för övriga ägare säkrare än för enskilda ägare. Andelen hänsynsytor av den föryngringsavverkade arealen i olika beräkningssteg framgår av tabell 5.

Tabell 5. Andel hänsynsytor av den föryngringsavverkade arealen, i de olika beräkningsstegen i skattningen av arealen hänsynsytor (procent)

	Enskilda	Övriga	Samtliga
Hänsynsytor <0,5 hektar	4,5	4,6	4,5
Hänsynsytor oavsett storlek, innan överlapp med frivilliga avsättningar räknats bort	8,2	11,1	9,4
Hänsynsytor oavsett storlek, efter överlapp med frivilliga avsättningar räknats bort	6,3	9,6	7,8

Totalt lämnas cirka 7,8 procent av den föryngringsavverkade arealen som hänsynsytor, oavsett storlek, vid föryngringsavverkning, efter det att överlappet med frivilliga avsättningar räknats bort, se tabell 6. Som jämförelse kan nämnas att i *referensscenariot* i SKA-VB 08 användes istället en skattning, som enbart avsåg hänsynsytor mindre än eller lika med 0,5 hektar, på 4,5 procent av den föryngringsavverkade arealen.

Tabell 6. Andel hänsynsytor av den föryngringsavverkade arealen, fördelat på landsdelar och ägarklass (procent)

	Andel hänsynsytor (procent)		
	Enskilda	Övriga	Samtliga
Norra Norrland	6,6	8,4	7,6
Södra Norrland	7,7	12,1	10,1
Svealand	5,2	8,2	6,6
Götaland	6,0	8,0	6,4
Hela landet	6,3	9,6	7,8

Uppgifterna i tabell 6 ovan avser andel av den föryngringsavverkade arealen under åren 2008–2012. I scenariot *Dagens skogsbruk* har vi dock antagit att hänsynsytor kommer lämnas i samma omfattning vid alla framtida avverkningar. Efter en omloppstid, då alla produktiv skogsmark utanför reservat och frivilliga avsättningar varit föremål för föryngringsavverkning, kommer 7,8 procent av den arealen bestå av hänsynsytor. Om andelarna i tabell 6 tillämpas på all produktiv skogsmark utanför reservat och frivilliga avsättningar får man en areal hänsynsytor som framgår av tabell 7.

I förutsättningarna för *Dagens skogsbruk* har vi antagit att man i en viss del av arealen hänsynsytor kan ta ut en del av träden, antingen därför att det finns ett uttalat behov av naturvårdande skötsel eller därför att det går att göra utan att hänsynssyftet riskeras. I fortsättningen av denna text gör vi inte skillnad på dessa bägge varianter utan kallar dem för naturvårdande skötsel oavsett syftet. Det finns ingen tillgänglig bra information om behovet av naturvårdande skötsel i hänsynsytor. I brist på bättre underlag har vi i *Dagens skogsbruk* antagit att det i hälften av hänsynsytorerna som består av zoner mot andra ägoslag än produktiv skogsmark finns motiv för naturvårdande skötsel. Utifrån antagandet ovan kommer cirka 15 procent av arealen hänsynsytor skötas med naturvårdande skötsel.

Tabell 7. Areal hänsynsytor, totalt och som sköts med naturvårdande skötsel, fördelat på landsdelar och ägarklass (1 000 hektar)

	Areal i klassen hänsynsytor (1 000)					
	Totalt			varav naturvårdande skötsel		
	Enskilda	Övriga	Samtliga	Enskilda	Övriga	Samtliga
Norra Norrland	172	277	449	48	47	94
Södra Norrland	187	351	538	22	51	73
Svealand	132	197	329	12	24	36
Götaland	225	78	302	24	10	34
Hela landet	716	903	1 619	105	133	238

För att peka ut vilka av Riksskogstaxeringens provytor som ska representera hänsynsytor har provytor sökts ut som har egenskaper (markfuktighet, bonitet, fältskikt och närhet till vatten och myr) som liknar de hänsynsytor som registreras i Riksskogstaxeringen.

Totalt representerar de cirka 30 000 riksskogstaxeringsprovytor, som beräkningarna genomförs på, en produktiv skogsmarksareal på 23 miljoner hektar. I scenariot *Dagens skogsbruk* är 3,6 procent av denna areal reservat, 5,8 procent frivilliga avsättningar, 7,0 procent hänsynsytor och resterande 83,7 procent virkesproduktionsmark, se tabell 8.

Tabell 8. Den produktiva skogsmarksarealens fördelning på markanvändningsklasser (1 000 hektar)

	Reservat	Frivilliga avsättningar	Hänsynsytor	Virkesproduktionsmark
Norra Norrland	486	543	449	5 475
Södra Norrland	105	319	538	4 806
Svealand	131	276	329	4 628
Götaland	100	197	302	4 414
Hela landet	822	1 335	1 619	19 323

De följande beskrivningarna av föryngringsåtgärder, röjning, gallring, gödsling och hänsynsträd avser hur skogsbruket bedrivs i scenariot på virkesproduktionsmarken.

Föryngring

I scenariot *Dagens skogsbruk* har föryngringarna styrts genom att per styrtabellsområde, ägarklass och markfuktighetsklasser styra fördelningen på föryngringsmetoder, andelen markberedning, trädslagsvalet vid plantering och sådd. Underlag för att utforma den här styrningen är tagen från Skogsstyrelsens återväxtuppföljning, inventeringsåren 2008–2012. Hur föryngringarna utvecklats och föryngringsarbetet förändrats under 2000-talet beskrivs mer i detalj av Fries m.fl. (2013).

I genomsnitt används plantering som föryngringsmetod på 79 procent av den föryngringsavverkade arealen i scenariot. Planteringsandelen är högst hos enskilda ägare i Götaland, där 89 procent av den föryngringsavverkade arealen planteras. Naturlig föryngring används i genomsnitt som metod på 17 procent av den föryngringsavverkade arealen. Sådd på 3 procent och på den kvarvarande knappa 1 procentenheten av den föryngringsavverkade arealen sker inga aktiva föryngringsåtgärder, se tabell 9.

Tabell 9. Fördelning på föryngringsmetoder som andel av den föryngrade arealen, fördelat på landsdelar och ägarklass (procent)

	Enskilda ägare				Övriga ägare			
	NN	SN	SV	GÖ	NN	SN	SV	GÖ
Plantering	68	77	73	89	78	83	78	84
Sådd	7	2	1	0	7	3	4	0
Naturlig föryngring	25	20	24	10	15	13	18	15
Ingen aktiv åtgärd	1	1	2	1	0	0	0	0
Totalt	100	100	100	100	100	100	100	100

Väntetiden vid skogsodling, det vill säga tiden från det att föryngringsavverkningen genomförs till dess att föryngringsåtgärderna är genomförda, är satt till 2 år för hela landet och båda ägarklasserna. I valet av trädslag vid plantering och sådd finns en mycket tydlig nord-sydlig trend. I Götaland, Svealand och södra Norrland planteras majoriteten av arealen med gran, medan tall dominerar i norra Norrland, se tabell 10. Plantering med contorta sker enbart i Norrland och framför allt hos övriga ägare. Plantering med lövträd sker i liten omfattning.

Tabell 10. Fördelning på trädslag vid plantering och sådd, fördelat på landsdelar och ägarklass (procent)

	Enskilda ägare				Övriga ägare			
	NN	SN	SV	GÖ	NN	SN	SV	GÖ
Gran	34	65	79	86	38	38	63	84
Tall	64	30	17	6	59	50	35	5
Contorta	0	2	0	0	2	8	0	0
Lövträd	2	3	4	8	1	4	2	11
Totalt	100	100	100	100	100	100	100	100

Även för användningen av markberedning i föryngringsavverkning finns en tydlig nord-sydlig skillnad. Högst andel markbereds i norra Norrland, 94 procent, och minst i Götaland, 75 procent. Övriga ägare använder markberedning i något större utsträckning, 92 procent, än de enskilda ägarna, 81 procent.

Tabell 11. Andel av den föryngrade arealen som markbereds, fördelat på landsdelar och ägarklass (procent)

	Enskilda ägare	Övriga ägare
Norra Norrland	91	96
Södra Norrland	84	95
Svealand	76	87
Götaland	74	77
Hela landet	81	92

Ingen ny information är framtagen inom SKA 15 för att bedöma användningen av förädlat material vid föryngring. Inom ramen för SKA-VB 08 gjordes ett omfattande arbete för att dels bedöma den framtida tillgången på förädlat föryngringsmaterial och dels bedöma förädlingsvinster (Rosvall och Wennström 2008). I SKA 15 har samma förutsättningar använts. Användningen av förädlat material i scenariot baserar sig på progno-

ser över tillgång av förädlat frö med de planer på investeringar i nya fröplantager som fanns runt 2008. Dessa prognoser har kombinerats med planterade arealer från Skogsstyrelsens återväxtuppföljning och antaganden om antal planterade plantor per hektar. En utgångspunkt har varit att allt tillgängligt förädlat frö kommer ut på marknaden och kommer att användas. I övrigt har vi antagit att det för tall och gran alltid kommer att finnas en liten användning av oförädlat material från orten (5 procent). För tall leder dessa antaganden till att det inte kommer finnas någon brist på förädlat material, utan 95 procent av de planterade plantorna består redan från 2010 av förädlat material i scenariot. Inte heller för contorta finns någon brist på förädlat material, för contorta består 100 procent av de planterade plantorna av förädlat material. För gran däremot finns ett underskott av förädlat material under perioden 2010–2029, tabell 12. I fallet med gran, där det finns en brist för att nå upp till 95 procent, antas mellanskillnaden bestå av provinensförflyttat plantmaterial.

Tabell 12. Andel av planterade plantor som består av förädlat plantmaterial, fördelat på landsdelar, ägarklass och trädslag (procent)

Trädslag	Period	Enskilda ägare				Övriga ägare			
		NN	SN	SV	GÖ	NN	SN	SV	GÖ
Tall	2010–	95	95	95	95	95	95	95	95
Gran	2010–2019	61	69	76	72	78	86	86	81
	2020–2029	78	82	85	92	95	95	92	94
	2030–	95	95	95	95	95	95	95	95

Röjning och gallring

Röjningens omfattning styrs genom att användaren bestämmer andelen som ska röjas varje femårsperiod. Vilka provytor som kategoriseras som röjningsobjekt bestäms av medelhöjd och stamtäthet. Medelhöjden sattes till mellan 1,5 och 8 meter, och stamtätheten till minst 200 röjbara stammar. Antalet kvarlämnade stammar efter röjning bestäms som funktion av SI för tall-, gran-, respektive lövbestånd (*se tabell 14*), och om skillnaden mellan stamantalet före respektive efter röjning medger ett uttag på minst 200 stammar per hektar, samtidigt som medelhöjden faller inom satt intervall kategoriseras provytan som ett röjningsobjekt. Andelen av ytorna som ska röjas bestämdes med hjälp av data om utförd röjning enligt Riksskogstaxeringen som utgångspunkt och specificeras per beräkningsområde och ägarkategori. Målet var att den röjda arealens förhållande till den slutavverkade arealen i simuleringarna skulle ligga i paritet med motsvarande förhållande enligt Riksskogstaxeringen, se tabell 13.

Tabell 13. Andel av ungskogsarealen som röjs, fördelat på landsdelar och ägarklass (procent)

	Enskilda ägare	Övriga ägare
Norra Norrland	55	50
Södra Norrland	55	60
Svealand	55	75
Götaland	75	90

Röjningsobjekten röjs sedan enligt prioritetsordning tills andelen uppnåtts. Prioriteten ökar med SI och lövandel och minskar med medelhöjd. Röjningens utförande styrs av användaren och har i det här fallet inriktats mot att gynna föryngringsträdslaget i första hand. Stamantal och trädslag efter röjning beräknas med hjälp av RegVis röjningsmodell där satta värden som beskrivits ovan styr utfallet.

Tabell 14. Medeltal för antalet stammar efter röjning (st/ha) inom landsdelar och ägarklasser

	Enskilda ägare	Övriga ägare
Norra Norrland	2 000	2 200
Södra Norrland	3 500	2 900
Svealand	2 700	2 400
Götaland	3 500	3 200

För varje yta som kategoriseras som ”etablerad skog” beräknas ett prioritetstal för gallring som beräknats utifrån markägarbeteende enligt Riksskogstaxeringen. Provytan med högst prioritetstal gallras först och därefter gallras ytorna med fallande prioritetstal tills det maximala gallringsuttaget för respektive län, ägare och period uppnåtts. Storleken på gallringsuttaget vid varje ingrepp styrs av gallringsmallar. Gallringens utförande då det gäller val av träd styrs med hjälp av funktioner för trädslagsandelar, hög- eller låggallring, och uttag över diameterklasser. I detta fall har föryngringsträdslaget gynnats, och är styrd mot låggallring. För att jämföra om inställningarna motsvarade hur gallringarna utförs i praktiken användes rapporten ”Kunskapsplattform för skogsproduktion” (Skogsstyrelsen 2015b).

Gödsling

Underlag för att styra arealen gödsling i scenariot *Dagens skogsbruk* är hämtat från Skogsstyrelsens åtgärdsundersökning för åren 2009–2013. Den baserar sig på enkäter till skogsbruket om utförda åtgärder. I scenariot gödglas 52 000 hektar årligen. Den absoluta merparten av detta sker inom ägarklassen övriga, se tabell 15.

Tabell 15. Årlig areal gödsling, fördelat på landsdelar och ägarklass (hektar)

	Enskilda ägare	Övriga ägare
Norra Norrland	1 600	15 500
Södra Norrland	400	22 500
Svealand	600	10 700
Götaland	500	200
Hela landet	3 100	48 900

Hänsynsträd och högstubbar vid föryngringsavverkning

Underlag för att styra hur många, av vilka trädslag och med vilken diameter det i scenariot ska lämnas hänsynsträd och skapas högstubbar vid föryngringsavverkning är taget från Skogsstyrelsens hänsynsuppföljning. Uppgifterna avser inventeringsåren 2008–2012, vilket innebär att avverkningarna är gjorda 5 år tidigare i södra Sverige och 7 år tidigare i norra Sverige. Föryngringsavverkning sker enbart på virkesproduktionsmark vilket innebär att de lämnade hänsynsträden och skapade högstubbarna kommer redovisas i denna markanvändningsklass.

I genomsnitt lämnas drygt 11 hänsynsträd per hektar vid föryngringsavverkning på virkesproduktionsmark. Något mer i Svealand och Götaland och något mindre i Norrland. Enskilda ägare lämnar i genomsnitt något mer än övriga ägare, se tabell 16.

Tabell 16. Antal hänsynsträd som lämnas vid föryngringsavverkning på virkesproduktionsmark, fördelat på landsdelar och ägarklass (st/ha)

	Enskilda ägare	Övriga ägare
Norra Norrland	9,3	9,1
Södra Norrland	8,1	7,0
Svealand	13,7	9,8
Götaland	12,8	10,6

När det gäller skapade högstubbar så lämnas i genomsnitt drygt 4 st per hektar, mest i mellersta Sverige (Svealand och södra Norrland). Övriga ägare lämnar i genomsnitt något mer än enskilda ägare, se tabell 17.

Tabell 17. Antal skapade högstubbar vid föryngringsavverkning på virkesproduktionsmark, fördelat på landsdelar och ägarklass (st/ha)

	Enskilda ägare	Övriga ägare
Norra Norrland	2,4	4,4
Södra Norrland	3,9	5,7
Svealand	4,5	6,1
Götaland	3,8	4,6

2.3.2 Dagens skogsbruk – avverkning 90 procent av nettotillväxten (90 procent avverkning)

I scenariot sker en avverkning som är satt till 90 procent av den potentiella avverkningen, det vill säga av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark.

Syftet med scenariot är att ge användare av resultaten ett alternativ där avverkningen inte är så hög som i scenariot *Dagens skogsbruk*, se vidare kapitel 2.3 för resonemang om avverkningens storlek i scenarierna.

Skötsel, indelning i markanvändningsklasser, klimatförändringarnas påverkan på tillväxten och övriga allmänna förutsättningar är samma som i scenariot *Dagens skogsbruk*.

2.3.3 Dagens skogsbruk – avverkning 110 procent av potentiell avverkning (110 procent avverkning)

I förutsättningarna till scenariot ingår att sträva mot en avverkning som är 110 procent av den potentiella avverkningen, det vill säga av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark. Även om beräkningssystemet strävar mot en avverkning som är 110 procent av nettotillväxten är det inte givet att utfallet blir detta. Andra begränsande faktorer till exempel skogens åldersklassfördelning kan utgöra hinder för att uppnå den höga avverkningsnivån.

Syftet med scenariot är att ge användare av resultaten ett alternativ med högre avverkning än i scenariot *Dagens skogsbruk*, för att kunna studera effekterna av ett högre virkesuttag.

Skötsel, indelning i markanvändningsklasser, klimatförändringarnas påverkan på tillväxten och övriga allmänna förutsättningar är samma som i scenariot *Dagens skogsbruk*.

2.3.4 Dubbla naturvårdsarealer

I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* har fördelningen i markanvändning förändrats så att den areal som undantagits från skogsbruk (reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor) har fördubblats. Den tillkommande arealen som undantagits från skogsbruk fördelas ut per beräkningsområde så att totala andelen produktiv skogsmark som är undantagen från skogsbruk är densamma i alla beräkningsområden, ungefär 33 procent.

Scenariot har inte formulerats för att försöka spegla behov i relation till miljö kvalitetsmålen eller internationella åtaganden på miljöområdet. Utan syftet med scenariot är att spegla utvecklingen givet höga ambitioner på miljöområdet. Eftersom det i allmänhet är enklare och stabilare att interpolera resultaten mellan olika scenarier än att extrapolera dem, så valde vi vid formuleringen av scenariot att lägga ambitionen så högt så att pågående och kommande diskussioner, kring hur mycket mark som är lämpligt att undanta från skogsbruk, sannolikt ligger mellan ambitionerna i *Dagens skogsbruk* och de i *Dubbla naturvårdsarealer*.

De tillkommande arealer som undantas från skogsbruk förs till en ny markanvändningsklass som benämns *Ny naturvård*. Syftet med att tillskapa en ny markanvändningsklass för dessa arealer är att inte förutsätta hur eller med vilket verktyg (formella skydd, frivillighet eller annat) dessa arealer ska undantas från skogsbruk. Med tillskapandet av *Ny naturvård* kan läsaren själv föra resultaten inom *Ny naturvård* till någon av de övriga markanvändningsklasserna.

För att plocka ut lämpliga provytor som ska representera arealerna i ny naturvård har den metod som beskrivs i MINT-projektet och i J Lundströms avhandling om effektiva reservatsavsättningar använts (Lundström & Glimskär 2009, Lundström m.fl. 2011). Metoden innebär att för varje provyta beräkna ett mått som indikerar att ytan är värdefull att spara baserad på ett antal variabler (volym död ved, förekomst av gamla träd, andel lövträd med mera). För att sen nå upp till önskad areal per beräkningsområde har de ytor med högst poäng utanför reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor lagts till klassen ny naturvård till önskad areal uppnåtts.

Liksom för övriga scenarier så utförs beräkningarna på en produktiv skogsmarksareal som motsvarar 23 miljoner hektar. Liksom i scenariot *Dagens skogsbruk* utgör 3,6 procent av denna areal reservat, 5,8 procent frivilliga avsättningar och 7,0 procent hänsynsytor. Tillkommer gör markanvändningsklassen ny naturvård som omfattar 16,4 procent av den produktiva skogsmarken. Resterande 67,3 procent utgörs av virkesproduktionsmark, se tabell 18. Samma andel av ny naturvård som för frivilliga avsättningar och hänsynsytor sköts med naturvårdande skötsel, vilket innebär cirka 22 procent av arealen.

Tabell 18. Den produktiva skogsmarksarealens fördelning på markanvändningsklasser (1 000 hektar)

	Reservat	Frivilliga avsättningar	Hänsynsytor	Ny naturvård	Virkesproduktionsmark
Norra Norrland	486	543	449	795	4 680
Södra Norrland	105	319	538	928	3 878
Svealand	131	276	329	1 030	3 598
Götaland	100	197	302	1 034	3 380
Hela landet	822	1 335	1 619	3 786	15 537

Skötsel, avverkningsprinciper inklusive antalet lämnade hänsynsträd och högstubbar, klimatförändringarnas påverkan på tillväxten och övriga allmänna förutsättningar är samma som i scenariot *Dagens skogsbruk*.

2.3.5 Utan klimatförändring

I scenariot *Utan klimatförändringar* finns ingen påverkan av klimatförändringar på trädens tillväxt. Syftet med scenariot är att kunna kvantifiera effekterna på tillväxt med mera av klimatscenarioet RCP4,5 i *Dagens skogsbruk*.

Skötsel, indelning i markanvändningsklasser, avverkningsprinciper och övriga allmänna förutsättningar är samma som i scenariot *Dagens skogsbruk*.

2.3.6 Klimatförändring RCP8,5

I scenariot förutsätts en förändring av klimatet motsvarande utsläppscenario RCP8,5. Scenariot syftar till att man tillsammans med scenarierna *Dagens skogsbruk* och *Utan klimatförändringar* ska kunna studera klimatförändringarnas betydelse för resultaten från scenarierna.

Skötsel, indelning i markanvändningsklasser, avverkningsprinciper och övriga allmänna förutsättningar är samma som i scenariot *Dagens skogsbruk*.

2.4 Beräkningsresultat

På Skogsstyrelsens hemsida finns alla resultat från scenarioräkningarna att ladda hem. Där finns de upplagda som excelfiler, en för varje scenario. I excelfilerna finns resultaten uppdelade på beräkningsområden (län/länsdelar), markanvändningsklasser och ägarklasser. Till några av resultattablerna finns även historiska data kopplade. Det historiska materialet kommer från Riksskogstaxeringen (Axelsson & Cory 2015). Alla resultattabeller finns dock inte framtagna för samtliga scenarier.

2.4.1 Skogstillstånd, tillväxt, naturlig avgång, avverkning och skogsvård

I tabell 19 visas alla de resultattabeller som är framtagna och som beskriver skogstillstånd, tillväxt, naturlig avgång, avverkning och skogsvård. Tabellerna finns framtagna för samtliga 6 scenarier.

Tabell 19. Översikt över de resultattabeller som finns framtagna för skogstillstånd, tillväxt, naturlig avgång, avverkning och skogsvård

Tabell	Variabel	Enhet	Hist. data
Skogstillstånd			
1.1	Virkesförråd fördelat på trädslag	M m ³ sk	1926-
1.3	Virkesförråd fördelat på åldersklasser	m ³ sk/hektar	1955-
1.4	Stamantal per hektar fördelat på åldersklasser	st/hektar	1955-
1.5	Skogsmarksareal fördelat på åldersklasser	1 000 hektar	1926-
1.6	Andel skog äldre än lägsta ålder för föryngringsavverkning.	procent	
Tillväxt och avgång			
2.1	Årlig bruttotillväxt fördelat på trädslag	M m ³ sk/år	
2.2a	Årlig bruttotillväxt fördelat på åldersklasser	m ³ sk/hektar år	
2.2b	Årlig bruttotillväxt fördelat på åldersklasser	M m ³ sk/år	
2.3	Årlig naturlig avgång	M m ³ sk/år	
Avverkning (all avverkning exklusive röjning)			
3.1	Årlig bruttoavverkning fördelat på trädslag	1 000 m ³ sk/år	
3.2	Årlig bruttoavverkning fördelat på timmer- och massaved	1 000 m ³ fub/år	
3.3	Avverkade stammars medeldiameter	cm	
3.4	Avverkning som är föranledd av simulerade stormar	1 000 m ³ sk/år	
Föryngringsavverkning			
4.1	Årlig bruttoavverkning fördelat på trädslag	1 000 m ³ sk/år	
4.2	Årlig bruttoavverkning fördelat på timmer- och massaved	1 000 m ³ fub/år	
4.3	Genomsnittligt uttag per hektar	m ³ sk/hektar	
4.4	Genomsnittlig ålder vid föryngringsavverkning	År	
4.5	Årlig föryngringsavverkad areal	hektar/år	
Gallring			
5.1	Årlig bruttoavverkning fördelat på trädslag	1 000 m ³ sk/år	
5.2	Årlig bruttoavverkning fördelat på timmer- och massaved	1 000 m ³ fub/år	
5.3	Genomsnittligt uttag per hektar	m ³ sk/hektar	
5.4	Årlig areal	hektar/år	
Röjning			
6.1a	Årlig bruttoavverkning	1 000 m ³ sk/år	
6.2	Genomsnittligt uttag per hektar	m ³ sk/hektar	
6.3	Årlig röjd areal	1 000 hektar/år	
Skogsvård			
7.1	Årlig gödslad areal	1 000 hektar/år	
7.2	Årlig föryngringsareal fördelad på föryngringsmetod	1 000 hektar/år	
7.3	Årlig markberedd areal	1 000 hektar/år	

Historiska data finns framtaget som motsvarar tabellerna 1.1–1.5 om virkesförråd, stamantal och åldersklasser.

Som redogjorts för i kapitel 2.1.6 så har en stormmodul byggts in i RegVis. Stormmodulen repeterar ett historiskt stormmönster i beräkningarna. När man studerar resultaten i liten geografisk skala (för enstaka beräkningsområden) kan stormarna ha stor betydelse för resultaten, både i form av avverkningens storlek men också på skogstillståndet (åldersklassfördelning med mera). Som användare bör man därför studera tabell 2.3 Naturlig avgång och 3.4 Avverkning som är föranledd av simulerade stormar, i motsvarande område och geografisk skala, för att kunna tolka resultaten.

2.4.2. Primära skogsbränslen

Till scenarierna *Dagens skogsbruk* och *Dubbla naturvårdsarealer* finns framtaget en grupp tabeller som visar på potentialer av primära skogsbränslen. Tabellerna innehåller kvantiteter grot (grenar och toppar), stubbar och stamved som en följd av den avverkning som sker i respektive scenario. Stamveden är alltså samma som redovisas i tabell 3.1 ovan. Kvantiteterna redovisas i Ton TS och TWh. För grot och stubbar redovisas de dels totalt (brutto) och dels efter det att Skogsstyrelsens rekommendationer för grot- respektive stubbskörd beaktats, se bilaga 2 och 3. I SKA-VB 08 räknades även fram tekniskt och ekonomiskt tillgängliga kvantiteter och utbudskurvor för grot (Claesson m.fl. 2008). I SKA 15 har vi inte genomfört något motsvarande arbete där den ekonomiska aspekten av grot eller stubbskörd beaktats. Potentialer stubbar och grot redovisas i rundvirkes och skogsbränslebalanserna (Skogsstyrelsen 2015a).

Tabell 20. Översikt över de resultattabeller som finns framtagna för primära skogsbränslen

Tabell	Variabel	Enhet
8.1a	Årlig total mängd grot (brutto av gren, barr, topp) fördelat på avverkningsform	1 000 Ton Ts (G gram Ts)
8.1b	Årlig total mängd grot (brutto av gren, barr, topp) fördelat på avverkningsform	TWh
8.2a	Årlig mängd grot (grenar, barr och topp), netto efter att Skogsstyrelsens rekommendationer beaktats, fördelat på avverkningsform	1 000 Ton Ts (G gram Ts)
8.2b	Årlig mängd grot (grenar, barr och topp), netto efter att Skogsstyrelsens rekommendationer beaktats, fördelat på avverkningsform	TWh
8.3	Årlig mängd stamved (inklusive bark) fördelat på avverkningsform	1 000 Ton Ts (G gram Ts)
8.4a	Årlig mängd stubbar (brutto) uppdelat på avverkningsform	1 000 Ton Ts (G gram Ts)
8.4b	Årlig mängd stubbar (brutto) uppdelat på avverkningsform	TWh
8.5a	Årlig mängd stubbar i förnygringsavverkning, netto efter att Skogsstyrelsens rekommendationer beaktats	1 000 Ton Ts (G gram Ts)
8.5b	Årlig mängd stubbar i förnygringsavverkning, netto efter att Skogsstyrelsens rekommendationer beaktats	TWh

2.4.3 Miljövariabler

Till scenarierna *Dagens skogsbruk*, *Dubbla naturvårdsarealer*, *90 procent avverkning* och *110 procent avverkning* är det framtaget ett antal tabeller med variabler som avser att beskriva miljöförhållanden. Till tabell 9.2b Arealandel gammal skog och 9.3b Area-

andel äldre lövrik skog är det även framtaget motsvarande historiska data. För definitioner av skogstyper, gammal skog och äldre lövrik skog se kapitel 2.1.1.

I de fall där jämförelser görs med historiska data är det vissa skillnader i hur variablerna definierats. I RegVis är till exempel ålder och trädslagsblandning baserad på de enskilda träden på provytan, medan de i det historiska datat är bedömningar i fält på provytan och dess omgivning (20-m ytan). Detta innebär att det kan bli vissa nivåskillnader i övergången från historiskt data till resultaten från SKA 15.

Tabell 21. Översikt över de resultattabeller som finns framtagna för olika miljövariabler

Tabell	Variabel	Enhet	Hist. data
9.1a	Skogsmarksareal fördelat på skogstyper	1 000 hektar	
9.1b	Arealandel i olika skogstyper	procent	
9.2a	Areal äldre lövrik skog	1 000 hektar	
9.2b	Arealandel äldre lövrik skog	procent	1955-
9.3a	Areal gammal skog	1 000 hektar	
9.3b	Arealandel gammal skog	procent	1975-
9.5a	Areal äldre lövrik skog med förekomst av hård död ved	1 000 hektar	
9.5b	Andel äldre lövrik skog med förekomst av hård död ved	procent	
9.9	Gamla träd fördelat per trädslag	antal träd/km ²	
9.11	Åldersklassfördelning körskadekänslig mark	1 000 hektar	
9.12	Areal klassad som habitat enligt Riksskogstaxeringen	hektar och andel	

3 Resultat

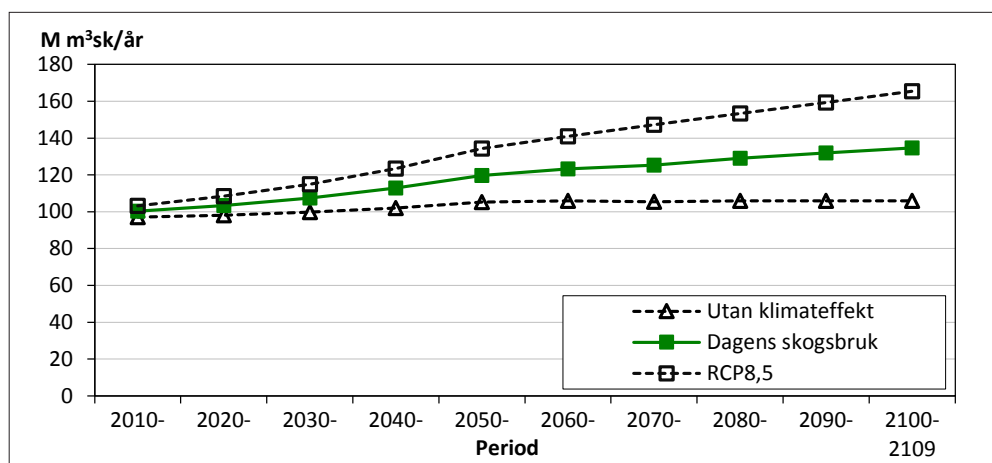
3.1 Klimatets påverkan på tillväxten

I följande kapitel redovisas skillnaden i tillväxt mellan scenarierna *Dagens skogsbruk*, *Utan klimatförändring* och *Klimatförändring RCP8,5*. Scenarierna är beskrivna i kapitel 2.3. Det som skiljer dessa tre scenarier åt är storleken i effekten på tillväxten av framtida förväntade klimatförändringar, alla andra förutsättningar är lika. Scenariot *Utan klimatförändring* har ingen påverkan på tillväxten av ett förändrat klimat. I scenariot *Dagens skogsbruk* är det inlagt en påverkan på tillväxten som motsvarar klimatscenario RCP4,5, medan det i scenariot *Klimatförändring RCP8,5* är inlagt en påverkan på tillväxten som motsvara klimatscenario RCP8,5. Klimatscenarioerna är beskrivna i Eriksson m.fl. 2015b.

Klimatförändringarnas påverkan på tillväxten har mycket stor inverkan på resultaten från de scenarier som beräknats i SKA 15. Av den anledningen inleder vi resultatkapitlet med att redogöra för storleksordningen av denna inverkan. Effekten av klimatscenario RCP4,5 finns med i samtliga övriga scenarier utöver *Dagens skogsbruk* (det vill säga 90 procent avverkning, 110 procent avverkning och Dubbla naturvårdsarealer).

I figur 4 redovisas den totala tillväxten i skog på virkesproduktionsmark i scenarierna *Dagens skogsbruk*, *Utan klimatförändringar* och *RCP8,5*. Tillväxten i scenariot *Utan klimatförändringar* är under första tioårsperioden 97 miljoner m³sk/år och ökar sedan successivt fram till 2050–2060 för att därefter stabiliseras på 106 miljoner m³sk/år. Tillväxten ökar beror dels på användningen av förädlad material och dels på ett successivt ökat virkesförråd.

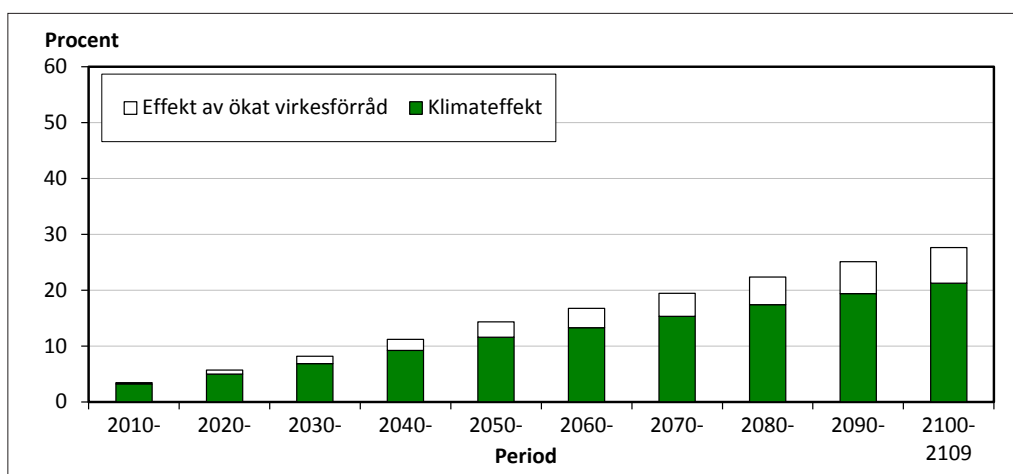
Redan under de första tioårsperioderna påverkan klimatförändringarna i *Dagens skogsbruk* tillväxten så att den i skog på virkesproduktionsmark är 3,2 miljoner m³sk/år högre i första tioårsperioden och 5,3 miljoner m³sk/år i andra tioårsperioden, jämfört med *Utan klimatförändring*. Skillnaden mellan scenarierna ökar därefter med tiden för att i slutet av 100-årsperioden uppgå till 28,7 miljoner m³sk/år.



Figur 4. Tillväxt (miljoner m³sk/år) i scenarierna *Utan klimateffekt*, *Dagens skogsbruk* (RCP4,5) och *RCP8,5*, hela landet, virkesproduktionsmark och alla ägare.

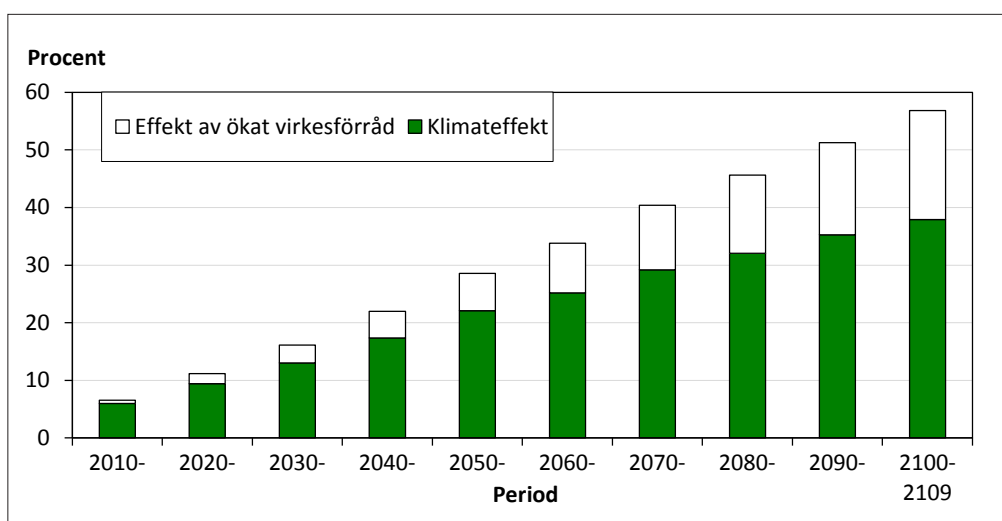
Klimatscenarioet RCP8,5 innebär jämfört med RCP4,5 högre utsläpp av växthusgaser, och leder därmed till en större effekt på klimatet och en större påverkan på tillväxten. I förhållande till scenariot *Utan klimatförändringar* leder RCP8,5 till en tillväxtökning på 6,2 miljoner m³sk/år respektive 10,4 miljoner m³sk/år under de första tioårsperioderna. Liksom för *Dagens skogsbruk* ökar effekten succesivt under 100-årsperioden till 59,4 miljoner m³sk/år under den sista beräknade tioårsperioden.

Tillväxtökningen orsakad av den klimatförändring som RCP4,5 leder till finns redovisad uttryckt i procent på all produktiv skogsmark i figur 5. Eftersom avverkningsberäkningen i RegVis baseras på nettotillväxten i föregående period och eftersom klimatförändringarna leder till en succesivt ökad tillväxt, kommer en större andel av tillväxten ackumuleras i ett ökat virkesförråd i *Dagens skogsbruk* (RCP4,5) jämfört med *Utan klimatförändringar*. I figuren nedan är effekten som beror på en skillnad i utveckling av virkesförrådet separerad från den direkta klimateffekten. Effekten av ett ökat virkesförråd är då egentligen inte en effekt av ett förändrat klimat utan en effekt av hur scenarierna beräknas i RegVis. Tillväxtskillnaden mellan scenarierna *Utan klimatförändringar* och *Dagens skogsbruk* ökar succesivt för att efter 100 år uppgå till 27,6 procent. Av denna förändring kan 6,3 procentenheter tillskrivas en skillnad i virkesförråd mellan scenarierna och 21,3 procentenheter en ökad tillväxt på grund av ett förändrat klimat.



Figur 5. Tillväxtökning på grund av klimatförändringen i *Dagens skogsbruk* (RCP4,5) som andel av tillväxten *Utan klimateffekt*, uppdelat på den direkta klimateffekten och effekten av ett succesivt ökat virkesförråd, hela landet, all produktiv skogsmark och alla ägare.

På motsvarande sätt visas effekten av RCP8,5 i figur 6. Tillväxten på all produktiv skogsmark är efter 100 år i RCP8,5 56,8 procent högre än den i *Utan klimatförändring*. Av denna tillväxtökning beror 18,9 procentenheter på ett ökat virkesförråd och resterande 37,9 procentenheter på ett förändrat klimat.



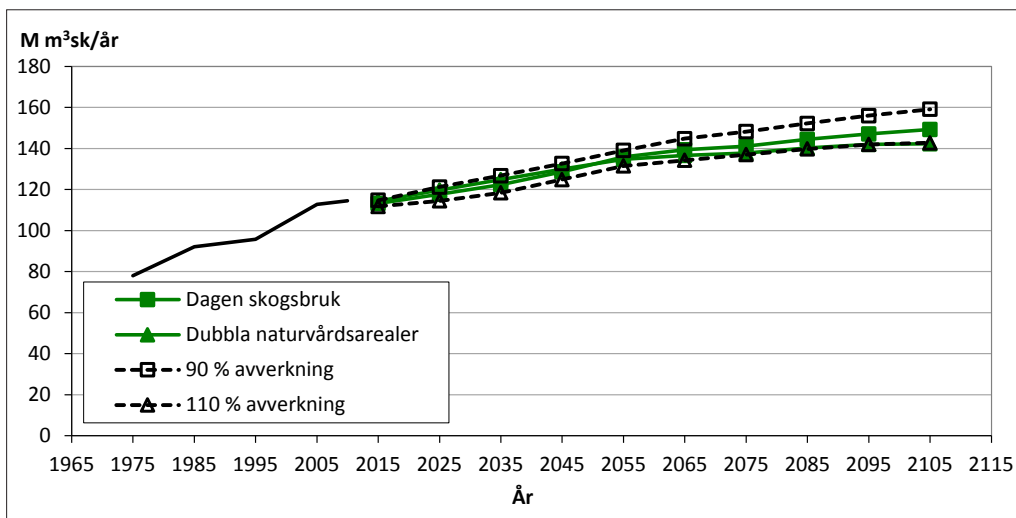
Figur 6. Tillväxtökning på grund av klimatförändringen i RCP8,5 som andel av tillväxten utan klimatteffekt, uppdelat på den direkta klimatteffekten och effekten av ett succesivt ökat virkesförråd, hela landet, all produktiv skogsmark och alla ägare.

3.2 Tillväxt, naturlig avgång, avverkning och förändring av virkesförrådet

I följande kapitel redogörs för utvecklingen av tillväxt, naturlig avgång, avverkning och förändring av virkesförrådet. Utvecklingen av dessa fyra storheter är beroende av varandra. Den årliga bruttotillväxten kommer att fördela sig på naturlig avgång, avverkning och/eller till en förrådsförändring. Viktigt i det här sammanhanget är att komma ihåg att avverkningens storlek i de här scenarieberäkningarna beror av nettotillväxtens storlek. I *Dagens skogsbruk* och *Dubbla naturvårdsarealer* sätts avverkningen, något förenklat, i varje period till nettotillväxten i föregående period. I scenarierna *90 procent avverkning* och *110 procent avverkning* sätts avverkningen till 90 respektive 110 procent av nettotillväxten i föregående period. I scenariot *110 procent avverkning* kommer dock inte 110 procent av nettotillväxten avverkas under hela 100-årsperioden. Redan i den andra tioårsperioden kommer avverkningens storlek begränsas av skogstillståndet, mer om detta i kapitel 3.3.2.

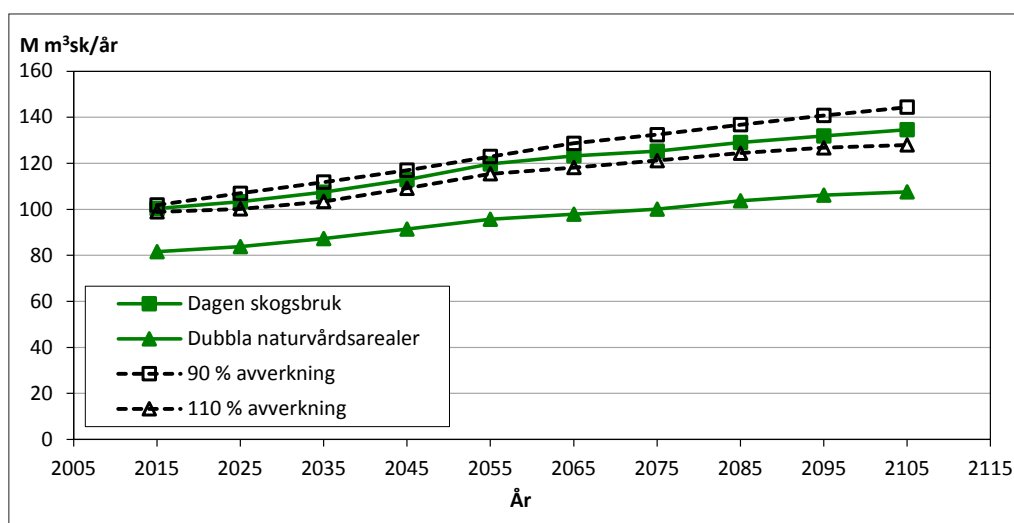
I figur 7 redovisas den historiska bruttotillväxten från 1973 fram till 2010 och i de beräknade scenarierna på all produktiv skogsmark exklusive produktiv skogsmark i formellt skyddade områden, det vill säga den markanvändningsklass som för enkelhets skull kallas för reservat i SKA 15. Anledningen till att reservat exkluderats från framställningen är för att harmoniera med det historiska datat. Tillväxten har ökat från cirka 80 miljoner m³sk/år, år 1973, till cirka 114 miljoner m³sk/år, år 2010. Samtliga fyra scenarier startar på denna nivå, då de utgår från skogstillståndet 2010. Tillväxten 2015, som visas i diagrammet är dock något påverkat av den första tioårsperiodens avverkning, vilken varierar i scenarierna. Samtliga scenarier följer en snarlik utveckling med en ökande tillväxt över tiden. I scenariot *Dagens skogsbruk* ökar tillväxten succesivt för att efter 100 år vara cirka 150 miljoner m³sk/år. I scenarierna *110 procent avverkning* och *Dubbla naturvårdsarealer* ökar tillväxten något mindre, till cirka 142 miljoner m³sk/år. I fallet med *110 procent avverkning* beror det på att avverkningen inledningsvis varit

högre än i *Dagens skogsbruk* vilket sänkt virkesförrådet och därmed tillväxten, medan det i fallet med *Dubbla naturvårdsarealer* beror på att tillväxten på den större arealen som är undantagen från skogsbruk på sikt kommer att avta.



Figur 7. Tillväxt på produktiv skogsmark exklusive reservat. För åren 1975–2010 data från Riksskogstaxeringen, från 2010–2110 beräknade scenarier från SKA 15.

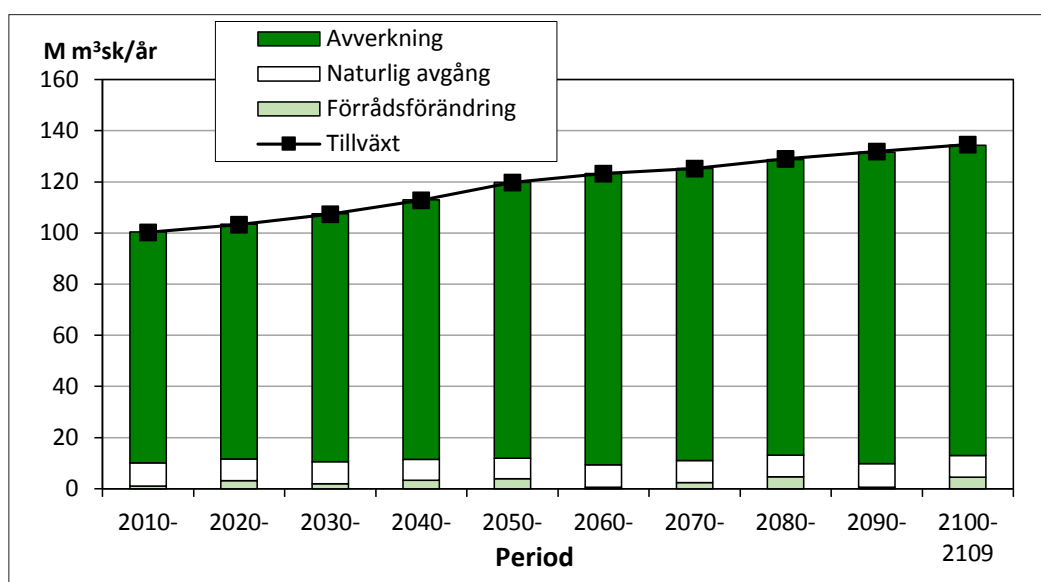
I skog på virkesproduktionsmark kommer skillnaden mellan scenarierna vara större, se figur 8. I scenariot *Dagens skogsbruk* är tillväxten under första tioårsperioden cirka 100 miljoner m³sk/år, den ökar sedan succesivt för att efter hundra år vara cirka 135 miljoner m³sk/år. Scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* avviker från de övriga scenarierna genom att ha en cirka 19 procent lägre tillväxt i skog på virkesproduktionsmark under den första tioårsperioden. Det beror naturligtvis på att arealen virkesproduktionsmark är lägre i det scenariot. I scenarierna *90 procent avverkning* och *110 procent avverkning* kommer tillväxten på virkesproduktionsmark öka respektive minska i förhållande till den i scenariot *Dagens skogsbruk*. Detta är en effekt av att en lägre respektive högre avverkning leder till ett succesivt större eller mindre virkesförråd, som i sin tur leder till en högre eller lägre tillväxt. I dessa scenarier ökar tillväxten till cirka 160 miljoner m³sk/år respektive cirka 142 miljoner m³sk/år efter 100 år.



Figur 8. Tillväxt i skog på virkesproduktionsmark uppdelat på scenarier.

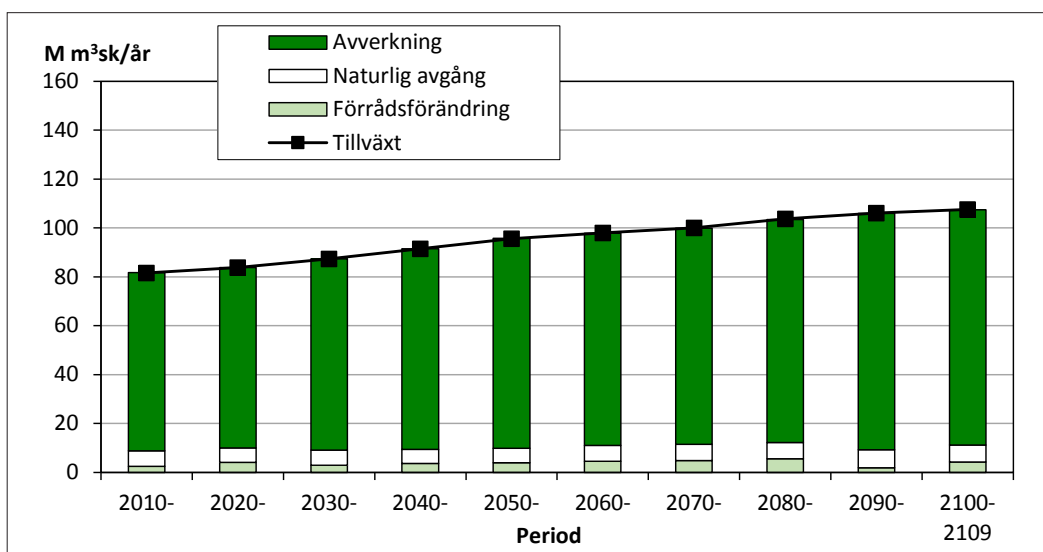
3.2.1 Virkesproduktionsmark

Av bruttotillväxten i skog på virkesproduktionsmark om cirka 100 miljoner m³sk/år i scenariot *Dagens skogsbruk*, under första tioårsperioden, avverkas cirka 90 miljoner m³sk/år. Av de resterande cirka 10 miljoner m³sk/år avgår cirka 9 miljoner m³sk/år som naturlig avgång medan cirka 1 miljoner m³sk leder till en ökning av virkesförrådet. I relativa tal minskar den naturliga avgången något från cirka 9 procent av bruttotillväxten till cirka 6 procent. Även om ambitionen i scenariot *Dagens skogsbruk* är att avverka hela nettotillväxten (bruttotillväxt minus den naturliga avgången) så görs det rent tekniskt genom att basera avverkningen i en tioårsperiod på nettotillväxten i föregående period. Det här gör att en mindre andel av nettotillväxten kommer att sparas i ett ökande virkesförråd. Under hela 100-årsperioden ökar virkesförrådet med 10 procent. I slutet av 100-årsperioden har tillväxten som tidigare sagts ökat till cirka 135 miljoner m³sk/år varav cirka 121 miljoner m³sk/år kommer avverkas.



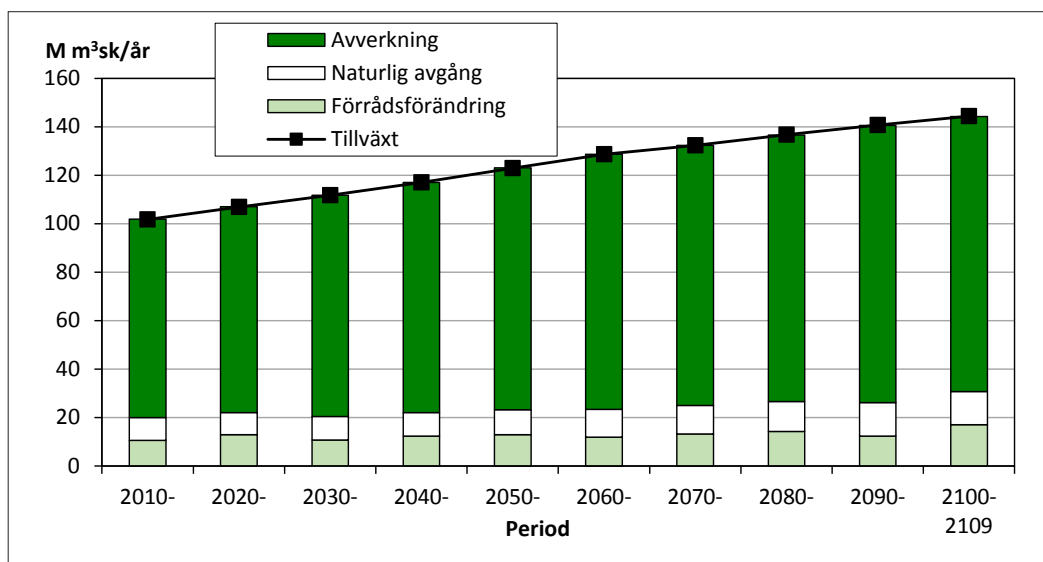
Figur 9. Årlig tillväxt, avverkning (inklusive röjning), naturlig avgång och förrådsförändring (miljoner m³sk/år) i scenariot *Dagens skogsbruk*, virkesproduktionsmark och alla ägare.

I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* är förhållandet mellan och utvecklingen av tillväxt, naturlig avgång, avverkning och förrådsförändring i skog på virkesproduktionsmark snarlik den i scenariot *Dagens skogsbruk*. Skillnaden ligger i att virkesproduktionsmarken är cirka 3,8 miljoner hektar mindre, vilket gör att storleken på alla dessa variabler är mindre än i *Dagens skogsbruk*. Av bruttotillväxten under första tioårsperioden på cirka 82 miljoner m³sk/år avverkas 73 miljoner m³sk/år. Av resterande 9 miljoner m³sk avgår cirka 7 miljoner m³sk/år som naturlig avgång och virkesförrådet ökar med 2 miljoner m³sk/år. I slutet av 100-årsperioden har bruttotillväxten i skog på virkesproduktionsmark i *Dubbla naturvårdsarealer* ökat till cirka 108 miljoner m³sk/år, varav cirka 96 miljoner m³sk/år avverkas, 7 miljoner m³sk/år avgår som naturlig avgång och virkesförrådet ökar med cirka 4 miljoner m³sk/år.



Figur 10. Årlig tillväxt, avverkning (inklusive röjning), naturlig avgång och förrådsförändring (miljoner m³sk/år) i scenariot Dubbla naturvårdsarealer, virkesproduktionsmark och alla ägare.

I scenariot 90 procent avverkning är ambitionen att avverka en lägre andel av nettotillväxten, 90 procent, än i Dagens skogsbruk. Det här leder naturligt till en betydligt högre ökning av virkesförrådet än i scenarierna Dagens skogsbruk och Dubbla naturvårdsarealer. Under 100-årsperioden ökar virkesförrådet med 51 procent. Av tillväxten under den första tioårsperioden på cirka 102 miljoner m³sk/år avverkas cirka 82 miljoner m³sk/år, cirka 10 miljoner m³sk/år avgår som naturlig avgång och virkesförrådet ökar med cirka 10 miljoner m³sk/år.

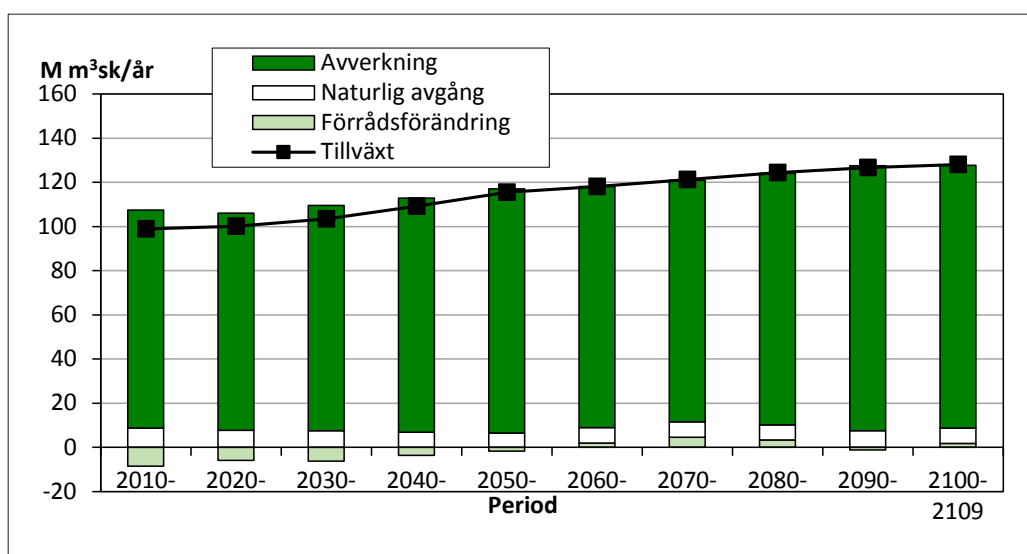


Figur 11. Årlig tillväxt, avverkning (inklusive röjning), naturlig avgång och förrådsförändring (miljoner m³sk/år) i scenariot 90 procent avverkning, virkesproduktionsmark och alla ägare.

På motsvarande sätt är ambitionen i scenariot 110 procent avverkning att avverka 110 procent av nettotillväxten. Även om ambitionen är att avverka 110 procent av nettotillväxten så faller andelen av nettotillväxten som avverkas över tiden och redan efter 40 år (2050–2060) avverkas i scenariot 110 procent avverkning mindre än 100 procent av

nettotillväxten. Orsakerna till detta försöker vi redogöra för i kapitel 3.3.2. I korthet så beror det på att skogstillståndet förändras av den höga avverkningsnivån på ett sätt som innebär att det är svårt att upprätthålla den höga avverkningsnivån.

I scenariot *110 procent avverkning* minskar virkesförrådet under de första 50 åren för att därefter i huvudsak öka. Virkesförrådet minskar med 256 miljoner m³sk, eller 8 procent, under de första 50 åren. Under första tioårsperioden är bruttotillväxten på virkesproduktionsmark cirka 100 miljoner m³sk/år, avverkningen är cirka 99 miljoner m³sk/år och cirka 9 miljoner m³sk/år avgår som naturlig avgång, vilket leder till att virkesförrådet minskar med cirka 8 miljoner m³sk/år.



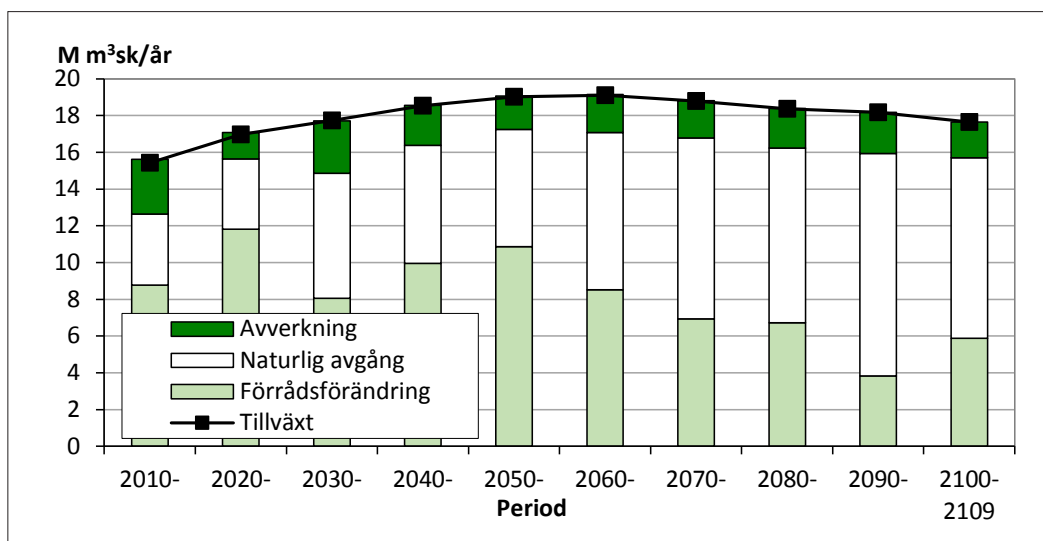
Figur 12. Årlig tillväxt, avverkning (inklusive röjning), naturlig avgång och förrådsförändring (miljoner m³sk/år) i scenariot 110 procent avverkning, virkesproduktionsmark och alla ägare.

3.2.2 Mark undantagen från skogsbruk

Arealen mark som undantagits från skogsbruk är identisk i scenarierna *Dagens skogsbruk*, *90 procent avverkning* och *110 procent avverkning*. På den delen av den produktiva skogsmarken är det inte heller några skillnader i förutsättningar i övrigt mellan dessa tre scenarier. Det här innebär att utvecklingen är identisk i dessa tre scenarier varför bara utvecklingen i *Dagens skogsbruk* och *Dubbla naturvårdsarealer* redovisas här.

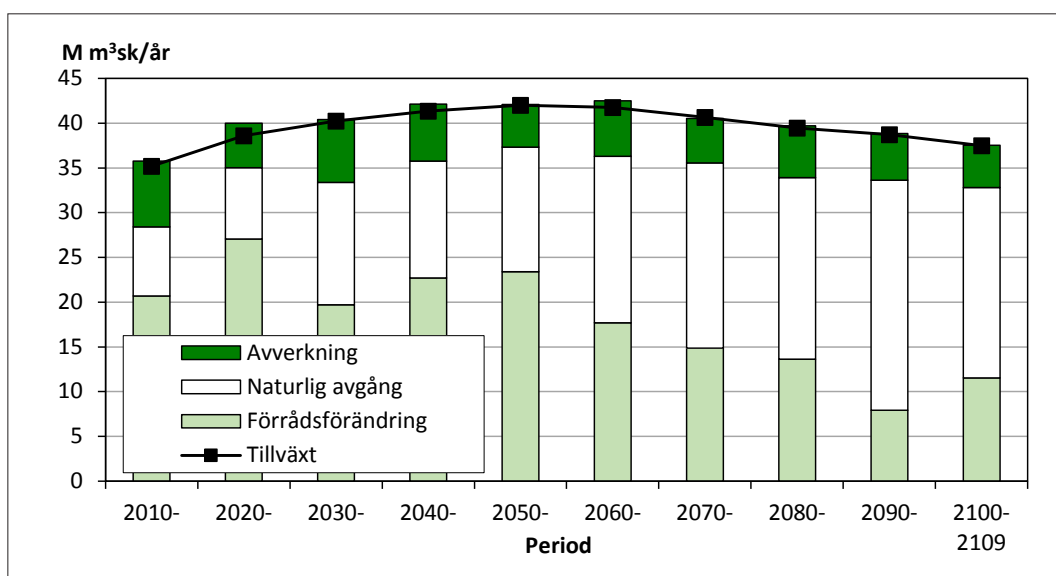
I skog på mark undantagen från skogsbruk sker en viss avverkning som naturvårdande skötsel i frivilliga avsättningar (på 25 procent av arealen) och i hänsynsytor (på 14 procent av arealen). Övrig areal frivilliga avsättningar och hänsynsytor samt alla reservat är lämnade för fri utveckling. De här förutsättningarna leder till att tillväxten i skog på mark undantagen från skogsbruk inledningsvis ökar under de första 50 åren för att därefter börja avta, se figur 13. Inledningsvis kommer merparten av tillväxten leda till en ökning av virkesförrådet men succesivt ökar den naturliga avgången så att den dominerande delen av tillväxten avgår i naturlig avgång under andra halvan av 100-årsperioden. Totalt ökar virkesförrådet i skog på mark undantagen från skogsbruk med 144 procent under 100-årsperioden, det vill säga den mer än fördubblas, se även kapitel 3.4.1.

Den naturvårdande skötseln i frivilliga avsättningar och hänsynsytor leder till en avverkning som varierar något men är i storleksordningen 2–3 miljoner m³sk/år under hela 100-årsperioden.



Figur 13. Årlig tillväxt, avverkning (inklusive röjning), naturlig avgång och förrådsförändring (miljoner m³sk/år). Dagens skogsbruk. Mark i reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor. Alla ägare.

Utvecklingen på mark undantagen från skogsbruk i scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* är snarlik den i *Dagens skogsbruk*. Den stora skillnaden är naturligtvis att de absoluta värdena på tillväxt och så vidare skiljer mycket, eftersom arealen är betydligt större, se figur 14. Mark undantagen från skogsbruk har fördubblats i scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* men tillväxten i skog på mark undantagen från skogsbruk har mer än fördubblats. Det här beror på att skogen på de tillkommande arealerna i genomsnitt är yngre och är inne i åldrar med en högre tillväxt, än den befintliga arealen undantagen från skogsbruk.

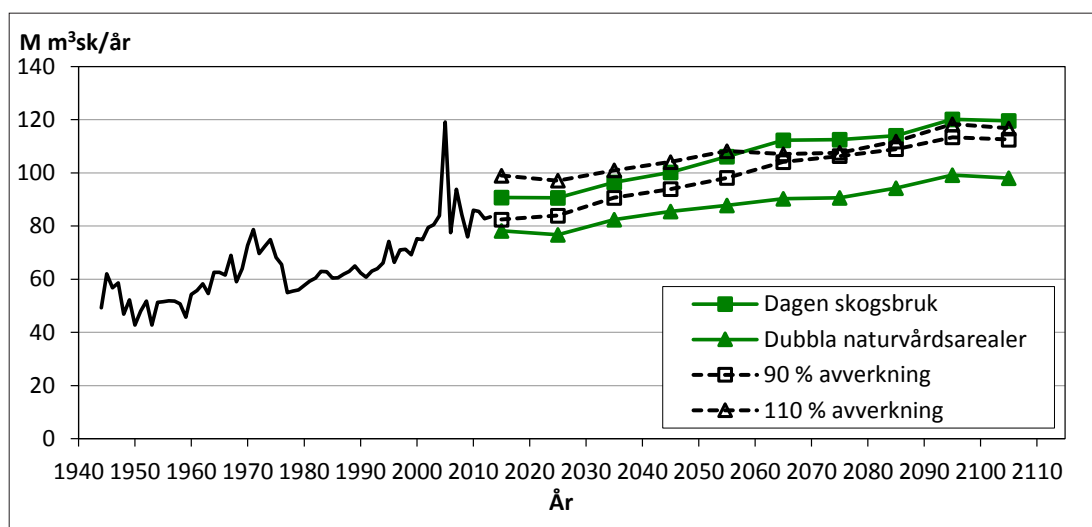


Figur 14. Årlig tillväxt, avverkning (inklusive röjning), naturlig avgång och förrådsförändring (miljoner m³sk/år). Dubbla naturvårdsarealer. Mark i reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor. Alla ägare.

3.3 Avverkning i scenarierna

Från 1940-talet och framåt har avverkningen succesivt ökat i takt med att virkesförrådet och tillväxten ökat, se figur 15. Utmärkande på kurvan över avverkningen är år 2005 då avverkningen var ovanligt hög i huvudsak på grund av stormen Gudrun. I samtliga fyra scenarier fortsätter tillväxten att öka och därmed avverkningsmöjligheterna.

Historiskt har tillväxten och därmed avverkningsmöjligheterna ökat som en följd av ett ökande virkesförråd, beroende på att avverkningen varit mindre än nettotillväxten. Även förbättringar i skogsodlingsmaterial och skogsvård har spelat roll. I scenariot *Dagens skogsbruk* där den absoluta majoriteten av nettotillväxten avverkas är det inte ett ökande virkesförråd som driver tillväxtökningen utan framför allt de effekter av ett förändrat klimat som ingår i scenariot. Observera att den historiska avverkningen ligger i nivå med avverkningen i scenariot *90 procent avverkning*, där ambitionen är att avverka 90 procent av nettotillväxten. Approximativt har den faktiska avverkningen under den senaste tioårsperioden legat på den nivån.



Figur 15. Avverkning av levande träd (miljoner m³sk/år) på produktiv skogsmark. 1944–2010 data från Skogsstyrelsen, från 2010–2110 beräknade scenarier från SKA 15.

I scenariot *Dagens skogsbruk* ökar avverkningen succesivt från 91 miljoner m³sk/år, 2010–2020, till 120 miljoner m³sk/år, 2100–2110, se tabell 22. Avverkningen i scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* ökar under motsvarande period från 78 miljoner m³sk/år till 98 miljoner m³sk/år. Skillnaden i avverkningen mellan dessa scenarier är större i södra Sverige än i norra på grund av att en större areal ny naturvårdsarealer är undantagna från skogsbruk i södra Sverige. I scenariot *90 procent avverkning*, där ambitionen är att avverka 90 procent av nettotillväxten, är avverkningen cirka 90 procent av den i *Dagens skogsbruk* under första tioårsperioden. Succesivt kommer dock nettotillväxten i scenariot *90 procent avverkning* bli högre relativt den i *Dagens skogsbruk*, vilket leder till att skillnaden i avverkningsnivå mellan scenarierna minskar.

I scenariot *110 procent avverkning*, där ambitionen är att avverka 110 procent av nettotillväxten, är avverkningen i första tioårsperioden cirka 10 procent högre än i *Dagens*

skogsbruk. Redan i andra tioårsperioden minskar dock den relativa skillnaden mellan dessa bägge scenarier. Till en del beror detta på att virkesförrådet och därmed nettotillväxten i scenariot *110 procent avverkning* sänks relativt den i *Dagens skogsbruk*, men till stor del beror det på att en så hög avverkning som 110 procent av nettotillväxten är svår att få ut med nuvarande skogsbruksprinciper (gallringsprinciper med mera) på grund av åldersklassfördelningen i vissa delar av landet. Redan under perioden 2020–2050 begränsas avverkningens storlek av skogstillståndet i Götaland, framför allt Kronobergs och Jönköpings län. Under andra halvan av 100-årsperioden, 2060–2080, begränsas avverkningens storlek tydligt av skogstillståndet i framför allt Norrbottens och Västerbottens län. Vi försöker utveckla detta vidare i kapitel 3.3.2.

Tabell 22. Avverkning, exklusive röjning, i de fyra scenarierna, uppdelat på landsdelar under fyra tioårsperioder (miljoner m³sk/år)

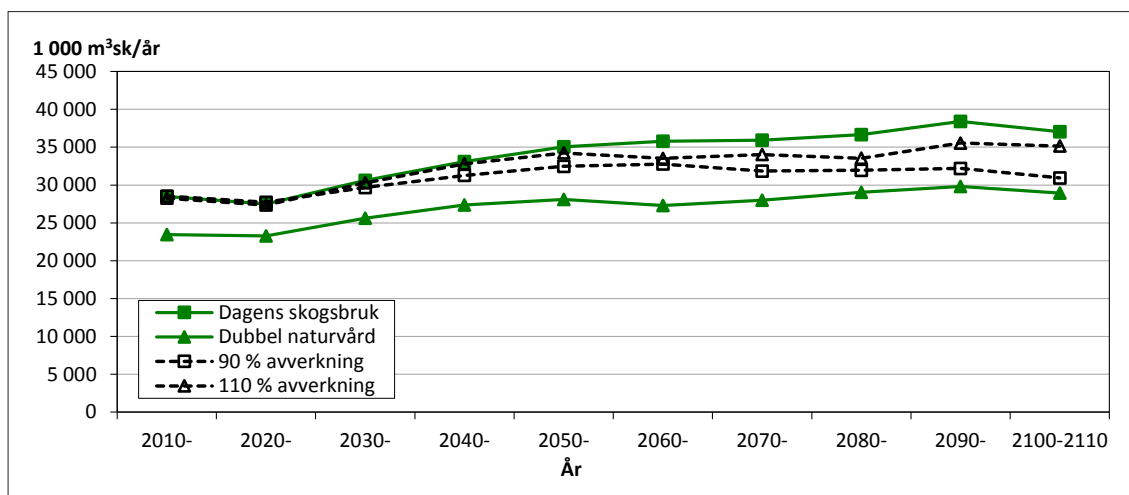
Scenario	Landsdel	2010–	2020–	2060–	2100–2110
Dagens skogsbruk	Norra Norrland	15,6	16,2	18,6	21,6
	Södra Norrland	21,4	21,8	25,9	27,9
	Svealand	25,4	25,2	30,9	32,2
	Götaland	28,5	27,6	36,9	37,9
	Hela landet	90,8	90,7	112,3	119,6
Dubbla naturvårdsarealer	Norra Norrland	13,8	14,2	14,2	18,9
	Södra Norrland	18,9	18,8	20,6	23,1
	Svealand	21,6	20,7	25,3	26,1
	Götaland	23,8	23,0	30,2	30,0
	Hela landet	78,1	76,7	90,3	98,0
90 procent avverkning	Norra Norrland	14,2	14,9	18,0	20,4
	Södra Norrland	19,2	20,1	23,8	26,6
	Svealand	23,2	23,3	28,6	30,7
	Götaland	25,8	25,6	33,7	34,8
	Hela landet	82,4	83,9	104,1	112,5
110 procent avverkning	Norra Norrland	17,0	17,3	16,1	21,9
	Södra Norrland	23,3	23,4	23,6	26,1
	Svealand	27,6	26,9	30,9	30,6
	Götaland	31,0	29,6	36,6	38,2
	Hela landet	99,0	97,1	107,1	116,8

I RegVis bestäms avverkningens storlek i varje beräkningsområde och inför varje simuleringsperiod utifrån nettotillväxten i beräkningsområdet. Avverkningen fördelas sedan på gallring och föryngringsavverkning. Den volym som kommer tas ut genom gallring beror på åldersklassfördelningen i bonitetsklasser inom beräkningsområdet. Resterande del av den bestämda avverkningsvolymen kommer tas ut som föryngringsavverkning.

Av figur 16 framgår volymen som avverkats genom gallring i de fyra scenarierna. Betraktar man scenarierna *Dagens skogsbruk*, *90 procent avverkning* och *110 procent avverkning* så är gallringsvolymerna i stort sett identiska i alla tre scenarier, under de första 20 åren av simuleringen (cirka 28 miljoner m³sk under perioden 2010–2020 och 27,5 miljoner m³sk under perioden 2020–2030). Det beror på att skogens åldersklass-

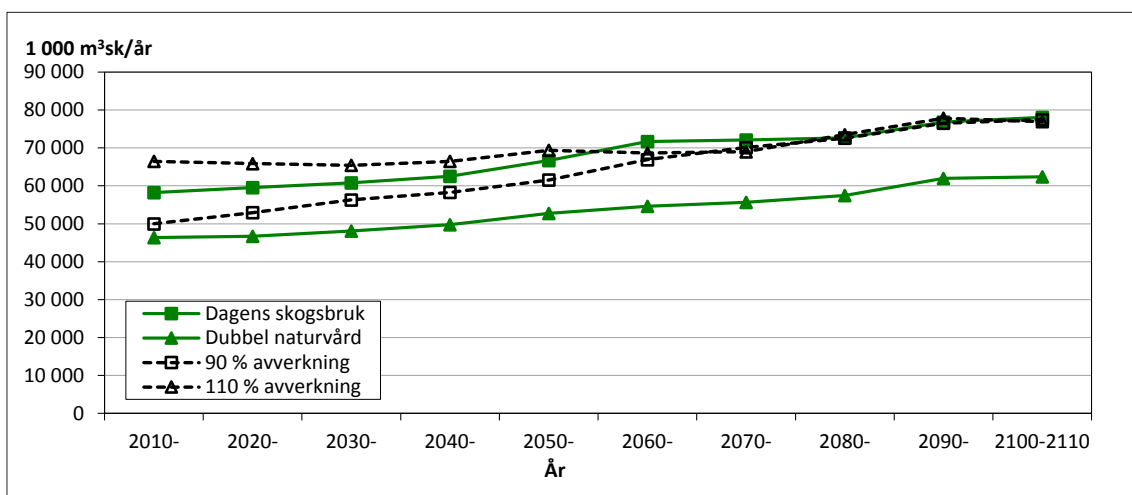
fördelning i de här scenarierna är identisk i starten av 100-årsperioden. På sikt kommer dock skogstillståndet utvecklas olika i de tre scenarierna, vilket leder till att den volym som tas ut genom gallring är lägre både i scenariot *90 procent avverkning* och i scenariot *110 procent avverkning*, relativt *Dagens skogsbruk*. I fallet med *90 procent avverkning* beror det sannolikt på att en lägre avverkningsnivå innebär att en mindre areal förnygringsavverkas, vilket på sikt kommer innebära att en mindre areal växer in från plantskog, ungskog och in i gallringsbar ålder. I fallet med *110 procent avverkning* beror det sannolikt på att den högre avverkningsnivån innebär att förnygringsavverkning sker i allt lägre åldrar (även ner i gallringsbara åldrar) vilket även det minskar den gallringsbara arealen.

I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* är den avverkade volymen genom gallring lägre än i övriga scenarier genom hela 100-årsperioden. Initialt har ju ytterligare arealer undantagits från skogsbruk, vilket minskat arealen i gallringsbar ålder.



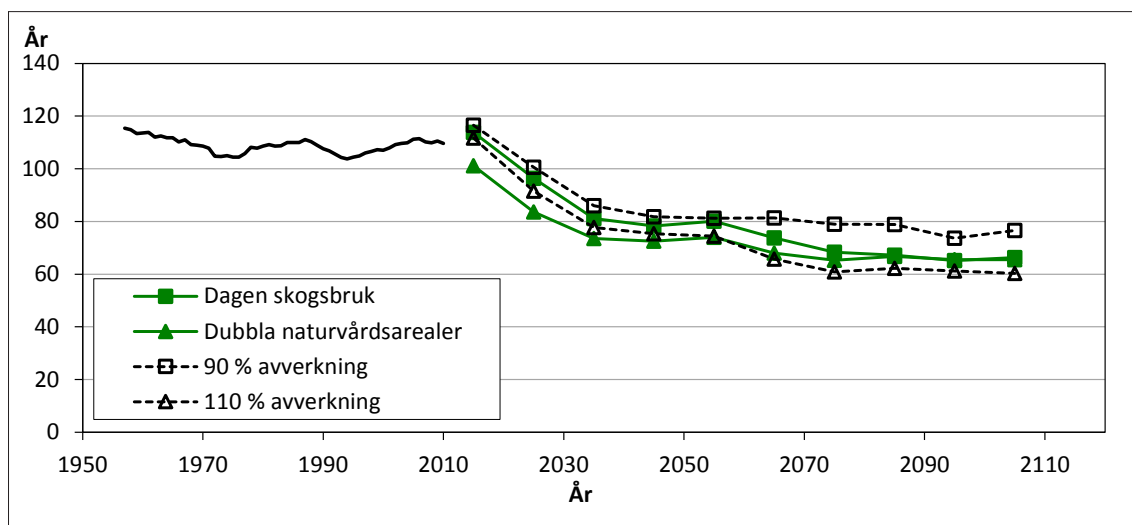
Figur 16. Avverkad volym (1 000 m³sk/år) uttagen genom gallring för de fyra scenarierna.

Av figur 17 framgår den volym som avverkas i scenarierna genom förnygringsavverkning. I *Dagens skogsbruk* ökar den förnygringsavverkade volymen från 58 miljoner m³sk/år, under perioden 2010–2020, till 78 miljoner m³sk/år, under perioden 2100–2110. Relationen mellan scenarierna följer det man kan förvänta sig utifrån totalt avverkad volym och avverkad volym uttagen i gallring, som redogörs för ovan.



Figur 17. Avverkad volym (1 000 m³sk/år) uttagen genom förnygringsavverkning i de fyra scenarierna.

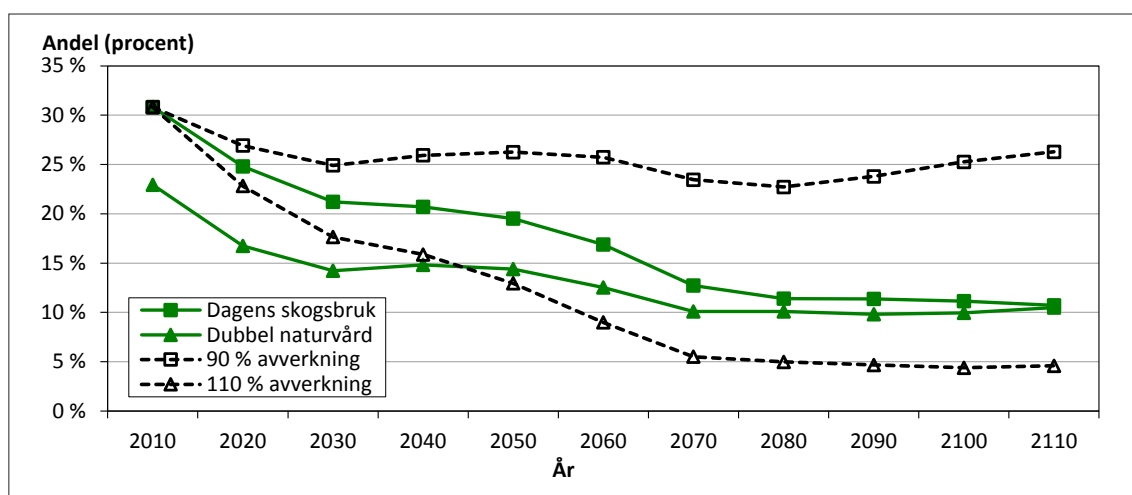
Den genomsnittliga åldern vid förnygringsavverkning visas historiskt från 1950-talet och för scenarierna i figur 18. Från 50-talet fram till 2010 har åldern vid förnygringsavverkning varit relativt stabil även om den fluktuerat en del. I samtliga scenarier faller den dock kraftigt under de första 30 åren. Från 50-talet och framåt har avverkningen varit betydligt lägre än den tillgängliga nettotillväxten, även om den närmast sig betydligt under 2000-talet. I scenarierna är en av förutsättningarna att avverka nettotillväxten eller, som i *90 procent avverkning*, nära nettotillväxten. Den i förhållande till nettotillväxten höga avverkningsvolymen i scenarierna driver ner den genomsnittliga åldern vid förnygringsavverkning. Även om scenarierna skiljer sig åt i hur fort eller hur kraftigt åldern minskar så är den generella trenden den samma i samtliga scenarier. I *Dagens skogsbruk* faller den från 114 år till 66 år under 100-årsperioden. I scenariot *90 procent avverkning* minskar den mindre, till 77 år, medan den i *110 procent avverkning* faller mer, till 60 år. I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* minskar åldern vid förnygringsavverkning initialt, på grund av att de ytterligare arealer som undantagits från skogsbruk i scenariot flyttat avverkning till skogar med en relativt lägre ålder.



Figur 18. Genomsnittlig ålder vid förnygringsavverkning (År). För åren 1957–2010 data från Riksskogstaxeringen, från 2010–2110 beräknade scenarier från SKA 15.

Andelen skog äldre än lägsta ålder för föryngringsavverkning, på virkesproduktionsmark, faller även den för samtliga scenarier, se figur 19. Detta trots att klimatförändringarna som är inlagda i modellen driver en utveckling mot ökade boniteter. Lägsta ålder vid föryngringsavverkning är ju satt i relation till boniteten. Som exempel kan nämnas att den genomsnittliga lägsta åldern vid föryngringsavverkning i Kronobergs län är 58,3 år i början av 100-årsperioden men minskar till 50,7 år i slutet, på grund av klimatförändringarna.

För *Dagens skogsbruk* faller andelen från 31 till 11 procent under 100-årsperioden. I *90 procent avverkning* faller andelen betydligt mindre och i *110 procent avverkning* betydligt mer. För scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* sker en initial minskning av andelen, jämfört med *Dagens skogsbruk*, av samma skäl som den genomsnittliga åldern vid föryngringsavverkning minskar initialt.



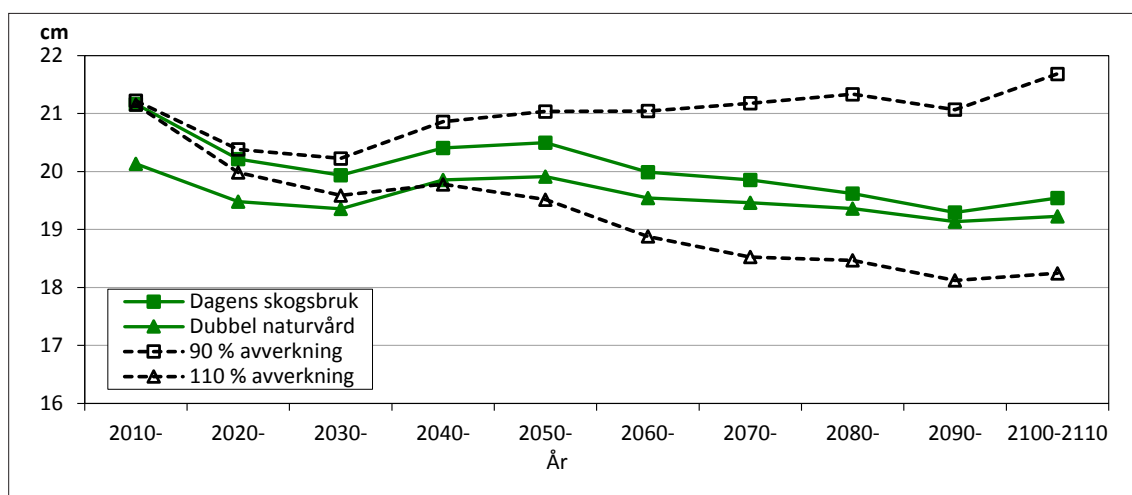
Figur 19. Arealandel (procent) skog som är äldre än lägsta ålder för föryngringsavverkning på virkesproduktionsmark för de fyra scenarierna.

Även om den föryngringsavverkade volymen ökar i *Dagens skogsbruk* med cirka 34 procent så ökar den föryngringsavverkade arealen enbart med 10 procent, eftersom den genomsnittliga volymen per föryngringsavverkad hektar ökar från 206 m³sk/ha till 251 m³sk/ha. I *90 procent avverkning* ökar den genomsnittliga avverkade volymen vid föryngringsavverkning kraftigare än i *Dagens skogsbruk*, till 329 m³sk/ha. Den lägre totala avverkningen i det scenariot leder succesivt till att skog föryngringsavverkas vid en högre ålder och därmed vid ett högre genomsnittligt virkesförråd. I scenariot *110 procent avverkning* sker det motsatta, det vill säga den genomsnittliga avverkade volymen vid föryngringsavverkning ökar mindre kraftigt än i *Dagens skogsbruk*, till 223 m³sk/ha. Här råder det motsatta orsaksförhållandet, det vill säga den högre totala avverkningen kommer leda till att bestånd avverkas vid en lägre genomsnittlig ålder och de kommer därmed ha ett lägre virkesförråd. I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* är den genomsnittliga avverkade volymen vid föryngringsavverkning i första tioårsperioden något lägre än i *Dagens skogsbruk*, 195 m³sk/ha, på grund av att den ytterligare arealen som undantagits från skogsbruk i det scenariot lett till en lägre ålder vid föryngringsavverkning. Under 100-årsperioden närmar sig dock *Dubbla naturvårdsarealer* scenariot

Dagens skogsbruk så att den genomsnittliga volymen vid förnygringsavverkning slutar på samma nivå.

Som framgått ovan så sjunker genomsnittsåldern vid förnygringsavverkning. Det leder även till att de avverkade stammarnas medeldiameter sjunker något även om man kan tänka sig att den sjunkande åldern motverkas av en högre genomsnittlig bonitet, på grund av de effekter av ett förändrat klimat som är inlagda i modellerna. Medeldiametern sjunker i genomsnitt vid all avverkning från 21,2 cm till 19,5 cm på hundra år i scenariot *Dagens skogsbruk*, se figur 20. Den är stabil eller ökar något i Norrland medan den sjunker i Svealand och Götaland.

I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* sker, liksom för avverkningsåldrarna, en initial minskning av medeldiametern jämfört med *Dagens skogsbruk* till 20,1 cm. Minskningen beror sannolikt på att äldre/grövre skog avsatts för naturvårdsändamål i scenariot, och därmed flyttat avverkningen till yngre/klenare skog. I scenariot *90 procent avverkning* ökar istället medeldiametern vid avverkning medan den i scenariot *110 procent avverkning* sjunker kraftigare än i *Dagens skogsbruk*.



Figur 20. Medeldiametern på avverkade stammar (cm) vid all avverkning exklusive röjning för de fyra scenarierna.

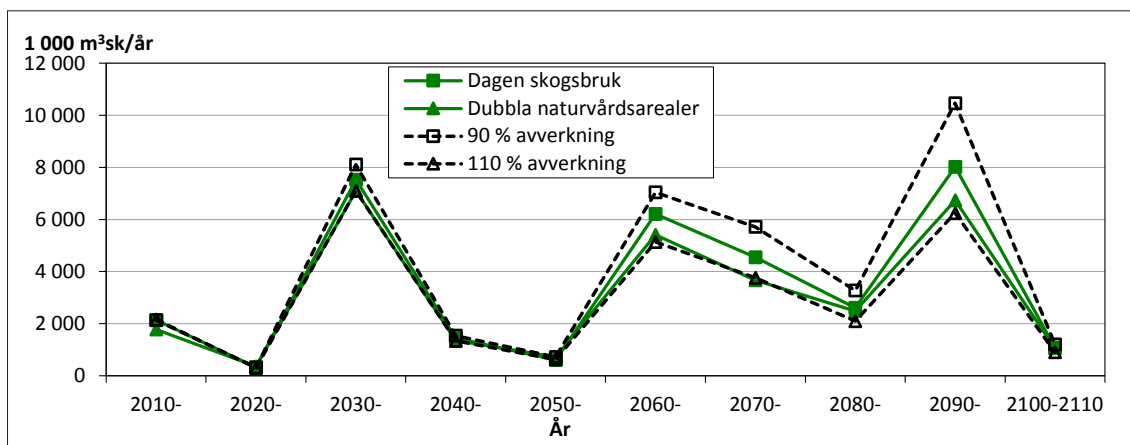
3.3.1 Stormsimuleringens effekt på avverkningen

I RegVis simuleras stormfällning genom att upprepa ett historiskt stormmönster, se kapitel 2.1.7. För att skapa simuleringsmodellen har ett historiskt material som omfattar 60 år använts. Vid simuleringarna återupprepas alltså det historiska stormmönstret (i tid och rum) i 60 år, därefter påbörjas ytterligare en upprepning i 40 år under de hundra år som scenarierna beräknats. Stormfällningens storlek beror av skogstillståndet vid varje enskilt tillfälle. Bland annat trädslagsblandning, trädhöjd, och gallringsingrepp påverkar på provyte-nivå mängden virke som fällt.

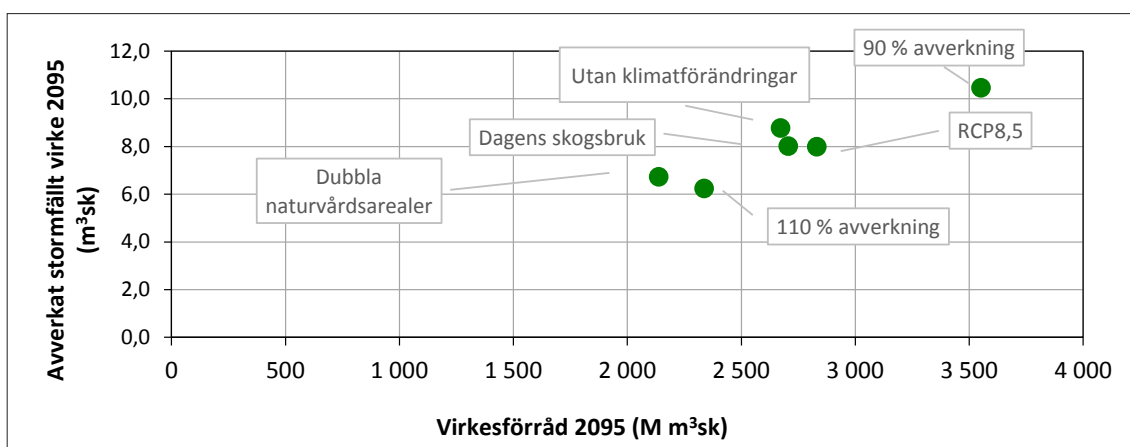
Av den stormfällda volymen tillvaratas 92 procent på virkesproduktionsmark, resterande 8 procent lämnas och bidrar till mängden död ved. På mark undantagen från skogsbruk sker inga uttag av stormfällda träd.

Den avverkad volym som är en direkt följd av simulerade stormar framgår av figur 21 för de fyra scenarierna. Storleken på den här avverknings varierar naturligtvis mycket mellan tioårsperioderna. Värdena avser medeltal under en tioårsperiod. För att sätta de simulerade stormarna i ett historiskt perspektiv så infaller stormen 1969 som en simulerad storm mellan 2030–2040. Den upprepas sedan 2090–2100. Stormarna Gudrun och Per infaller under tioårsperioden mellan 2060 och 2070.

Genom att jämföra utfallet i avverkad volym som en följd av simulerade stormar i de olika scenarierna 2030–2040 med utfallet 2090–2100 kan man dra slutsatser om skogstillståndet blivit mer eller mindre känsligt för stormfällning, eftersom det är samma stormmönster som infaller under dessa båda tioårsperioder. Utfallet 2090–2100 är för scenariot *Dagens skogsbruk* relativt likt utfallet 2030–2040. I scenariot *90 procent avverkning* leder stormarna 2090–2100 till en större stormfälld volym än 2030–2040 i skog på virkesproduktionsmark, skogstillståndet har utvecklats mot en större stormkänslighet. För scenarierna *Dubbla naturvårdsarealer* och *110 procent avverkning* gäller det motsatta.



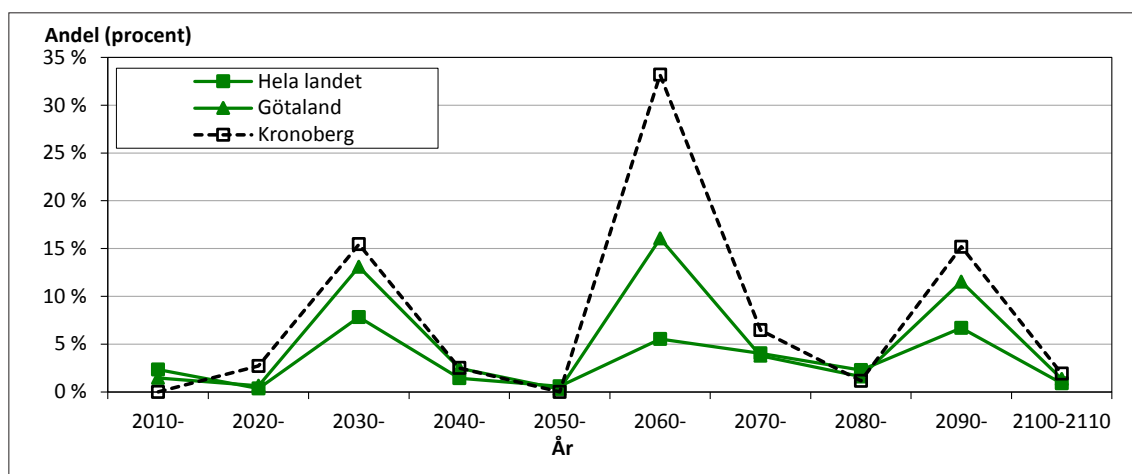
Figur 21. Avverkning som är föranledd av simulerad stormfällning i de fyra scenarierna (1 000 m³sk/år).



Figur 22. Sambandet mellan virkesförrådets storlek och avverkat stormfällt virke under tioårsperioden 2090–2100 för de sex scenarier som beräknats inom SKA 15.

Det förefaller i modellerna finnas ett starkt samband mellan hur stor volym som stormfällts och virkesförrådet vid tillfället då den simulerade stormen inträffar, se till exempel figur 22.

Av figur 23 framgår andelen av den totala avverkningen som är föranledd av simulerade stormar i tre olika skolor, för hela landet, Götaland respektive Kronobergs län. Av figuren framgår att de simulerade stormarna påverkar resultaten mer i liten geografisk skala, än vad de gör för hela landet. I liten geografisk skala (län) påverkar de simulerade stormarna såväl avverkningens storlek som skogstillståndet mycket under vissa tioårsperioder. Det här bör man vara medveten om när man använder resultaten på länsnivå.



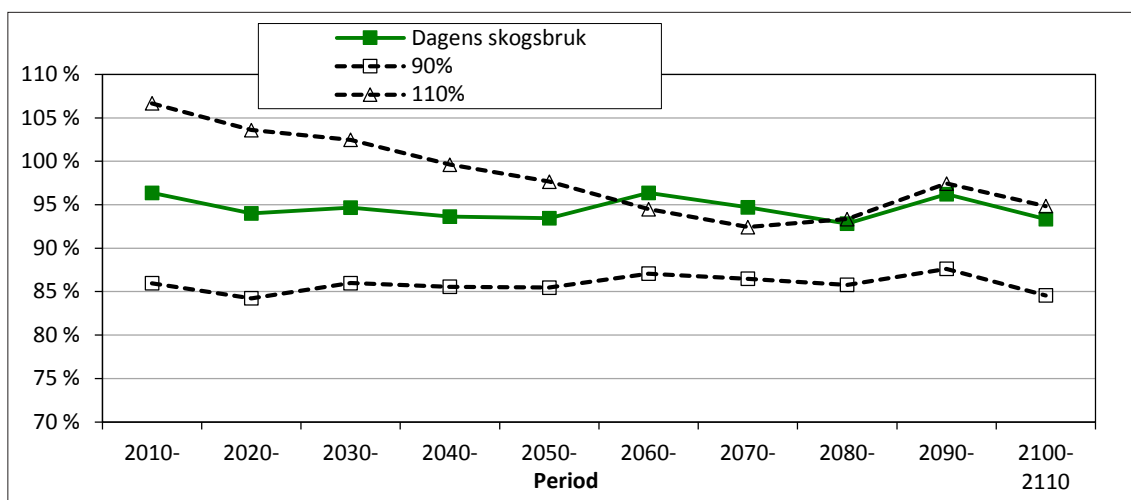
Figur 23. Andel (procent) av den totala avverkningen som är föranledd av simulerad stormfällning i scenariot Dagens skogsbruk för hela landet, Götaland respektive Kronobergs län.

3.3.2 Vad begränsar avverkningen i scenariot 110 procent avverkning?

Som tidigare nämnts begränsas avverkningen i 110 procent avverkning succesivt av skogstillståndet så att den efter 50 år är lägre än vad den är i Dagens skogsbruk. Den totala avverkningen under 100-årsperioden är ungefär lika i bägge scenarierna men med olika fördelning över tiden.

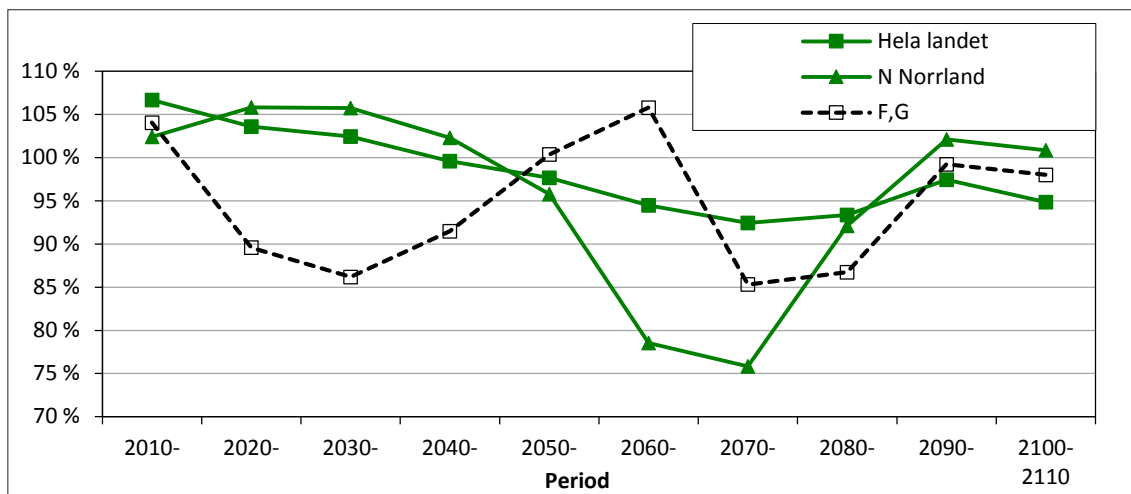
Även om nettotillväxten under 100-årsperioden sjunker något så sjunker avverkningen mer än vad som motsvaras av den sänkta nettotillväxten. Andelen av nettotillväxten som avverkas sjunker succesivt, se figur 24. Det här beror på att arealen skog i gallringsbar och förnygringsavverkningsbar ålder sjunker på grund av den höga avverkningsnivån. I RegVis beräknas avverkningens storlek utifrån nettotillväxten. Fördelningen mellan gallring och förnygringsavverkning bestäms sedan genom att gallringsvolymen bestäms utifrån skogens åldersklassfördelning inom bonitetsklasser. Sedan bestäms vilka ytor som ska gallras utifrån prioriteringsfunktioner, se kapitel 2.1.6. Därefter bestäms vilka ytor som ska förnygringsavverkas utifrån en annan uppsättning prioriteringsfunktioner.

Man kan inte enskilt peka på att det är på grund av att det finns för liten areal i gallringsbara åldrar, och inte heller att det finns för liten areal i förnygringsavverkningsbar ålder, utan det är den sammanlagda arealen som kan gallras eller förnygringsavverkas som inte räcker till för att avverka 110 procent av nettotillväxten. Allt eftersom åldern vid förnygringsavverkning minskar uppstår ett konkurrensförhållande mellan gallring och förnygringsavverkning.



Figur 24. Andel (procent) av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark som avverkas i scenarierna Dagens skogsbruk, 90 procent avverkning och 110 procent avverkning.

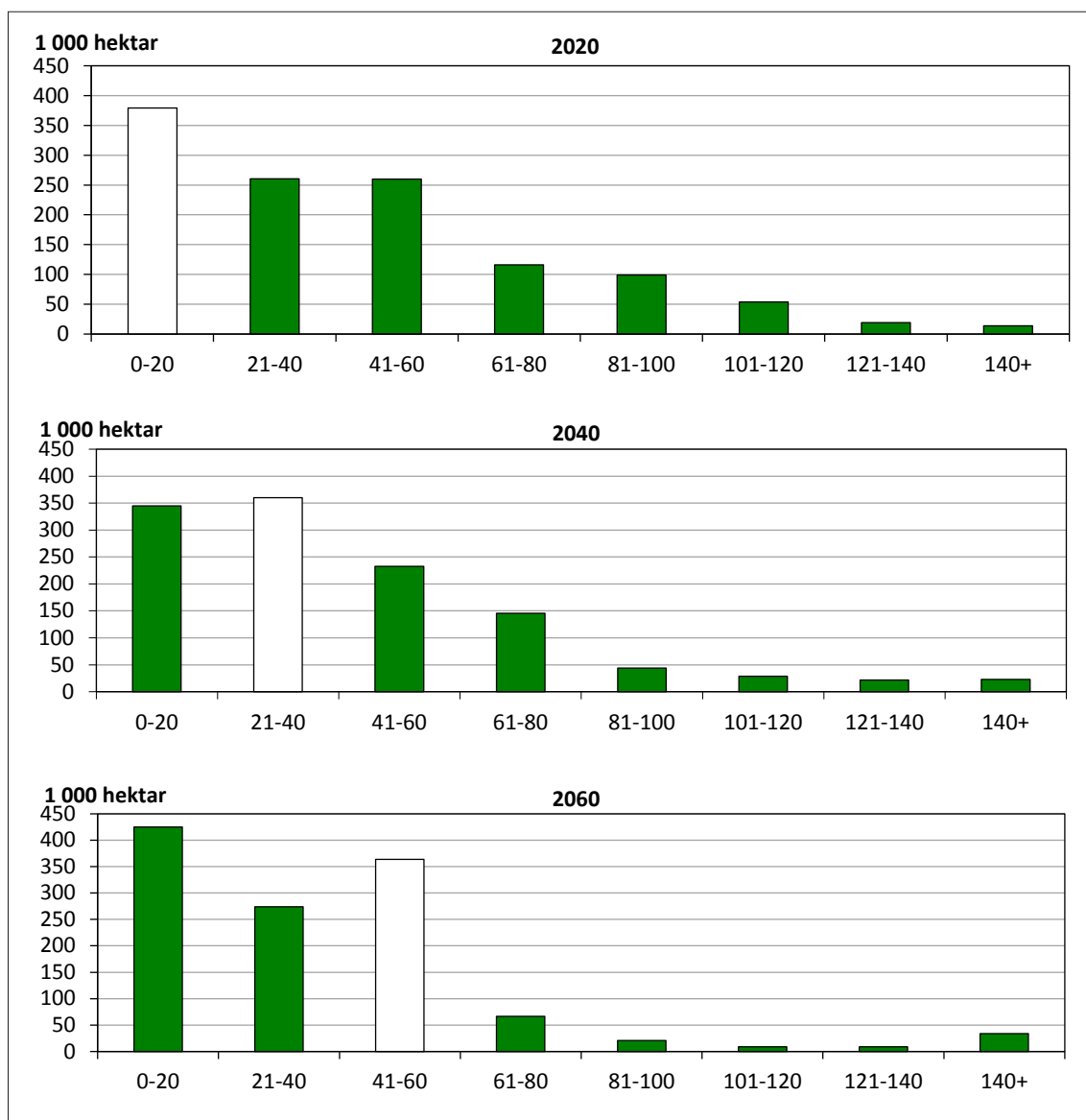
Norra Norrland och Götaland, speciellt Jönköpings- och Kronobergs län, avviker från den generella trenden genom att avverkningens andel av nettotillväxten minskar mycket mer, under vissa perioder, än vad som sker i landet som helhet. I Götaland sker detta redan i den andra tioårsperioden, 2020–2030, medan det i norra Norrland sker 2060–2080, se figur 25. I norra Norrland leder den höga avverkningsnivån under de första 50 åren till att arealen i gallringsbar eller förnygringsbar ålder inte räcker till för att hålla uppe avverkningsnivån, liksom för landet som helhet, även om reaktionen är kraftigare i norra Norrland. Även i scenariot *Dagens skogsbruk* hålls avverkningsnivån tillbaka något av åldersklassfördelningen i norra Norrland mellan 2060–2080, men inte alls lika uttalat som i scenariot *110 procent avverkning*.



Figur 25. Andel (procent) av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark som avverkas i scenariot 110 procent avverkning för hela landet, norra Norrland och Götaland.

I Götaland begränsas avverkningen av skogstillståndet redan 2020–2030, tydligast är detta i Jönköpings- och Kronobergs län. Redan 2010 har dessa län en åldersklassfördelning med en stor andel ungskog, ett resultat av stormarna Gudrun och Per som fällde stora arealer skog 2005 respektive 2007. I dessa två län begränsas avverkningen kraftigt av skogstillståndet fram till 2050, då arealerna som fälldes i Gudrun och Per växt in i en

ålder så att de börjar bidra till arealen som gallras eller förnygringsavverkas, se figur 26. Även i scenariot *Dagens skogsbruk* hålls avverkningsnivån tillbaka på grund av åldersklassfördelningen, men då bara tydligt i Kronobergs län.



Figur 26. Åldersklassfördelning i skog på virkesproduktionsmark i F och G län, 2020, 2040 och 2060 i scenariot 110 procent avverkning. Ej fyllda staplar motsvarar den åldersklass där arealerna som fälldes i stormarna Gudrun och Per befinner sig.

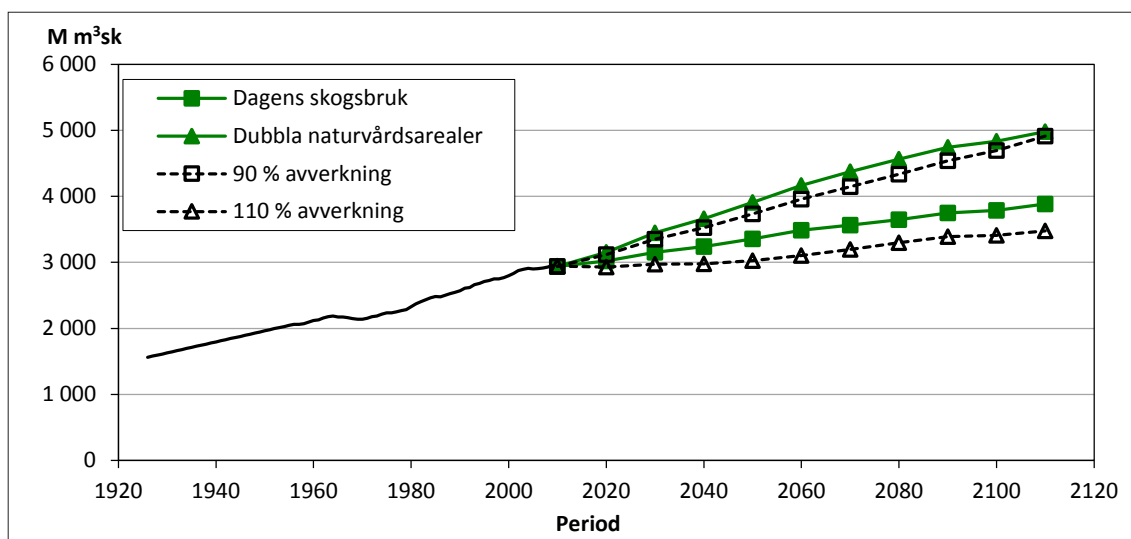
3.4 Skogstillstånd

I följande kapitel redovisas resultat kring det framtida skogstillståndet som scenarierna resulterar i. Utvecklingen av virkesförrådet, trädslagssammansättning, åldersstruktur, skogstyper och andelen gammal respektive äldre lövrik skog redovisas. Det framtida skogstillståndet påverkar såväl den framtida virkesförsörjningen, framtida miljöförhållanden och skogens betydelse för att motverka befärade klimatförändringar. Variabler kopplade till miljöförhållanden är utförligare redovisade och analyserade av Eriksson

m.fl. (2015a). Resultaten från scenarierna i SKA 15 arbetas vidare med i ett projekt på SLU som syftar till att belysa skogens roll i förhållande till de befarade klimatförändringarna (Lundblad 2015).

3.4.1 Virkesförråd

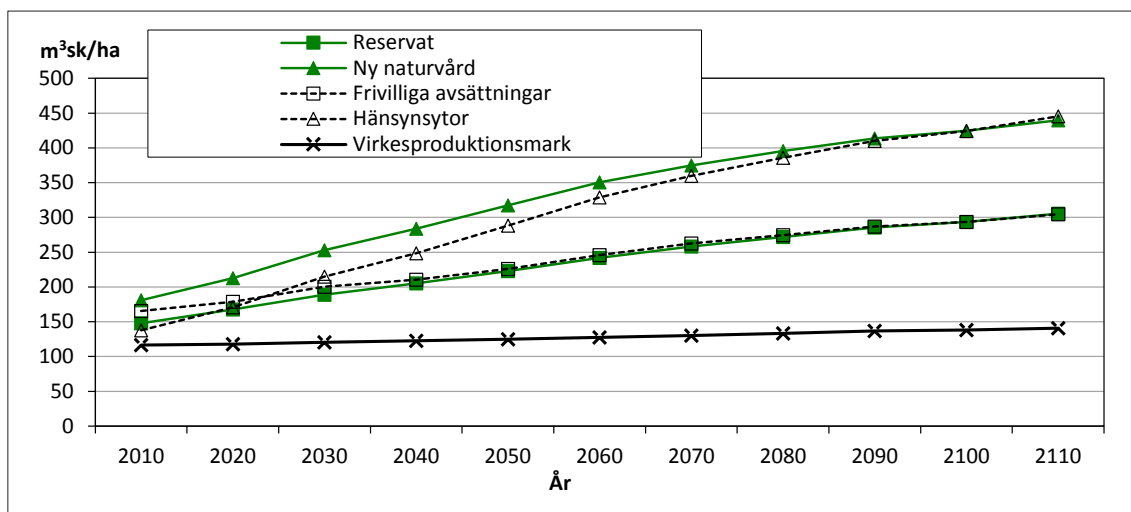
I figur 27 redovisas den historiska utvecklingen av virkesförrådet och den framtida utvecklingen i scenarierna på produktiv skogsmark utanför reservat. Historiskt har virkesförrådet fördubblats från 20-talet fram till idag, från 1,5 miljarder m³sk till knappt 3 miljarder m³sk. Den här utvecklingen har skett därför att äldre skog med ett lågt virkesförråd har avverkats och ersatts med ny skog som hållit ett högre virkesförråd. Virkesförrådsökningen är också ett resultat av att avverkningen historiskt varit betydligt mindre än nettotillväxten. I samtliga scenarier fortsätter virkesförråden att öka. I scenarierna *Dagens skogsbruk*, *110 procent avverkning* och *Dubbla naturvårdsarealer* ökar virkesförrådet framför allt i skog på mark undantagen från skogsbruk. I scenariot *90 procent avverkningen* sker även en påtaglig ökning av virkesförrådet i skog på virkesproduktionsmark, som ett resultat av den lägre avverkningsnivån.



Figur 27. Virkesförråd på produktiv skogsmark exklusive reservat (2014 års gränser). För åren 1926–2010 data från Riksskogstaxeringen (interpolerade värden mellan 1926 och 1955), från 2010–2110 beräknade scenarier från SKA 15.

Som tidigare nämnts så sker den allra största delen av ökningen i virkesförråd i skog på mark undantagen från skogsbruk. I figur 28 redovisas utvecklingen av virkesförrådet uppdelat på markanvändningsklasser i scenariot *Dubbla naturvårdsarealer*. Utvecklingen i markanvändningsklasserna reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor är, som tidigare nämnts, identisk i alla scenarier, eftersom arealen och förutsättningarna i övrigt är identiska. Som framgår av diagrammet så ökar virkesförrådet i samtliga markanvändningsklasser som undantagits från skogsbruk. För markanvändningsklasserna reservat och frivilliga avsättningar så ökar det från cirka 150 m³sk/ha till cirka 300 m³sk/ha under 100-årsperioden. I markanvändningsklasserna hänsynsytor och ny naturvård är ökningen betydligt kraftigare och de har ett virkesförråd på knappt 450 m³sk/ha efter 100 år. Skillnaden i utveckling mellan reservat och frivilliga avsättningar å ena sidan och ny naturvård och hänsynsytor å andra sidan beror sannolikt på att den senare

gruppen i starten i genomsnitt är yngre och att arealen är större i södra Sverige än norra, vilket leder till en högre genomsnittlig bonitet.

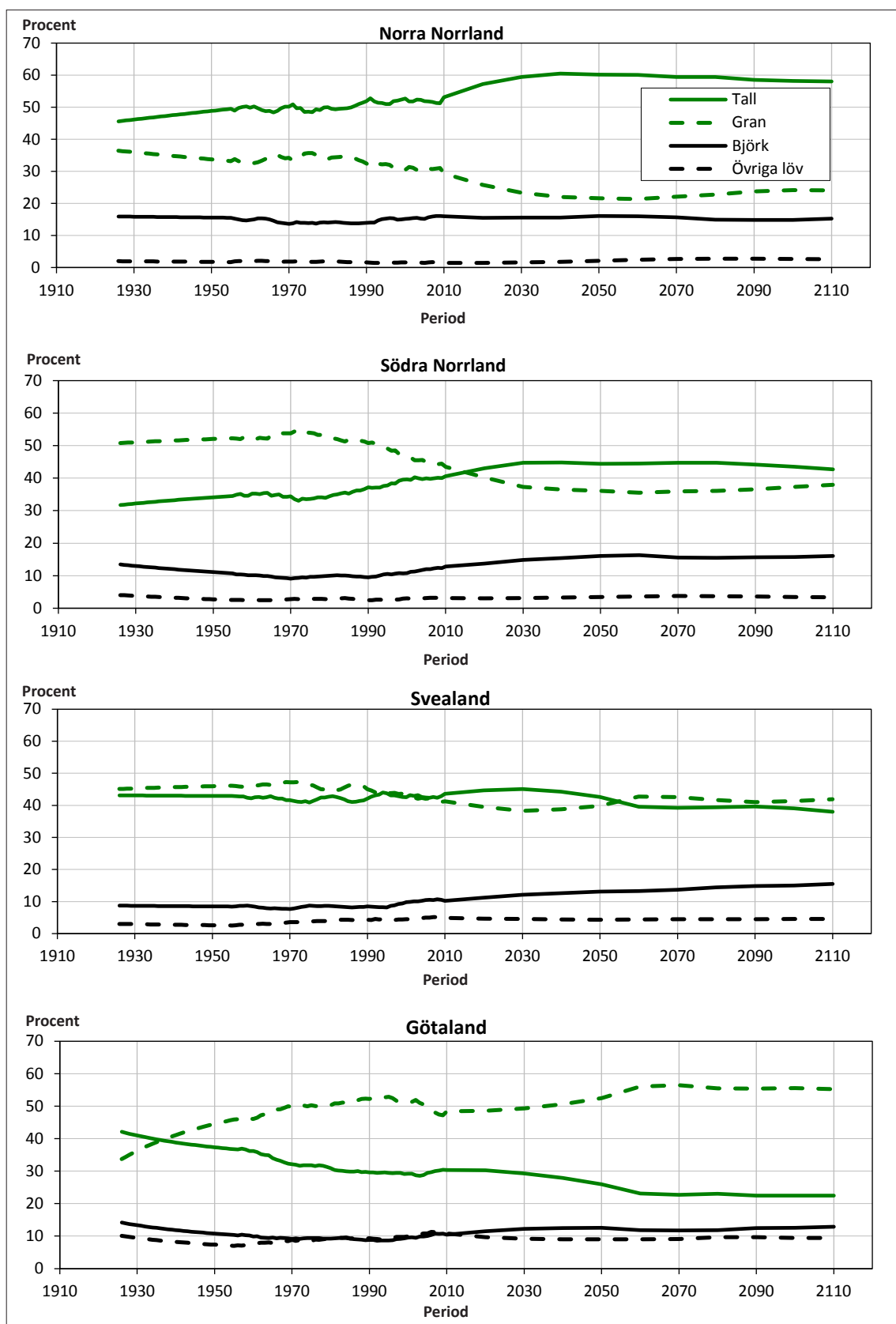


Figur 28. Virkesförrådets utveckling (m^3sk/ha) uppdelat på markanvändningsklasser. Dubbla naturvårdsarealer. Alla ägare.

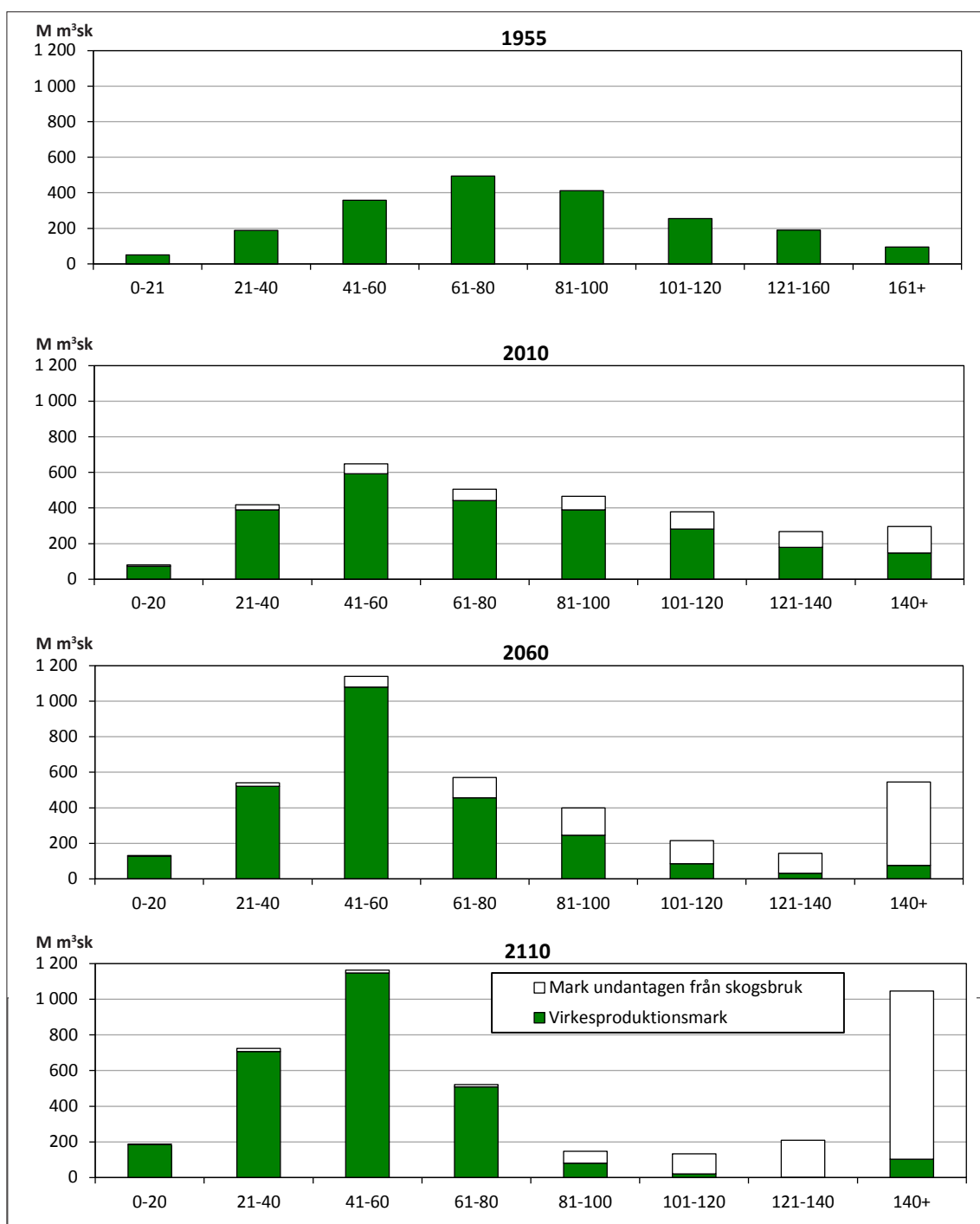
Som visats tidigare så ökar den naturliga avgången i skog på mark undantagen från skogsbruk kraftigt under 100-årsperioden, vilket leder till att ökningstakten av virkesförrådet minskar i slutet av 100-årsperioden. Även om vi inte räknat fram scenarierna mer än 100 år kan man misstänka att ökningen av virkesförrådet upphör ganska snart efter 2110.

Trädslagens andel av virkesförrådet har förändrats relativt mycket under senaste 70 åren, se figur 29. Trenderna är olika i olika delar av landet varför de utjämnas i landet som helhet. De historiska trenderna fortsätter i stort i scenarierna som beräknats i SKA 15. I norra och södra Norrland har tallens andel av virkesförrådet ökat historiskt, på bekostnad av granen, vilken minskat. Denna trend fortsätter under 20 år i *Dagens skogsbruk* varefter utvecklingen stabiliseras. I södra Norrland, Svealand och Götaland har björkens andel av virkesförrådet ökat de senaste 20 åren, en trend som även den fortsätter i scenariot. I Götaland har granens andel av virkesförrådet ökat kraftigt sedan 1920 talet, även detta en trend som fortsätter i scenariot *Dagens skogsbruk*, ökningen har skett och sker på bekostnad av andelen tall. Andelen gran av virkesförrådet ökar från 48 till 55 procent medan andelen tall minskar från 30 till 22 procent, mellan åren 2010 till 2110. Trädslagens andel av virkesförrådet presenteras även som kartor i bilaga 1. Se även redovisning av skogstyper i kapitel 3.4.3.

Av figur 30 framgår virkesförrådets fördelning på åldersklasser och på skog inom virkesproduktionsmark respektive mark undantagen från skogsbruk, under åren 1955, 2010, 2060 och 2110. Datat för 1955 kommer från Riksskogstaxeringen. Observera att de två sista åldersklasserna i diagrammet från 1955 inte är identiska med de två sista åldersklasserna i de övriga tre diagrammen. Successivt kommer en väldigt stor andel av virkesförrådet i skog på virkesproduktionsmark koncentreras i skog mellan 41 och 60 år gammal, samtidigt som en mycket stor andel av virkesförrådet på mark undantagen från skogsbruk koncentreras i åldersklassen över 140 år. Mer resultat om åldersstruktur presenteras i kapitel 3.4.2.



Figur 29. Trädslagens andel av virkesförrådet (procent) uppdelat på landsdelar, på produktiv skogsmark exklusive reservat. Från 1926 till 2010 data från Riksskogstaxeringen (interpolerade värden mellan 1926 och 1955), från 2010 till 2110 resultat från scenariot Dagens skogsbruk.



Figur 30. Virkesförrådet fördelat på åldersklasser (miljoner m³sk) 1955, 2010, 2060 och 2110. Data för 1955 från Riksskogstaxeringen. Data för 2010, 2060 och 2110 från scenariot Dagens skogsbruk. Observera att de två sista åldersklasserna i det översta diagrammet inte överensstämmer med de i de tre nedre diagrammen. För 1955 omfattar statistiken produktiv skogsmark utanför formella skydd medan resultaten från Dagens skogsbruk avser all produktiv skogsmark.

3.4.2 Åldersstruktur

Som tidigare redovisat sjunker den genomsnittliga åldern vid förnygringsavverkning kraftigt i scenarierna. Det här orsakas av att åldersstrukturen i skogen på virkesproduktionsmark successivt förändras, se figur 31. I figuren visas skog inom virkesproduk-

tionsmark och mark undantagen från skogsbruk, fördelat på åldersklasser, vid tre tidpunkter under framskrivningen av *Dagens skogsbruk*. Där framgår även den historiska åldersklassfördelningen 1926 och 1960. Observera att de sista två åldersklasserna i det historiska data inte är identisk med de två sista i scenariorisultaten.

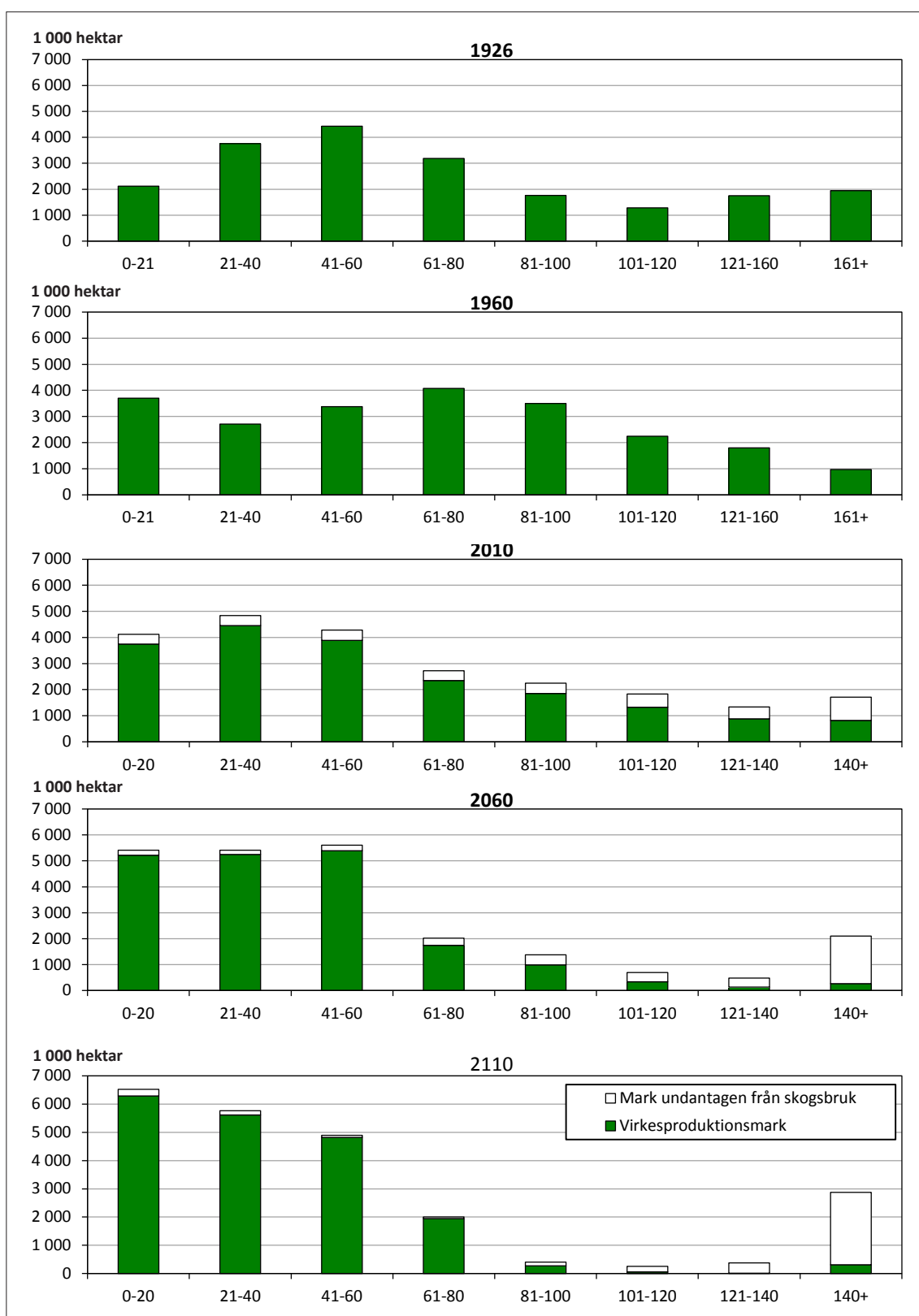
Som framgår av figur 31 så är efter 100 år den absoluta majoriteten av marken undantagen från skogsbruk äldre än 140 år. En liten del är fortfarande under 40 år vilket beror på att en del av marken undantagen från skogsbruk fällt i stormar.

Samtidigt minskar spridningen i åldrar i skogen på virkesproduktionsmark och arealen koncentreras i de lägre åldersklasserna. Efter 100 år är knappt någon skog på virkesproduktionsmark äldre än 80 år. Jämfört med det historiska datat (1926 och 1960) är den mest markanta skillnaden nedgången av areal i åldersklasserna mellan 80–120 år.

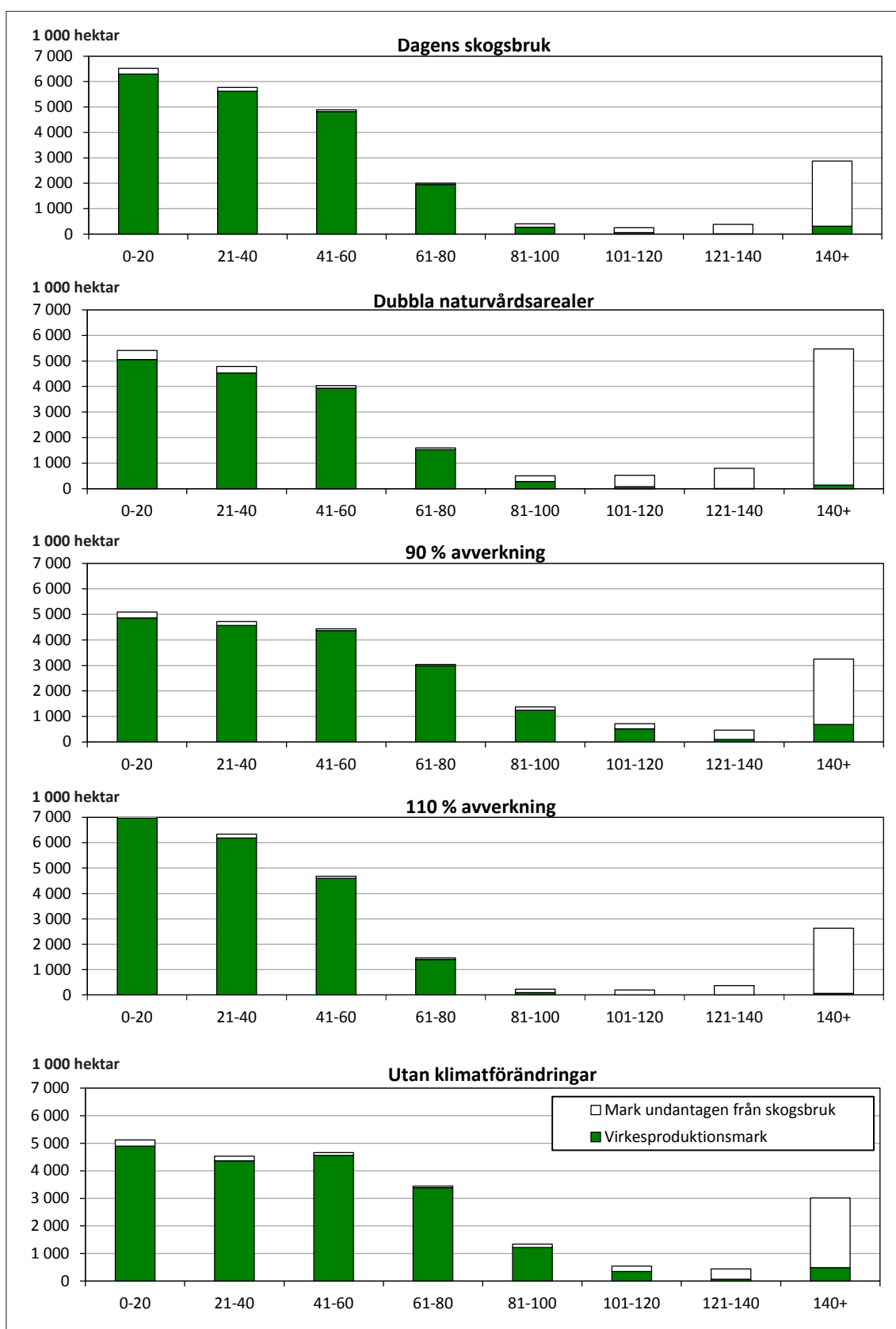
Om man jämför utvecklingen mellan scenarierna så kommer utvecklingen vara snarlik på virkesproduktionsmark mellan scenarierna *Dagens skogsbruk* och *Dubbla naturvårdsarealer*, med den skillnaden att den totala arealen virkesproduktionsmark är betydligt mindre i *Dubbla naturvårdsarealer* än i *Dagens skogsbruk*. I gengäld är ju mark undantagen från skogsbruk betydligt större i *Dubbla naturvårdsarealer*, vilket gör att det finns betydligt mer skog över 140 år, år 2110, se figur 32.

I scenariot med en lägre avverkad volym, det vill säga *90 procent avverkning*, blir koncentrationen i skogen på virkesproduktionsmarken på låga åldersklasser mindre uttalad, år 2010 finns det kvar skog på virkesproduktionsmark även i åldersklasserna 80–100 och 100–120 år. Vid en högre avverkning, som i *110 procent avverkning*, blir effekterna på åldersklassfördelningen i gengäld än mer uttalad än i *Dagens skogsbruk*.

För att belysa påverkan av den tillväxthöjande effekt av ett förändrat klimat som finns med i scenariot *Dagens skogsbruk* (RCP4,5) finns även åldersklassfördelningen 2110 i scenariot *Utan klimatförändringar* med i figur 32. Som framgår av figuren så accentuerar klimatförändringarna förändringen i åldersstruktur genom att den höjer tillväxten och därmed ökar avverkningen, vilket i sin tur driver på utvecklingen mot lägre åldrar i skog på virkesproduktionsmark.



Figur 31. Produktiv skogsmark uppdelat på åldersklasser. Data för 1926 och 1960 (de två översta diagrammen) från Riksskogstaxeringen. Data för 2010, 2060 och 2110 från scenariot Dagens skogsbruk. För Dagens skogsbruk är arealen även uppdelad i skog på virkesproduktionsmark och mark undantagen från skogsbruk. Observera att de två sista åldersklasserna i de två översta diagrammen inte överensstämmer med de i de tre nedre diagrammen.



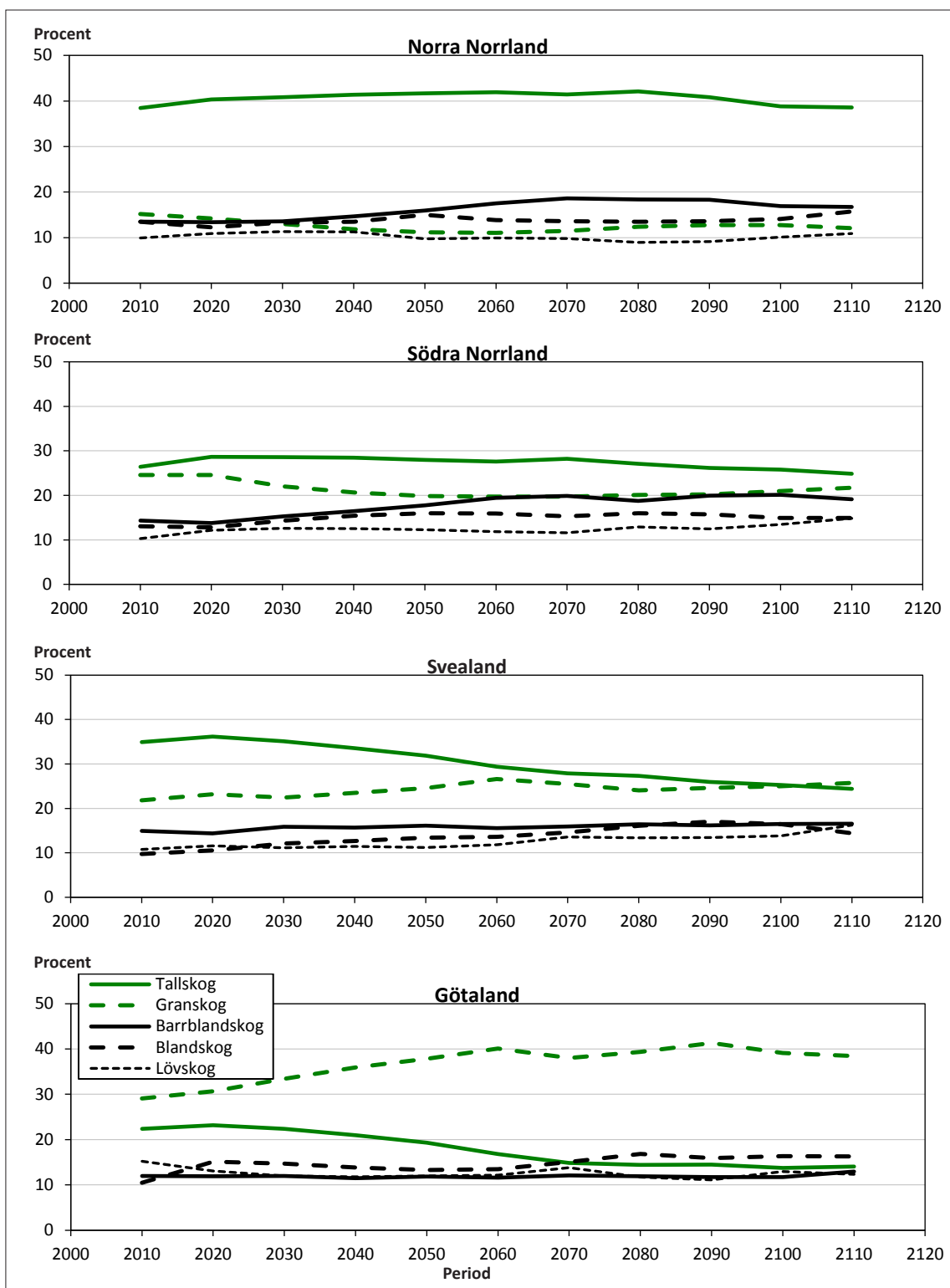
Figur 32. Produktiv skogsmark uppdelat på åldersklasser år 2110 för scenarierna (uppifrån och ner) Dagens skogsbruk, Dubbla naturvårdsarealer, 90 procent avverkning, 110 procent avverkning och Utan klimatförändringar.

3.4.3 Skogstyper

Av figur 33 framgår andelen av arealen produktiv skogsmark i olika skogstyper för scenariot *Dagens skogsbruk*. Skogstypernas andel av arealen produktiv skogsmark presenteras även som kartor i bilaga 1. För definitioner av skogstyperna se kapitel 2.1.1. Resultaten över utvecklingen av skogstyper från scenarioräkningarna är inte direkt jämförbara med resultat från Riksskogstaxeringen, se till exempel SLU 2013. Det här beror på att ungskogsarealen i resultaten från RegVis inte gått att klassa i skogstyper.

Liksom för trädslagens andel av virkesförrådet så är utvecklingen av de olika skogstypernas andel av den produktiva skogsmarken, olika i olika delar av landet. En generell trend är dock att arealerna blandskogar ökar i scenarioräkningarna. I Norrland är det främst barrblandskog som ökar medan det i Svealand och Götaland är blandskog som ökar. I norra och södra Norrland är arealen tallskog relativt stabil medan arealen granskog minskar svagt. De största förändringarna sker i Svealand och Götaland. I båda landsdelarna minskar arealen tallskog med cirka 10 procentenheter under 100-årsperioden. I Svealand ersätts tallskogen med lika delar blandskogar och granskogar, medan den i Götaland ersätts med granskog, som därmed ökar med 10 procentenheter under 100-årsperioden.

Arealerna ädellövskog och contortaskog framgår inte av figuren. Arealen ädellövskog förändras inte över tiden utan är stabil i scenarioräkningarna. Det här är ett resultat av förutsättningarna i RegVis, som anger att avverkad ädellövskog alltid ersätts med ny ädellövskog. Andelen contortaskog minskar under 100-årsperioden från 2 till 1 procent i norra Norrland och från 4 till 1 procent i södra Norrland. Det här är en effekt av att vi som förutsättning för scenariot *Dagens skogsbruk* lagt in nuvarande (2008–2012) arealer som beskogas med contorta. Eftersom den här arealen är mindre än den areal som tidigare beskogats med contorta kommer andelen contortaskog succesivt minska.



Figur 33. Andel (procent) av produktiv skogsmark i olika skogstyper. Alla markanvändningsklasser, Alla ägare, Dagens skogsbruk.

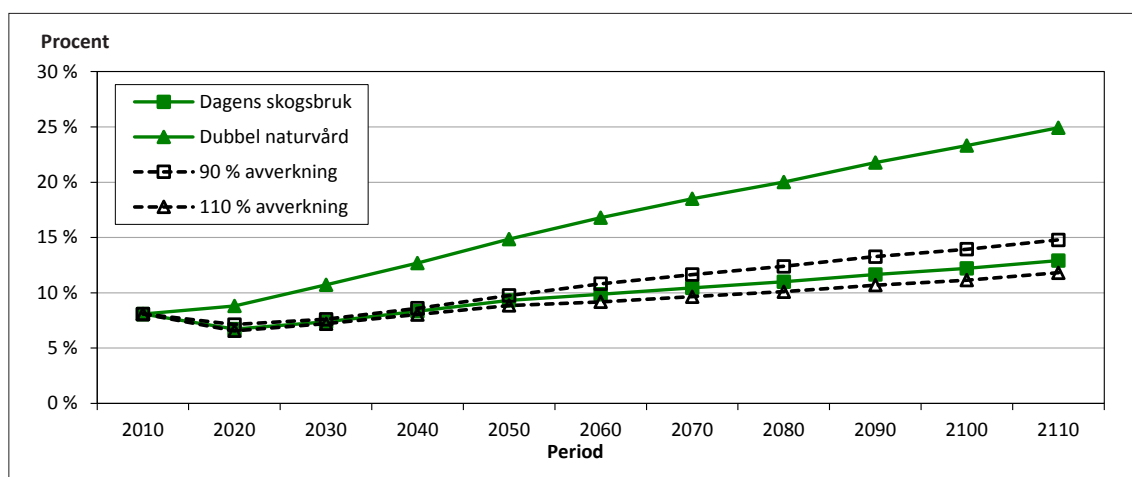
3.4.4 Miljömålsvariabler

I följande kapitel redogörs kort för utvecklingen av miljömålsindikatorerna gammal skog och äldre lövrik skog samt antalet gamla träd i scenarierna. En mer utvecklad resultatpresentation och analys av miljöförhållanden i scenarierna görs av Eriksson m.fl.

2015a.

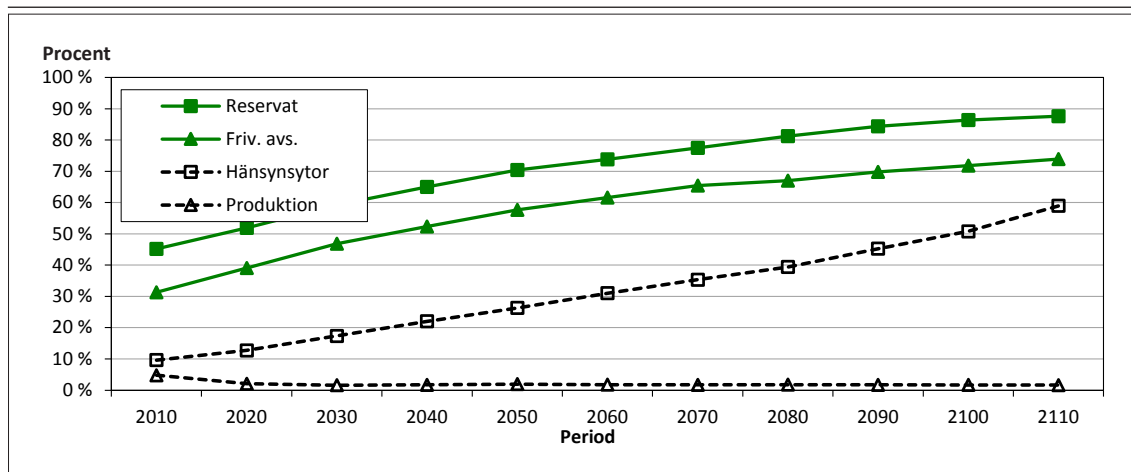
Andelen gammal skog ökar i samtliga scenarier, se figur 34. I scenariot *Dagens skogsbruk* ökar andelen relativt svagt, från 8 till 13 procent under 100-årsperioden. I markanvändningsklasserna reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor ökar andel kraftigt medan den minskar i skog på virkesproduktionsmark, se figur 35. I samtliga scenarier är utveckling i markanvändningsklasserna reservat, frivilliga avsättningar och hänsynsytor identisk med den i *Dagens skogsbruk*, eftersom arealen och förutsättningarna i övrigt är identiska. Däremot minskar andelen kraftigare i skog på virkesproduktionsmark vid den högre avverkningen, 110 procent, och mindre vid den lägre avverkningsnivån, 90 procent.

Utvecklingen i *Dubbla naturvårdsarealer* avviker naturligtvis mycket från de övriga scenarierna. Den stora areal som undantagits från skogsbruk i det scenariot bidrar till att andelen gammal skog ökar från 8 procent till 25 procent under 100-årsperioden. Inom markanvändningsklassen ny naturvård, som omfattar 3,7 miljoner hektar, ökar andelen från 14 till 78 procent.



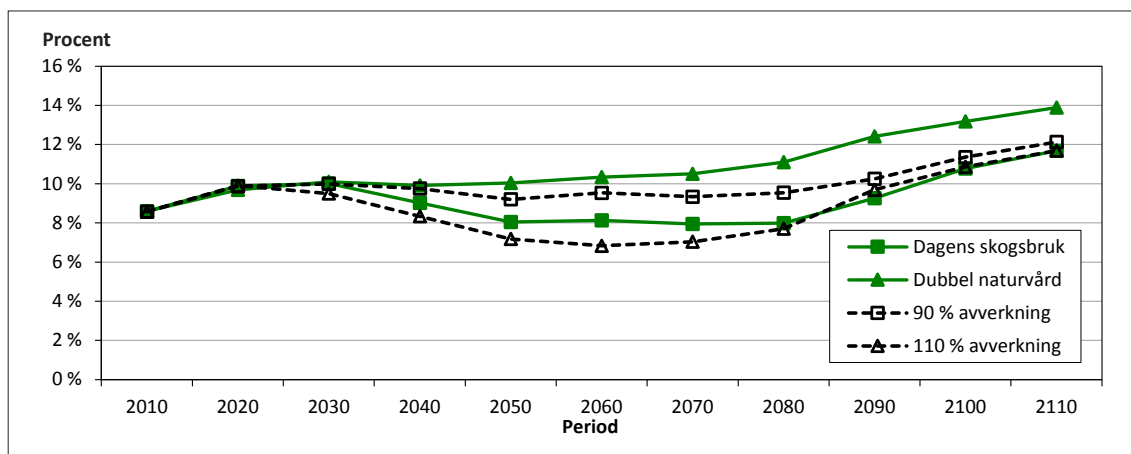
Figur 34. Arealandel (procent) gammal skog, det vill säga skog äldre än 140 år i Norrland, Dalarnas-, Värmlands- och Örebro län och äldre än 120 år i övriga landet, av all produktiv skogsmark, för de fyra scenarierna.

I samtliga scenarier ökar andelen gammal skog inom frivilliga avsättningar och reservat kraftigt, till 74 respektive 88 procent. Att inte all skog inom dessa markanvändningsklasser växer in i klassen gammal skog under 100-årsperioden beror på att en del av dem blåser omkull, som ett resultat av stormmodulen som finns inlagd i RegVis. Markanvändningsklassen hänsynsytor undantas löpande vid avverkning från skogsbruk under hela 100-årsperioden. Vid starten av beräkningarna har dessa därför en jämn ålderklassfördelning. De hänsynsytor som kommer undantas vid avverkning om 100 år är idag unga. Det här gör att andelen gammal skog av arealen hänsynsytor i första tioårsperioden är låg, 10 procent, men den ökar succesivt och är efter 100 år 59 procent.



Figur 35. Arealandel (procent) gammal skog, det vill säga skog äldre än 140 år i Norrland, Dalarnas-, Värmlands- och Örebro län och äldre än 120 år i övriga landet, av all produktiv skogsmark, uppdelat på markanvändningsklasser i Dagens skogsbruk.

Utvecklingen för äldre lövrik skog är mindre entydig än vad den är för gammal skog. Initialt ökar andelen äldre lövrik skog i scenariot *Dagens skogsbruk* sedan sjunker den och är lägre än vid 2010, under en 50 års period, mot slutet av 100-årsperioden börjar den dock öka igen för att sluta något högre än vid början av 100-årsperioden. Mönstret går igen i 90 procent avverkning och 110 procent avverkning med den skillnaden att minskningen under mitten av 100-årsperioden är större vid den högre avverkningsnivån, 110 procent, och mindre vid den lägre avverkningsnivån, 90 procent. I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* sjunker dock inte andelen, men den initialt positiva utvecklingen stannar av under en 50 års-period för att sedan öka igen.

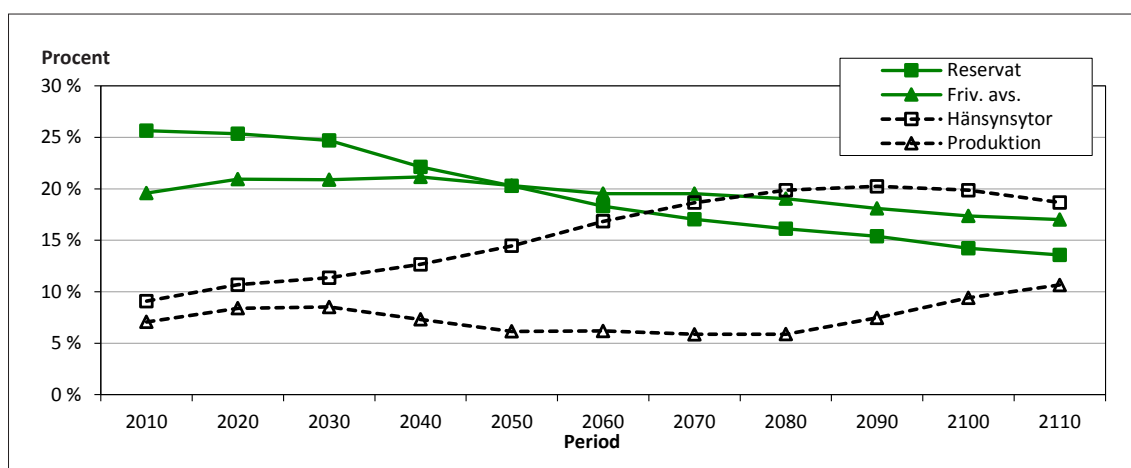


Figur 36. Arealandel (procent) äldre lövrik skog, det vill säga skog äldre än 80 år i Norrland, Dalarnas-, Värmlands- och Örebro län och äldre än 60 år i övriga landet och där minst 25 procent av grundytan består av lövträd, av all produktiv skogsmark, för de fyra scenarierna.

Den totala andelen äldre lövrik skog beror framför allt av hur andelen äldre lövrik skog utvecklas inom virkesproduktionsmarken, eftersom cirka 70 procent av den äldre lövrika skogen ligger inom denna markanvändningsklass. Samma generella trend som beskrivs ovan återfinns inom virkesproduktionsmarken, med en initial uppgång följt av en nedgång under cirka 50 år för att mot slutet av 100-årsperioden öka igen. Förmodli-

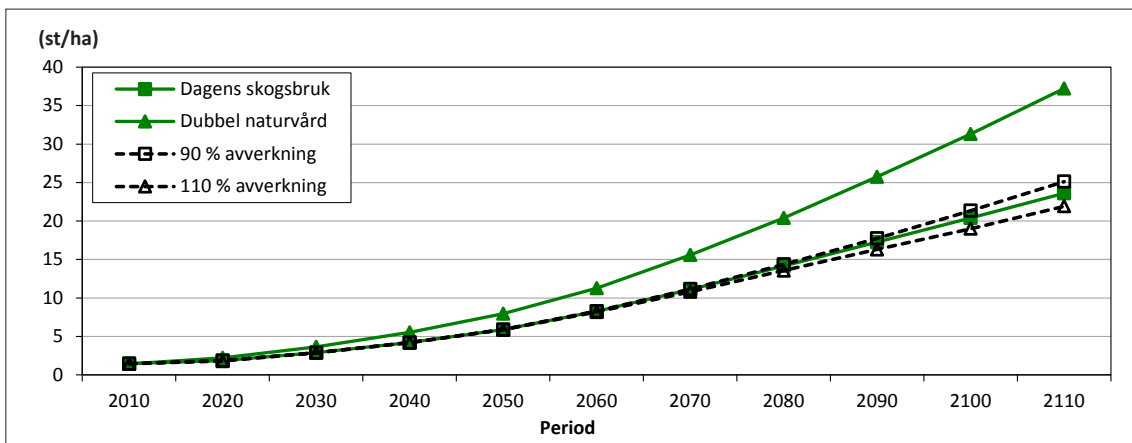
gen beror detta på att i de funktioner som prioriterar bestånd för förnygringsavverkning är den äldre lövrika skogen lågt prioriterad inledningsvis, varpå arealen ökar. Men allt eftersom annan skog avverkas ökar den äldre lövrika skogens prioritet för avverkning varpå arealen sjunker igen. Den uppgång som sker mot slutet av 100-årsperioden beror sannolikt på att skog som förnygrat under början av 2000 talet med ett högt lövinslag, beroende på förändringar i skogsskötseln, börjar växa in i klassen äldre lövrik skog.

Andelen äldre lövrik skog ökar kraftigt inom hänsynsytorna medan den minskar inom reservat och frivilliga avsättningar. Åldern på skogen inom reservat och frivilliga avsättningar är redan vid början av 100-årsperioden relativt hög och förmodligen dör äldre lövträd på dessa ytor löpande medan inväxningen av nya träd framför allt består av barrträd. Observera att vi i scenarioräkningarna saknar en riktad skötsel för att motverka denna utveckling. Minskningen av andelen äldre lövrik skog inom reservat och frivilliga avsättningar sker i Norrland medan andelen är konstant i Svealand och Götaland.



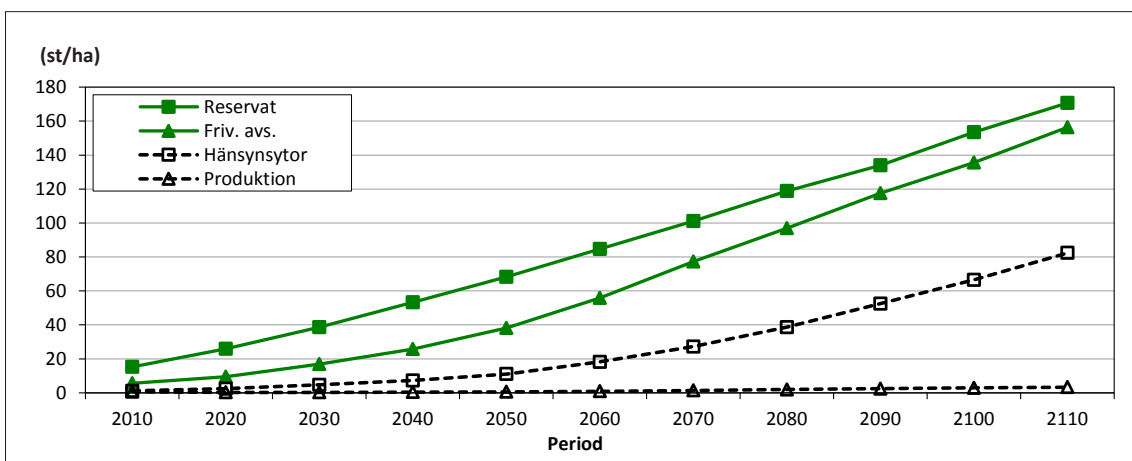
Figur 37. Arealandel (procent) äldre lövrik skog, det vill säga skog äldre än 80 år i Norrland, Dalarnas-, Värmlands- och Örebro län och äldre än 60 år i övriga landet och där minst 25 procent av grundytan består av lövträd, av all produktiv skogsmark, uppdelat på markanvändningsklasser i Dagens skogsbruk.

Frekvensen gamla träd med en ålder över 200 år i *Dagens skogsbruk*, *Dubbla naturvårdsarealer*, 90 procent avverkning och 110 procent avverkning framgår av figur 38. Frekvensen uttryckt i st/ha är en direkt spegling av antalet eftersom arealen produktiv skogsmark i scenarierna är konstant. Frekvensen ökar starkt i alla scenarier. Mest ökar den i scenariot *Dubbla naturvårdsarealer*. Utvecklingen i *Dagens skogsbruk*, 90 procent avverkning och 110 procent avverkning är mycket lik varandra. Den mindre skillnad i frekvens som finns mellan scenarierna om 100 år beror på att mer gammal skog finns kvar på virkesproduktionsmarken vid den lägre avverkningen, 90 procent avverkning, och mindre gammal skog finns kvar vid den högre avverkningen, 110 procent avverkning.



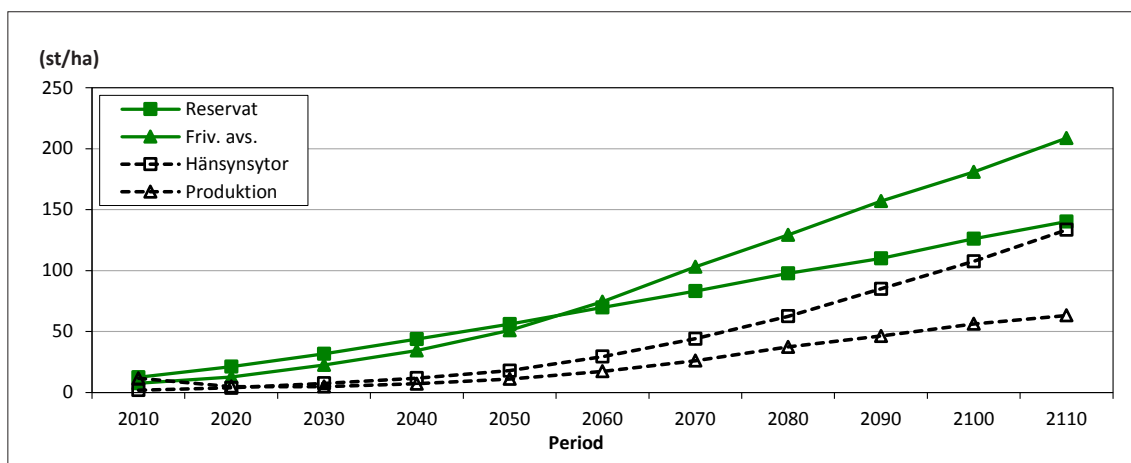
Figur 38. Antal (st/ha) gamla träd, äldre än 200 år, på all produktiv skogsmark, för de beräknade scenarierna.

Utvecklingen uppdelat på markanvändningsklasser framgår av figur 39. Antalet gamla träd utvecklas positivt i alla markanvändningsklasser. Mest positivt i reservat och inom frivilliga avsättningar, där frekvensen ökar från 6 respektive 15 till 156 respektive 171 st/ha. Inom hänsynsytorna ökar frekvensen från 1 till 82 st/ha. Utvecklingen inom virkesproduktionsmarken är svår att se i figuren på grund av att skalan är anpassad efter de höga frekvenserna inom reservat med mera. På virkesproduktionsmark sparas i scenarierna cirka 11 träd per hektar vid förnygringsavverkning som hänsynsträd. Samtidigt har vi tidigare visat att åldern på skogen inom virkesproduktionsmarken sjunker. Sannolikt motverkar de här bägge faktorerna varandra när det gäller utvecklingen av den genomsnittliga frekvensen gamla träd på virkesproduktionsmark. Sammantaget ökar antalet från 0,6 st/ha till 3,3 st/ha under 100-årsperioden. Utvecklingen är relativt stabil fram till cirka 2050–2060, för att därefter börja öka. Sannolikt beror detta på att de hänsynsträd som har lämnats de senaste 20–25 åren, och som lämnas i scenarierna framöver, börjar bli över 200 år runt 2050.



Figur 39. Antal (st/ha) gamla träd, äldre än 200 år, på all produktiv skogsmark, uppdelat på markanvändningsklasser.

Utöver frekvensen (st/ha) kan det vara av intresse att titta på det totala antalet gamla träd (miljoner st), vilket framgår av figur 40. Även om frekvensen gamla träd är låg, och relativt de övriga markanvändningsklasserna fortsätter vara låg under hela 100-årsperioden, så bidrar virkesproduktionsmarken med ett stort antal gamla träd eftersom arealen är stor. Efter 100 år finns 12 procent av de gamla träden på virkesproduktionsmark medan 26 procent finns inom reservat, 38 procent inom frivilliga avsättningar och 24 procent på hänsynsytor.



Figur 40. Antal (miljoner st) gamla träd, äldre än 200 år, på all produktiv skogsmark, uppdelat på markanvändningsklasser.

4 Diskussion

4.1 Osäkerhet i beräkningarna och modellrestriktioner

Det finns ett antal osäkerhetsfaktorer som påverkar dessa beräkningar. Nedan följer en genomgång som inte gör anspråk på att vara heltäckande. Risken är att man när man går igenom alla osäkerhetsfaktorer i beräkningarna skapar en uppfattning att resultaten inte är särskilt användbara. Det är inte vår avsikt, utan vi anser att resultaten i hög grad är användbara och säger mycket om vilka effekterna blir av att fortsätta sköta och bruka skogen som det görs nu och av alternativa sätt. De osäkerhetsfaktorer som finns är dock viktiga att vara medvetna om.

Den helt överskuggande osäkerheten är på olika sätt kopplad till klimatförändringarna. Osäkerheten kopplad till klimatet är förmodligen inte så stor under beräkningarnas första decennier men är desto större under den resterande delen av 100-årsperioden. Att klimatet förändras påverkar svenskt skogsbruk. Skogen har i sig en direkt inverkan på klimatet samtidigt som skogsbruket kan behöva anpassas till de nya förhållandena. Ett osäkert klimat sätter brukandet av skogen i ett nytt läge som vi inte har någon tidigare erfarenhet av. När det gäller tillväxteffekterna vid ett förändrat klimat finns det flera olika osäkerhetsfaktorer. Den grundläggande osäkerheten är naturligtvis i vilken utsträckning världssamfunden klarar att begränsa utsläppen av växthusgaser. Olika scenarier för utsläpp av växthusgaser leder till olika klimatscenarier. Utsläppsscenarierna används i ett antal klimatmodeller som var och en ger något olika effekter i termer av klimatförändringar. Dessa modellberäkningar bidrar till att öka osäkerheten ytterligare. Hur temperaturen ökar är sannolikt den parameter som modellerna är bäst på att prognostisera. När det gäller andra väderparametrar minskar sannolikt tillförlitligheten (molnighet, nederbörd, vind med mera). Vid beräkningar av hur tillväxten kan ändras för våra vanligaste trädslag, vid ett förändrat klimat, har vi använt oss av ytterligare en modell. Modellen är baserad på olika antaganden om hur olika fysiologiska processer påverkas av bland annat klimatet. För varje steg i denna beräkningskedja ökar naturligtvis osäkerheten.

Eftersom insekter påverkas i hög grad av rådande temperaturklimat kommer antagligen insektspopulationer att öka vid en förhöjd temperatur. Angrepp av skadeinsekter kommer därför sannolikt att öka i skogen. Varmare väder påverkar svamporganismer olika, även om tillväxten ökar för många arter vid ökad temperatur så har det inte samma tydliga samband som för insekter. Ett mildt och fuktigt klimat kan också öka tillväxten hos svampar. Ett sannolikt antagande är att även svampangreppen kommer att öka i ett framtida klimat. Om vindfällningarna ökar kommer det ha negativa effekter på ekonomin eftersom det är kostsamt att ta hand om stormfällt virke och kvaliteten försämras dels på grund av sprickor, spjälkning och brutna stockar och dels för att virket kan bli angripet av röta och insekter. Dessutom om det blåser ner alltför tidigt under omloppstiden utnyttjar man inte produktionspotentialen fullt ut. Stormfällningar och skadeangrepp från insekter och svamp inom skogsbruket kommer sannolikt att öka och utgör ett stort ekonomisk problem för skogsbruket vid en förhöjd temperatur. Huruvida skadegörare kan förflyttas norrut och om nya arter kan introduceras i södra Sverige från kontinenten

kan också har stor inverkan för skogsbruket i Sverige. I dagsläget har vi mycket bristfälliga kunskaper om skadeangreppen från insekter och svamp och forskning är mycket angeläget inom dessa områden. På grund av det bristande kunskapsläget har vi inte kunnat infoga eventuellt ökade skador från insekter eller svamp i beräkningarna som genomförts inom SKA 15. Om svenskt skogsbruk ska tillgodogöra sig den eventuellt ökade tillväxten förutsätter det att man samtidigt kan bemästra de negativa effekterna.

Ett förändrat klimat skulle även kunna innebära att arealen produktiv skogsmark ökar genom att produktiviteten på delar av den improduktiva skogsmarken ökar så att den övergår till produktiv skogsmark. Inte heller den här möjligheten har vi kunnat ta hänsyn till i beräkningarna, utan den totala arealen produktiv skogsmark är konstant under hela 100-årsperioden.

De genomförda beräkningarna i RegVis baserar sig på skogstillståndet uppmätt av Riksskogstaxeringen 2008–2012. Riksskogstaxeringen är en stickprovsinventering och är därför som alla stickprov behäftade med slumpmässiga fel. Dessa slumpmässiga fel ökar allteftersom resultaten bryts ner på mindre områden. I denna rapport presenteras resultat på landsnivå och för landsdelar, men resultat för län/länsdelar kommer att finnas tillgängliga via Skogsstyrelsens hemsida. Medelfel för skattningar på lands-, landsdels och länsnivå har redovisats av Toet, Fridman & Holm (2007). Skattningarna av virkesförrådet har till exempel ett medelfel på cirka 0,9 procent på landsnivå och 1,5–2,4 procent på landsdelsnivå.

En annan orsak till att osäkerheten ökar när resultaten bryts ner på mindre områden är att även de förutsättningar vi använt för att styra RegVis baserar sig på stickprovsundersökningar, så som Skogsstyrelsens uppföljningar av miljöhänsyn, frivilliga avsättningar och återväxtresultat samt Riksskogstaxeringen. Det här gör att förutsättningarna är mer osäkert specificerade för mindre områden än för landet som helhet.

Hur provytor väljs ut för olika åtgärder påverkar starkt utvecklingen av olika skogstyper i landskapet, arealen gammal skog med mera i framskrivningarna. Markägarnas faktiska beteende förändras naturligtvis över tiden på grund av förändringar i vad marknaden efterfrågar, förändrade värderingar, anpassningar till förändrat klimat och allteftersom skogstillståndet förändras. I samband med SKA-99 (Thuresson m fl. 2000) tog man fram ett nytt sätt att i Hugin prioritera provytor för olika åtgärder, se kapitel 2.1.6. Den här prioriteringen baserar sig på markägarnas faktiska val av bestånd för åtgärder. Eftersom vi utgått från att markägarnas val ständigt förändras har dessa funktioner uppdaterats utifrån nytt material till SKA-VB 08 och SKA 15. Dessa prioriteringsfunktioner har kritiserats för att ge en statisk bild av hur markägaren väljer bestånd för olika åtgärder. Det påverkas inte av att skogstillståndet förändras under framskrivningen. Det kan man i så fall säga om förutsättningarna i scenarierna som helhet. Även till exempel val av förnyngningsmetod, val av trädslag vid förnyngning med mera borde påverkas allt eftersom skogstillståndet utvecklas. Vi tycker att dessa funktioner, även om de är statiska, fungerar bra utifrån vad ett scenario som *Dagens skogsbruk* är avsett att visa, nämligen utvecklingen givet dagens skötsel inklusive avverkningsbeteende. Se mer om prioriteringsfunktionerna i kapitel 4.3.

De effekter av användning av förädlat material som ingår i scenarierna påverkar ny skog som skapas i Hugin efter förnygringsavverkning, det vill säga förnygringsavverkningar från 2005 och framåt. Förädlat skogsodlingsmaterial har dock funnits på marknaden och planterats i skogen sedan 1970-talet (Rosvall m.fl. 2004a). Redan i utgångsmaterialet, Riksskogstaxeringens provytor från 2002–2006 finns alltså träd i olika utvecklingsstadi-er som består av förädlat skogsodlingsmaterial. Under det här projektet har det inte varit möjligt för oss att utreda omfattningen eller effekten på ett sådant sätt att vi kunnat få med dessa effekter i RegVis beräkningarna. Effekten av det historiska förädlingsarbetet har dock tidigare bedömts öka den potentiella avverkningen i SKA 03 (Gustafsson & Hägg 2004) under perioden 2010–2019 med 1–1,5 procent och mellan 2020–2060 med 3 till 4 procent (Rosvall m.fl. 2004b).

Principen för bestämning av potentiell avverkningen beskrivs i kapitel 2.2. Ansatsen är att söka en så hög avverkning som möjligt utan att avverkningen nämnvärt minskar i framtiden. Som också tidigare nämnts så baseras den potentiella avverkningen i RegVis under en period på tillväxten under perioden innan. Det medför att det finns en tröghet i systemet som blir tydlig vid kontinuerligt ökad eller minskad tillväxt. Eftersom den tillväxthöjande effekten på grund av ett förändrat klimat i scenarierna leder till en sådan tillväxtökning får vi trots ambitionen ett ökat virkesförråd i skog på virkesproduktions-mark.

De avgångsfunktioner som tidigare användes i Hugin-systemet baserades dels på den genomsnittliga avgången av olika orsaker som mätts upp på Riksskogstaxeringens provytor, dels beräknades en självgallringsgräns baserat på resultat från fasta försök som höll nere grundyteutvecklingen på täta ytor. Men detta föreföll inte räcka till när många ytor lämnades utan åtgärd, som i mark undantagen från skogsbruk. Alla ytor oberoende av trädslag fortsatte att växa och leva även när de blev riktigt gamla. Efter SKA-VB 08 drog vi slutsatsen att det vore klokt att sätta in en ”maxålder” för trädslagen, alternativt att fördela ut avgången mer stokastiskt för att få ett mer realistiskt utfall. I RegVis finns nya avgångsfunktioner och det är inlagt en maxålder. Med stormmodellen har vi även fått med en sorts storskaliga kalamiteter som inte fanns med tidigare. Resultaten på mark undantagen från skogsbruk förefaller därför mer realistiska nu än i SKA-VB 08.

I de genomförda beräkningarna har förutsättningarna specificerats för två ägargrupper, enskilda ägare och övriga ägare, på motsvarande sätt som gjorts i tidigare arbeten med Hugin (till exempel Claesson m.fl. 2008, Thuresson m.fl. 2000). Dessa ägarkategorier är naturligtvis inte homogena grupper. Speciellt finns inom enskilda ägare en spridning i vilka mål man har med sitt skogsägande (Lidestav & Nordfjell 2002). Det här är viktigt att ha med sig när man värderar den potentiella avverkningen i scenarierna och potentialerna för skogsbränslen. I skogsvårdslagen finns även restriktioner i form av den så kallade ransoneringsregeln som begränsar hur stor del av en fastighet som kan förnygringsavverkas inom en given tidsram. I RegVis finns ingen koppling till fastigheter vid beräkning av den potentiella avverkningen (Wilhelmsson 1989). I vilken utsträckning som de ovanstående faktorerna faktiskt begränsar avverkningsmöjligheterna är inte känt utan behöver studeras vidare.

4.2 Val av och utformning av scenarierna

De scenarier som beräknats i SKA 15 är i mångt och mycket kompromisser och resultat av diskussioner med många människor. Diskussionen om val av scenarier och scenariernas utformning var livlig i såväl projektets styrgrupp, referensgrupp som projektgrupp under projektets första halvår. Tyvärr finns det naturligtvis resursmässiga som tekniska restriktioner för vad som går att göra. Dessa begränsningar påverkar både hur många scenarier som går att beräkna som utformning av dem.

Valet av hantering av klimatförändringar är en sådan kompromiss. Under projektets första halvår ägnades mycket energi åt att undersöka möjligheter kring modellering av tillväxteffekter och skador på grund av ett förändrat klimat. Kring skador resulterade sökandet i att vi fick konstatera att det inte fanns den kunskap eller de underlag som behövs för att göra modeller som kunde implementeras i RegVis. Liksom i SKA-VB 08 ingår därmed tillväxteffekter av ett förändrat klimat men inte den befarade ökningen i skador på skogen. Det här är naturligtvis en brist.

När arbetet med SKA 15 påbörjades fanns klimateffekterna beräknade för norra Europa för två av IPCC:s utsläppscenarier. Det kändes ganska naturligt att försöka parametrisera den modell för tillväxteffekt av ett förändrat klimat utifrån dessa klimatscenarier. På det viset kunde vi beräkna ett noll-scenario utan påverkan av ett förändrat klimat, scenariot *Utan klimatförändringar*, ett scenario som man kan betrakta som extremt, scenariot *Klimatförändringar RCP8,5*, och ett medelscenario i *Dagens skogsbruk*. Man kan kanske säga att dessa tre scenarier ger spannet för en möjlig påverkan av klimatförändringarna, mellan 0 och 38 procent påverkan på tillväxten om 100 år, med en större sannolikhet runt medelscenarioet, det vill säga 21 procent påverkan på tillväxten om 100 år.

Liksom i SKA-VB 08 har vi valt att ha en och samma påverkan av klimatförändringar i övriga scenarier som beräknats, *Dagens skogsbruk, 90 procent avverkning, 110 procent avverkning* och *Dubbla naturvårdsarealer*. I de här scenarierna är syftet att studera effekter av en annan avverkningsnivå än den potentiella eller av att avsätta ytterligare areal för naturvård. Då vill vi inte att de effekterna blir svårtolkade på grund av olika klimatpåverkan.

En annan aspekt av att välja scenarier i ett SKA-arbete är att inte göra om det som redan är gjort. I SKA 15 finns inte några scenarier som belyser effekter av enskilda skogsvårdsåtgärder, såsom förbättrade förnygringar eller ökad röjd areal. Det finns inte heller något scenario som belyser effekter av mycket ambitiösa satsningar på ökad produktion. Anledningen till detta är att detta redan är gjort, enskilda skogsvårdsåtgärder är belyst i SKA 99 (Thuresson m.fl. 1999) och av SkogForsk (Rosvall 2004A, Rosvall 2004b). Effekter av mycket ambitiösa satsningar på ökad produktion är belyst i SKA-VB 08 (Claesson m.fl. 2008) och i MINT utredningen (Larsson m.fl. 2009). Resultaten av dessa studier är i mångt och mycket fortfarande giltiga.

Effekter av viltbete var en fråga som från referensgruppen fördes fram som angelägen att belysa. Även detta en fråga som belysts tidigare (t.ex. Ingemarsson m.fl. 2007,

Skogsstyrelsen 2009). Ett särskilt problem med att belysa effekter av viltbete är att relationen mellan en viss viltpopulation, en viss mängd tillgängligt bete och en viss skadenivå på skog är komplext och dåligt kända.

En annan synpunkt som framfördes från referensgruppen var att få med de skogliga impedimenten i beräkningarna, för att på det viset belysa utvecklingen i hela skogslandskapet. Projektgruppen undersökte möjligheterna, men i Riksskogstaxeringen samlas inget ståndortsindex in på skogliga impediment, en grundläggande variabel som är viktig för många av de modeller som finns i RegVis. Man kan även ifrågasätta hur väl de tillväxtmodeller m.m. som finns i RegVis, som är utvecklade utifrån data från produktiv skogsmark, skulle fungera på improduktiv skogsmark.

I scenarierna som beräknats inom SKA 15 ingår inte något brukande med hyggesfritt skogsbruk på virkesproduktionsmark. Att ha med en sådan komponent var även det ett önskemål som framfördes från referensgruppen. Från projektgruppen upplevde vi dock att det var allt för osäkert hur väl de modeller som finns i RegVis kan beskriva utvecklingen vid hyggesfritt skogsbruk, dessutom har hyggesfritt skogsbruk liten omfattning i praktiken.

Traditionellt har huvudfokus från scenarioräkningarna ifrån AVB- och SKA-arbetena legat på den potentiella avverkningen. Efter SKA-VB 08 har vi dock upplevt att detta har förändrats. I ett antal arbeten som grundar sig på resultaten från SKA-VB 08 har istället fokus legat på det framtida skogstillståndet. Dessa arbeten har handlat om skogens roll kopplat till klimatförändringarna eller framtida miljöförhållanden. I de sammanhangen har man upplevt att en avverkning som är lika stor som nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark varit osannolik, eftersom den historiska avverkningen aldrig varaktigt varit så hög, och därmed att det framtida skogstillstånd som scenarierna resulterar i varit osannolikt. Vi har därför valt att variera avverkningsnivån i förhållande till scenariot *Dagens skogsbruk* i scenarierna *90 procent avverkning* och *110 procent avverkning*. Med dessa tre scenarier kan en framtida användare av resultaten själv välja avverkningsnivå.

När scenarierna diskuterades fram inom SKA 15 hade de så kallade Aichemålen förhandlats fram inom FN (CBD 2010). Bland Aichemålen finns bland annat mål för skydd av världens land-, sötvatten-, kust- och havsområden och mål om hållbart brukande. Dessa mål var dock inte konkretiserade i svensk politik. Under denna period var diskussionen om hur dessa mål bör tolkas och omsättas i svensk politik livlig. Inom projektet tyckte vi då att det var olämpligt att vi inom projektgruppen gjorde en egen uttolkning. Att i SKA 15 ha med ett ambitiöst miljöscenario kändes mot denna bakgrund naturligt, men efter diskussion blev resultaten att göra en rent matematisk ansats istället för att försöka uttolka nuvarande politiska ambitioner. Det här i motsats till SKA-VB 08 där det ambitiösa miljöscenariot byggde på en uttolkning av politiska ambitioner. För att få spridning i scenarierna ville vi ha en ambitiös satsning för att få en bra spridning i scenarierna, resultatet blev därför *Dubbla naturvårdsarealer*.

Länge fanns det i projektet en ambition att beräkna ett scenario som innehöll satsningar på förbättringar i skogsvården och satsningar mot att skapa ett skogstillstånd som är mer motståndskraftigt mot skador. Under testkörningar av ett sådant scenario framstod det tydligt att ökade ambitioner i skogsvården i syfte att höja virkesproduktionen stod i motsatts till att öka skogens motståndskraft mot skador. Scenariot riskerade därför bli svårt att tolka. Kvar från denna ansats blev en mindre studie kring skaderisker kopplat till olika avverkningsstrategier, som avrapporterats av Eriksson m.fl. (2015b).

Utifrån vad vi valde bort på grund av modellrestriktioner, anser projektgruppen att det är angeläget att se över:

- Hur effekter av viltbete hanteras i RegVis. Särskilt försöka koppla ett visst betetryck till en viss viltpopulation.
- Vad som skulle krävas för att även kunna införliva skogliga impediment i beräkningarna.
- Fortsatt undersöka om skadeeffekter samt övergång från improduktiv skogsmark till produktiv skogsmark orsakade av ett förändrat klimat går att modellera och införliva i RegVis.
- Hur väl tillväxt, avgångsmodeller med mera i RegVis kan beskriva utvecklingen vid hyggesfritt skogsbruk.

Utifrån prioriteringarna gjorda inom SKA 15 anser projektgruppen att det i kommande SKA arbeten bör beräknas ett scenario med ambitiösa satsningar på klimatanpassning.

4.3 Jämförelse med tidigare studier

Under de senaste 15 åren har det genomförts fyra SKA arbeten, SKA 99, SKA 03, SKA-VB 08 och nu SKA 15. SKA 03 var en mindre uppdatering av scenariot 90-talets skogsbruk från SKA 99, där framför allt markanvändningsfördelningen förändrades. I följande text kommer vi resonera om skillnader och likheter mellan 90-talets skogsbruk från SKA 99, referensscenariot från SKA-VB 08 och scenariot *Dagens skogsbruk* i SKA 15.

SKA 99 och SKA-VB 08 är beräknade i det äldre HUGIN-systemet medan SKA 15 är beräknat i RegVis. HUGIN utvecklades under 80-talet men har löpande uppdaterats med ny funktionalitet och nya modeller. RegVis som utvecklats under 2000-talet innebär inte bara en helt ny programvara med ny funktionalitet utan även att modellerna för tillväxt, naturlig avgång, inväxning av nya träd och så vidare är nya. Tydligast syns detta i utvecklingen av skog på mark undantagen från skogsbruk. I SKA-VB 08 ökade virkesförråden i skog på mark undantagen från skogsbruk till 400–550 m³sk/ha efter 100 år, medan det ökningen i SKA 15 är mer måttlig till 300–440 m³sk/ha. Orsaken är att i jämförelse med utvecklingen i SKA-VB 08 så ökar den naturliga avgången fortare och till en större andel av tillväxten i *Dagens skogsbruk*. Både i SKA-VB 08 och SKA 15 har naturvårdande skötsel simulerats i frivilliga avsättningar och hänsynsytor genom återkommande gallringar. I SKA-VB 08 avtar den avverkade volymen från dessa avverkningsingrepp över tiden, medan de i *Dagens skogsbruk* är relativt stabila. Orsaken är förmodligen att det med de nya inväxningsfunktionerna sker en större löpande in-

växning av nya träd på den mark som sköts med naturvårdande skötsel. Ur bägge dessa aspekter bedömer vi att utvecklingen i skog på mark undantagen från skogsbruk är mer rimlig i SKA 15 än vad den var i SKA-VB 08. Vi har jämfört virkesförråden i skog på mark undantagen från skogsbruk i scenariot *Dagens skogsbruk* med en serie försöksytor som är inmätta i skog som lämnats för fri utveckling (Elfving 2015). Jämförelsen ledde oss till slutsatsen att utvecklingen i scenariot inte är orimlig.

I SKA 15 har det som tidigare nämnts utvecklats en stormmodell som med ett förutsägbart geografiskt och tidsmässigt mönster utsätter skogen för stormar. Effekten av stormarna, i form av mängden stormfällt virke, beror sedan på skogstillståndet vid varje givet tillfälle. Att ha med den här typen av storskaliga kalamiteter i scenarierna är nytt för SKA 15. Stormmodellen bidrar även den till en mer rimlig utveckling i skog på mark undantagen från skogsbruk, då en mindre del av hänsynsytor, de frivilliga avsättningarna och reservaten kommer utsättas för storskaliga kalamiteter får man en rimligare utveckling av åldersstruktur, genomsnittligt virkesförråd mängden död ved och så vidare.

I SKA 99 ingick ingen tillväxthöjande effekt av ett förändrat klimat. En sådan modell utvecklades och infördes i HUGIN i samband med SKA-VB 08. I SKA-VB 08 baseras tillväxteffekten på det äldre klimatscenariot B2 medan den i SKA 15 baseras på RCP4,5. RCP4,5 leder till en snabbare förändring av klimatet och därmed av tillväxten jämfört med B2. Under de första 30 åren har RCP4,5 lett till 1–3 procentenheter högre ökning av tillväxten än vad B2 gjorde i SKA-VB 08. Däremot ledde B2 till en något högre ökning i slutet av 100-årsperioden, se tabell 23.

Tabell 23. Tillväxtökning på grund av ett förändrat klimat (procent) i referensscenariot i SKA-VB 08 och Dagens skogsbruk i SKA 15

	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2100-2110
SKA-VB 08, referensscenario	1,6	3,9	4,9	24,5
SKA 15, dagens skogsbruk	3,2	5,0	6,9	21,3

Till SKA 99 utvecklades prioriteringsmodeller som gav alla provytor en prioritet för åtgärder (röjning, gödning, gallring och föryngringsavverkning). Prioriteringsmodellerna byggde på markägarnas faktiska val av bestånd för olika åtgärder och baserades på Riksskogstaxeringens provytor. Eftersom vi utgått från att markägarnas val av bestånd för olika åtgärder löpande förändras har nya modeller utvecklats till SKA-VB 08 och SKA 15. Ett problem med de här prioriteringsmodellerna har varit att vilka av provytorerna som är frivilliga avsättningar eller hänsynsytor inte är känt av Riksskogstaxeringen. I SKA arbetena har vi pekat ut vilka provytor som ska representera frivilliga avsättningar och hänsynsytor antingen genom att samköra med befintlig geografisk information eller genom att simulera utifrån egenskaper. I SKA-VB 08 uppmärksammade vi att prioriteringsmodellerna underskattade vissa skogstypers sannolikhet för att de till exempel skulle föryngringsavverkas. Orsaken är att vissa skogstyper, till exempel gammal skog och äldre skog med stort inslag av löv, redan undantagits i stor utsträckning i frivilliga avsättningar och hänsynsytor, men de fick även på virkesproduktionsmarken en väldigt låg sannolikhet för att avverkas. Orsaken ligger i att prioriteringsmodellerna är utvecklade på all produktiv skogsmark exklusive formella skydd men inklusive frivilliga av-

sättningar och hänsynsytor och tillämpades på produktiv skogsmark exklusive formella skydd, frivilliga avsättningar och hänsynsytor.

I SKA-VB 08 valdes, som en kompromiss, under de 20 första åren provytor ut för åtgärder genom prioriteringsmodellerna och under de senare 80 åren genom en modell som räknar fram ytans angelägenhetsgrad för åtgärd utifrån ett skogsskötselersperspektiv. Det här gav märkliga utvecklingar av gammal skog och äldre lövrik skog. Dessa typer av skog prioriterades mycket lågt under de första 20 åren, vilket ledde till en kraftig uppgång, och prioriterades sedan högt för åtgärd, vilket gjorde att den positiva utvecklingen bröts och ersattes med en kraftigt negativ utveckling.

I SKA 15 har vi åtgärdat problemet med prioriteringsfunktionerna helt enkelt genom att ta fram dem först efter det att de frivilliga avsättningarna och hänsynsytorna pekats ut. Den delen av arealen ingår alltså inte i det material som använts för att utveckla prioriteringsfunktionerna.

Till SKA-VB 08 utvecklades en modell som hanterar tillväxtökningar som ges av användning av förädlad material. Samma modell och samma förutsättningar vad gäller tillgång till förädlad material är använd i SKA 15. I SKA 99 eller SKA 03 var ingen sådan effekt inkluderad i beräkningarna.

Om man ser på den areal som beräkningarna avser så ingår inte befintliga formella skydd i den areal som man räknat på i SKA 99 eller i SKA 03. I SKA 99 redovisas denna areal separat medan den i SKA-VB 08 och SKA 15 ingår i scenarierna. Att ha med formella skydd i beräkningarna har gjorts möjligt eftersom Riksskogstaxeringen sedan 2003 inventerar även inom reservat och nationalparker. Den totala arealen som beräkningarna omfattar var alltså mindre i SKA 99, 22,5 miljoner hektar och i SKA 03, 22,8 miljoner hektar än i SKA-VB 08, 23,4 miljoner hektar och SKA 15, 23,1 miljoner hektar. Av tabell 24 framgår fördelningen av den totala arealen på mark undantagen från skogsbruk och virkesproduktionsmark för de olika SKA arbetena. I 90-talets skogsbruk omfattades totalt 2,3 miljoner hektar av olika miljöinsatser. Motsvarande värde i SKA 03 var 2,5 miljoner hektar, i SKA-VB 08 3,0 miljoner hektar och i SKA 15 3,8 miljoner hektar. När man jämför ska man komma ihåg att det i SKA-VB 08 ingår 700 000 hektar och i SKA 15, 820 000 hektar befintliga formella skydd.

Som framgår ovan så är ytterligare 800 000 hektar undantaget från skogsbruk i SKA 15 jämfört med SKA-VB 08. Till en viss del så beror det på att arealen formella skydd och frivilliga avsättningar ökat men cirka 600 000 hektar beror på att vi gjort nya skattningar av mängden hänsynsytor som lämnas vid föryngringsavverkning. I de nya skattningarna, som redovisas i kapitel 2.3.1, är även hänsynsytor större än 0,5 hektar medräknade. En viktig distinktion är att det är skattningarna av arealen hänsynsytor som förändrats på grund av att det funnits bättre underlagsmaterial tillgängligt, det är inte en förändring i markägarnas beteende. Arealen hänsynsytor som lämnats vid föryngringsavverkning och som är mindre än 0,5 hektar är likvärdig vid bägge tidsperioderna.

Arealen som sköts med naturvårdande skötsel av marken undantagen från skogsbruk varierar en del mellan de olika SKA arbetena. Det beror på att det finns bristfälligt med statistik över hur stor andel av de frivilliga avsättningarna och hänsynsytorerna som har behov av naturvårdande skötsel. Det finns även bristfälligt med statistik över hur mycket naturvårdande skötsel som faktisk genomförs. I de olika SKA arbetena har därför olika antaganden gjorts kring hur stor andel som sköts med naturvårdande skötsel.

Tabell 24. Total areal, mark undantagen från skogsbruk och virkesproduktionsmark i huvudscenarierna i SKA 99, SKA 03, SKA-VB 08 och SKA 15 (1 000 hektar)

	Mark undantagen från skogsbruk		Virkesproduktionsmark	Total areal produktiv skogsmark
	Totalt	Varav naturvårdande skötsel		
SKA 99, 90-talets skogsbruk	2 324	1 049	20 196	22 520
SKA 03	2 459	475	20 293	22 752
SKA-VB 08, referensscenario	2 970	603	20 399	23 369
SKA 15, dagens skogsbruk	3 776	574	19 323	23 099

I SKA 99 baseras styrningen av föryngringarna och skogsvård på statistik från mitten av 90-talet medan den i SKA-VB 08 baseras på statistik från 2002–2006 och i SKA 15 från 2008–2012. Vad gäller föryngringsmetoder så har andelen av den föryngringsavverkade arealen som föryngras med naturlig föryngring succesivt minskat i de här tre studierna. I SKA 99 var den 40 procent, i SKA-VB 08 33 procent och i SKA 15 17 procent. I gengäld har plantering och sådd succesivt ökat.

Andelen av föryngringsarealen som markbereds har succesivt ökat. I SKA 99 markbereds 60 procent av den föryngrade arealen, i SKA-VB 08 markbereds 65 procent av de naturliga föryngringarna och 87 procent av planteringarna medan 86 procent av föryngringarna markbereds i SKA 15. Valet av trädslag vid plantering och sådd var relativt oförändrad mellan SKA 99 och SKA-VB 08. Från det att SKA-VB 08 gjordes har andelen som planteras med gran ökat i Svealand och Norrland, medan andelen som planteras med tall minskat. I Götaland är andelen som planteras med gran relativt konstant men eftersom andelen plantering ökat så är arealen som beskogas med gran större i SKA 15 än i SKA-VB 08, även i Götaland.

Den årligt planterade arealen med contorta minskade från SKA 99, 6 000 hektar, till SKA-VB 08, 3 300 hektar, men har därefter åter igen ökat och är i SKA 15, 7 600 hektar.

I SKA 99 lämnades 2-4 naturvårdsträd per hektar på den areal som föryngringsavverkas. Antalet har succesivt ökat till 8 per hektar i SKA-VB 08 och 11,8 träd per hektar i SKA 15.

I tabell 25 redovisas bruttotillväxten och potentiell avverkning 2010–2020 för SKA 99, SKA 03, SKA-VB 08 och SKA 15. Vid en jämförelse ska man komma ihåg att de be-

fintliga formella skydden inte ingår i SKA 99 och SKA 03. För att ge en storleksordning på hur mycket detta gör så är tillväxten i reservat i SKA 15 2,5 miljoner m³sk/år. Även om det är stora modellmässiga skillnader och skillnader i förutsättningarna så är det små skillnader i tillväxt och avverkning inledningsvis under beräkningarna, skillnaden växer dock under de 100 år som framskrivningarna avser.

Tabell 25. Bruttotillväxt, varav på virkesproduktionsmark och potentiell avverkning i huvudscenarierna i SKA 99, SKA 03, SKA-VB 08 och SKA 15 (miljoner m³sk/år) under åren 2010–2020 (SKA 03 avser värdena 2015–2024). För SKA 99 och SKA 03 ingår inte bruttotillväxten i befintliga reservat

	Bruttotillväxt		Potentiell avverkning
	Totalt	Varav på virkesproduktionsmark	
SKA 99, 90-talets skogsbruk	113,5	–	88,8
SKA 03	110,1	–	90,7
SKA-VB 08, referensscenario	113,8	99,8	91,1
SKA 15, dagens skogsbruk	115,7	100,3	90,8

5 Slutsatser

I följande kapitel drar rapportförfattarna ett antal slutsatser från de genomförda konsekvensberäkningarna. Slutsatserna syftar till att tydliggöra vissa förutsättningar och resultat som rapportförfattarna upplever är värda särskild uppmärksamhet.

Skogstillståndet i den svenska skogens är ur ett skogshushållningsperspektiv gott, vilket framöver leder till en varaktigt hög tillväxt och därmed en möjlighet till varaktigt höga avverkningsnivåer.

Historiskt har tillväxten i skog på virkesproduktionsmark legat ganska långt över den faktiska avverkningsnivån. Det har inneburit att virkesförrådet kontinuerligt ökat, vilket tillsammans med förbättrade skogsodlingsmaterial och förbättrad skogsvård, och förmodligen klimatförändringar, lett till en succesivt ökad tillväxt och därmed succesivt ökad potentiell avverkning.

I de presenterade scenarierna fortsätter utvecklingen med succesivt ökad tillväxt i skog på virkesproduktionsmark och därmed succesivt ökad potentiell avverkning. De drivande faktorerna för denna utveckling är dock till stor del en annan än den historiska. I scenariot *Dagens skogsbruk* avverkas nästan hela nettotillväxten vilket leder till mycket liten ökning av virkesförrådet i skog på virkesproduktionsmark. Den faktor som istället driver tillväxtökningen är till mycket stor del en tillväxthöjande effekt på grund av klimatförändringar, mer om detta nedan.

I scenariot *Dagens skogsbruk* är ambitionen att det ska avverkas på en nivå som innebär att skogstillståndet vare sig förbättras eller försämras. I SKA-sammanhang kallar vi denna avverkningsnivå för potentiell avverkning. Under de första 20 åren ligger den på cirka 91 miljoner m³sk av levande träd på produktiv skogsmark, vilket är cirka 10 procent högre än den faktiska avverkningen 2013, se Skogsstyrelsen 2015a.

Vid beräkningen av den potentiella avverkningen begränsas avverkningen vid två tillfällen tydligt av skogstillståndet i delar av landet. Det sker mellan 2020–2050 i Kronobergs län och mellan 2060–2090 i norra Norrland. I fallet med Kronobergs län har skogstillståndet i länet påtagligt påverkats av stormarna Gudrun och Per. Denna påverkan på den potentiella avverkningen är dock ur ett nationellt perspektiv inte stor och kommer sannolikt inte påverka industrins virkesförsörjning.

I det här sammanhanget vill vi påpeka att scenarioräkningarna pekar på en fysisk tillgång. Om denna fysiska tillgång är ekonomiskt lönsam, i alla delar, att avverka eller om den, till alla delar, kommer att komma ut på virkesmarknaden är en fråga utanför det arbete som är gjort inom ramen för SKA 15.

I scenariot *110 procent avverkning* är ambitionen att avverka 110 procent av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark. Succesivt begränsas denna ambition av skogstillståndet och allt mer försämrade avverkningsmöjligheter. Efter 50 år är avverkningen

i detta scenario under den i *Dagens skogsbruk*. Under hela 100-årsperioden är den totala avverkningen i de bägge scenarierna ungefär den samma. Om en avverkningsprofil likt den i *110 procent avverkning*, där mer avverkas i närtid för att avverka mindre längre fram, är lämplig eller kan betraktas som hållbar kommer säkert att diskuteras. Utan att ta ställning till det så kan vi i alla fall konstatera att effekterna av den ökade avverkningsnivån inledningsvis i *110 procent avverkning* jämfört med *Dagens skogsbruk* inte ger några dramatiska effekter. De potentiellt negativa utvecklingar som vi ser i scenarierna, till exempel när det gäller skogens ålder, finns även i *Dagens skogsbruk* även om de är accentuerade i *110 procent avverkning*, men skillnaden är inte dramatisk.

Klimatförändringarna har mycket stor betydelse för skogens framtida tillväxt. Samtidigt så är såväl klimatförändringen i sig som dess påverkan på skogens tillväxt mycket osäker. Klimatförändringens påverkan på tillväxten leder även till en mycket stor påverkan på framtida avverkningsmöjligheter och därigenom även på hur snabbt förändringar i skogstillståndet sker.

I de scenarier som beräknats inom SKA 15 finns en tillväxthöjande effekt på grund av framtida klimatförändringar. Den tillväxthöjande effekten är den som modellerats utifrån klimatscenariot RCP4,5. Scenariot *Dagens skogsbruk* har även beräknats utan en sådan tillväxthöjande effekt och en effekt som modellerats utifrån klimatscenariot RCP8,5.

Redan mellan 2020 och 2029 har klimatförändringarna i *Dagens skogsbruk* höjt tillväxten med 5 procent och efter 100 år med cirka 28 procent. I RCP8,5 ökar klimatförändringarna tillväxten mellan 2020 och 2029 med cirka 10 procent och efter 100 år med 38 procent.

RCP4,5 och RCP8,5 är två av ett antal scenarier, som beskriver utvecklingen av koncentrationen av växthusgaser i atmosfären, som räknats på globalt. Ingen kan i dag förutse hur väl det globala samfundet kommer lyckas med att begränsa utsläppen av växthusgaser. Vidare så är relationen mellan en viss koncentration av växthusgaser och den förändring i klimatet som den leder till osäker. De nio klimatmodeller som använts av IPCC ger en spridning i klimatförändring för varje scenario. Även i den modelleringen av trädens respons på en viss klimatförändring, som leder till en ökad tillväxt, finns det naturligtvis en osäkerhet. Den tillväxthöjande effekt av ett förändrat klimat som finns med i scenarierna är alltså resultatet av en kedja med modelleringar där såväl grundförutsättningarna som varje modelleringssteg innehåller osäkerheter.

Klimatförändringarna förväntas även leda till ökade skador på skogen, vilket vi inom SKA 15 inte lyckats modellera och införliva i scenarierna.

Även om de tillväxtökningar orsakade av ett förändrat klimat som finns med i scenarierna är osäker så har vi ändå bedömt det som meningsfullt att ha med dem som en förutsättning. Även om den absoluta nivån är osäker så har vi utgått från att tillväxten kommer påverkas. Resultaten ger möjlighet att studera de principiella effekterna av en sådan påverkan.

Utöver att påverka tillväxten så påverkar de, med de principer för avverkning som scenarierna bygger på, avverkningens storlek och som en konsekvens hur fort och hur mycket skogstillståndet påverkas. Till exempel så går de förändringar i skogens ålder som vi ser i samtliga scenarier fortare vid den högre avverkning som klimatförändringarna i dessa scenarier leder till.

Vid ett högt resursutnyttjande, med en avverkning som är lika stor eller i samma storleksordning som nettotillväxten på virkesproduktionsmark, minskar den genomsnittliga åldern vid föryngringsavverkning och omloppstiderna på den brukade marken. Det gör att det är viktigt att beakta:

- *Att arealen undantagen från skogsbruk i ett landskapsperspektiv är tillräcklig för att bevara skogens andra värden utöver virkesproduktionen. Leveranstiden för att återskapa värden beroende av gammal skog om 30–50 år, om nya behov skulle klarläggas eller uppstå, kommer vara mycket lång.*
- *Utan ett substantiellt inslag av areal som brukas med andra brukningsformer än trakthyggesbruk uppstår ett åldersglapp mellan den brukade och den undantagna marken. För vissa värden knutna till skogen såsom sociala värden och rennärning kan detta leda till problem, även om den undantagna arealen skulle vara tillräcklig för att bevara biologisk mångfald.*
- *Vid en ambition att hålla ett högt resursutnyttjande (en hög och jämn avverkningsnivå) från skogen för att bidra med värden i samhället, så som sysselsättning, tillväxt och substitution av fossila råvaror, samtidigt med ambitionen att bevara skogens andra värden, bör lägsta ålder för föryngringsavverkning ses över. Särskilt viktigt är det om ytterligare substantiella arealer undantas från skogsbruk.*

Det höga resursutnyttjandet i scenarierna, det vill säga en avverkning som är lika stor eller i samma storleksordning som nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark, leder till succesivt sänkta åldrar vid föryngringsavverkning. Det här leder till att skogen på virkesproduktionsmark blir allt yngre. Efter 50 år är skogen inom virkesproduktionsmark i huvudsak yngre än 100 år och efter 100 år är den i huvudsak under 80 år.

Historiskt har vi ännu inte sett den här effekten med sjunkande åldrar vid föryngringsavverkning. Det beror på att avverkningen historiskt legat på en lägre nivå än i scenarierna. De senaste cirka 10 åren har dock avverkningen varit i storleksordningen 90 procent, eller högre, av nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark. Vi borde alltså kommande årtionde kunna se en sjunkande ålder vid föryngringsavverkning, förutsatt att avverkningsnivåerna ligger kvar i samma storleksordning.

Samtidigt som skogen inom virkesproduktionsmark blir allt yngre så ökar arealen gammal skog på all produktiv skogsmark i samtliga scenarier. Det beror på att skog undantagen från skogsbruk succesivt blir allt äldre. Den naturliga avgången ökar succesivt på

all mark som är undantagen från skogsbruk, vilket kommer leda till succesivt ökande mängd död ved.

Strukturellt ökar skillnaden mellan virkesproduktionsmarken och mark undantagen från skogsbruk mycket tydligt under den 100 års period som beräkningarna avser. Den undantagna marken blir allt äldre med allt större inslag av död ved, medan skogen inom virkesproduktionsmarken blir allt yngre.

När man betraktar dessa resultat så är det lätt att få bilden av att skogen på mark undantagen från skogsbruk och på virkesproduktionsmarken är geografiskt åtskilda, eftersom vi i tabeller och diagram lägger dem i olika klasser och redovisar dem var och en för sig. I landskapet bildar dock marken undantagen från skogsbruk (hänsynsytor, frivilliga avsättningar och formella skydd) en mosaik i landskapet.

Inte desto mindre kan åldersglappet mellan skogen på virkesproduktionsmark och mark undantagen från skogsbruk leda till problem. Ett sådant är att om det i framtiden uppstår eller klarläggs nya eller ytterligare behov av att undanta mark från skogsbruk så kommer leveranstiden vara mycket lång. Med leveranstid menar vi då tiden från det att ett område undantas från skogsbruk till dess att det i hög grad hyser de värden som efterfrågas.

I scenarierna ingår inte något inslag av hyggesfritt skogsbruk på virkesproduktionsmark, eftersom det har liten omfattning i praktiken idag. Åldersglappet mellan skogen på virkesproduktionsmarken och mark undantagen från skogsbruk skulle dock kunna motverkas med substantiella arealer med mark som brukas men med andra brukningsformer än trakthyggesbruk. Ett högt resursutnyttjande som leder till kortare omloppstider accentuerar behovet av alternativa brukningsformer för att bevara värden som är knutna till hög ålder eller skoglig kontinuitet, det kan dels gälla bevarandet av biologisk mångfald men även värden knutna till människors nyttjande av skogen för rekreation och hänsyn till rennäringen (se t.ex. Skogsstyrelsen 2008c, Horstkotte m.fl. 2011). Alternativet för att motverka åldersglappet är att förlänga omloppstiderna på en del av marken, det skulle i så fall innebära en lägre avverkningsnivå än i *Dagens skogsbruk* och förmodligen även lägre än i scenariot *90 procent avverkning*, det vill säga lägre än vad avverkningen varit den senaste tioårsperioden.

En hög och jämn avverkningsnivå, givet att tillräckliga åtgärder är vidtagna för att främja skogens andra värden än virkesproduktion, leder till ett högt bidrag från skogen till välståndet i landet. Det finns därför ur ett samhällsperspektiv motiv för ett högt resursutnyttjande, det vill säga en hög avverkningsnivå. I skogsvårdslagens 10 § finns regelverk om lägsta åldrar för föryngringsavverkning. Regelverket har funnits under huvuddelen av 1900-talet. Syftet har i huvudsak varit att skydda yngre skog mot exploatering. Från 1979–1993 förändrades syftet något. Då var syftet att regelverket skulle ange lämpliga åldrar för maximal produktion. Från 1994 är syftet återigen ett skydd för yngre skog och lagåldrarna sänktes med 25 procent i jämförelse med 1979 års nivåer. I scenarioberäkningarna har inte lägsta ålder för föryngringsavverkning utgjort någon absolut restriktion, utan även skog yngre än lagåldrarna har föryngringsavverkats, för att kun-

na avverka nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark. Under kommande 10–30 år kan regelverket om lägsta ålder vid föryngringsavverkning komma i konflikt med skogshushållningsprincipen om att en avverkning i nivå med nettotillväxten i skogen på virkesproduktionsmark är rimlig. Problemet kan accentueras om ytterligare substantiella arealer undantas från skogsbruk. Regelverket kan därför behöva ses över.

Nuvarande val av föryngringsmetoder och val av trädslag vid föryngring leder till en stor ökning av andelen granskog i Götaland och södra delen av Svealand. Det här riskerar accentuera problemen med viltbete, minska riskspridningen och kan skapa problem kring skogens sociala och ekologiska värden.

I Götaland leder nuvarande val av föryngringsmetoder och val av trädslag till att andelen granskog ökar från knappa 30 procent till knappa 40 procent av arealen kommande 50 år. I gengäld minskar arealen tallskog succesivt under 100-årsperioden. Även i södra delen av Svealand (Stockholms-, Uppsala-, Södermanlands-, Västmanlands- och Örebro län) ökar andelen granskog, från cirka 22 procent till 32 procent de kommande 50 åren, medan andelen tallskog minskar.

Den drivande faktorn bakom denna förändring är dagens (2008–2012) val av föryngringsmetoder och val av trädslag vid föryngring. Vi ska inte i detta sammanhang djupploda i ett resonemang om vad som driver valet av trädslag vid föryngring i Götaland och Svealand, men i korthet så påverkar både viltets bete av unga tallar och lövträd, att granskogsbruk är väletablerat och välkänt med mera. Oavsett orsak så riskerar den här utvecklingen leda till en del problem. Dels så riskerar ett minskat inslag av tall i landskapet leda till ökade viltskador på den tall som finns. Dels så innebär en så hög koncentration på ett trädslag som utvecklingen i Götaland leder till minska riskspridningen, där en skadegörare på gran kan leda till större skador än vid en lägre koncentration. En ökad andel granskog kan även påverka den biologiska mångfalden och hotade arter negativt (Sandström m.fl. 2015). Rimligtvis kommer utvecklingen i Götaland upplevas som en stor förändring av landskapet och man kan fråga sig hur acceptansen från allmänheten ser ut för en sådan förändring. Det kan även leda till negativa effekter för virkesproduktionen om gran planteras på mark mer lämplig för andra trädslag.

Att dubbla naturvårdsarealerna minskar den potentiella avverkningen med 13–14 miljoner m³sk/år under de kommande 20 åren. Scenariot är ur naturvårdssynpunkt ambitiöst och ska ses som ett räkneexempel.

Hur mycket mark som behöver undantas från skogsbruk för att bevara skogens andra värden, såsom biologisk mångfald med mera, är en ständigt aktuell diskussion i den svenska debatten. Kunskapsläget kring hur problemen ser ut och hur de olika verktygen (formella skydd, frivilliga avsättningar och hänsyn vid avverkning) bidrar till bevarandet utvecklas löpande. Samtidigt kommer succesivt nya politiska signaler och beslut.

I SKA-VB 08 utformade vi två scenarier med ökade miljöambitioner utifrån politiska beslut, dels etappmålen till Levande skogar och dels i ett försök att uttolka behoven i förhållande till det övergripande miljökvalitetsmålet Levande skogar. I SKA 15 har vi inte gjort någon koppling till fattade politiska beslut i det scenario med ökade miljöambitioner som vi beräknat i projektet. Istället har vi i scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* beräknat utvecklingen om nuvarande arealer undantagna från skogsbruk fördubblas. Detta utan att inriktningen i scenariot är kopplad till politiska beslut eller uttolkningar av politiska beslut.

Vi uppfattar att scenariot är tillräckligt ambitiös för att inrymma de olika uppfattningar som förekommer i den svenska debatten. Det här har fördelen att om man vill belysa effekter av någon annan ambition som är lägre, så går det att interpolera mellan *Dagens skogsbruk* och *Dubbla naturvårdsarealer*.

Utifrån de principer för avverkningsnivå som scenarierna bygger på, så sänker de ökade arealerna som undantas från skogsbruk den potentiella avverkningen med nettotillväxten på den mark som undantagits. I genomsnitt under de första 20 åren motsvarar detta 3,7 m³sk per undantagen hektar och år.

I scenariot *Dubbla naturvårdsarealer* är det snarare skogshushållningsprincipen, om att avverkningen inte bör överstiga nettotillväxten i skog på virkesproduktionsmark, som begränsar avverkningen, än att det uppstår en brist på avverkningsbar skog.

Litteratur/källförteckning

- Agardh, C. A. & Ljungberg, C. E. 1857. Försök till en statsekonomisk statistik över Sverige. Karlstad.
- Anon. 1932. Uppskattning av Sveriges skogstillgångar. SOU 1932:26. Stockholm.
- Anon. 1933. Betänkande med förslag angående åtgärder för ett bättre utnyttjande av landets skogstillgångar. Avgivet den 4 januari 1933 av 1931 års skogsutredning. SOU 1933:2, Stockholm.
- Anon. 1939. Utredning rörande skogsnäringens ekonomiska läge med förslag till åtgärder för höjande av näringens bärkraft. II. Åtgärder för främjande av en ändamålsenlig virkesproduktion. 1936 års skogsutrednings betänkande nr 2 avgivet den 26 november 1938. Stockholm.
- Anon. 1956. Skogsindustrins utbyggnad. Betänkande avgivet av Södra Sveriges skogsindustriutredning. SOU 1956:33. Stockholm.
- Anon. 1968. Virkesbalanser 1967. Betänkande avgivet av virkesbalansutredningen. SOU 1968:9. Stockholm.
- Anon. 1978. Skog för framtid. Betänkande av 1973 års skogsutredning. Bilagor. SOU 1978:7. Stockholm. ISBN 91-38-03836-6.
- Anon. 1981. Skogsindustrins virkesförsörjning. Betänkande av virkesförsörjningsutredningen. SOU 1981:81 308 sidor. ISBN 91-38-06335-2.
- Anon. 1992a. Skogspolitik inför 2000-talet. 1990 års skogspolitiska kommitté, Bilaga 10, Huvudbetänkande, SOU 1992:76. 343 sidor. ISBN 91-38-13131-5.
- Anon. 1992b. Biobränslen för framtiden. Slutbetänkande av Biobränslekommissionen. SOU 1992:91. Stockholm.
- Anon. 2006. På väg mot ett oljefritt Sverige. Slutrapport från Kommissionen mot oljeberoende. Regeringskansliet.
- Axelsson, A-L och Cory, Neil. 2015. Långa tidsserier från Riksskogstaxeringen. Underlag till SKA 15. Arbetsrapport. xx. Institutionen för Skoglig Resurshushållning, SLU Opublicerat manuskript.
- Bengtsson G., Holmlund J., Lundström A., & Sandewall M. 1989. Avverkningsberäkning 1985, AVB 85. Institutionen för skogstaxering, SLU, Umeå. Rapport 44, 329 sidor. ISSN 0348-0496.

- Berg, J., McMurtrie, R.E. and Linder, S. 1998. Climatic factors controlling the productivity of Norway Spruce: A model-based analysis. *Forest Ecology and Management* 110. Pp, 127–139.
- Bergh, J., m.fl. 2003. Modelling the short-term effects of climate change on the productivity of selected tree species in Nordic countries. *Forest Ecology and Management* 183: 327–340.
- Bäcke, J-O., Joshi, S., Svensson, S. A., 2007. Virkesbalanser för år 2004. Skogsstyrelsen, rapport 4/2007. ISSN 100–0295.
- CBD 2010. DECISION ADOPTED BY THE CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY AT ITS TENTH MEETING. UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. 29 October 2010.
- Claesson, S., Andersson, B., Bergh, J., Duvemo, K., Fridh, M., Lundström, A., Nilsson, U., Nordfjell, T., Sollander, E. & Svensson, S.A., Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. Rapport 25/2008. Skogsstyrelsen. ISSN 1100–0295.
- Claesson, S., Duvemo, K., Lundström, A. & Wikberg, P.E., 2015. Skogliga konsekvensanalyser 2015 – SKA 15. Skogsstyrelsen. Rapport 10/2015. ISSN 1100–0295.
- Duvemo, K., Fridh, M., Joshi, S., Karlsson, S. & Svensson, S.A. 2015. Global framtida efterfrågan på och utbud av virkesråvara. Rapport 4/2015. Skogsstyrelsen. ISSN 1100–0295.
- Elfving B. 1982. Hugin's unskogstaxering 1976–1979. SLU, Projekt Hugin, Rapport 27, 87 sidor.
- Elfving, B. 2015. Urskogens dynamik – 26 års utveckling på 13 boreala urskogsytor. Opublicerat manuskript.
- Eriksson, A. 2013. Instruktion för fältarbete med Polytax P0/1. Ver 2013–05–02. Skogsstyrelsen.
- Eriksson, A., Snäll, T., & Harrison, P. J. 2015a. Analys av miljöförhållanden – SKA 15. Skogsstyrelsen. Rapport 11/2015. ISSN 1100–0295.
- Eriksson H. 2007. Svenskt skogsbruk möter klimatförändringarna. Skogsstyrelsen. Rapport 8/2007. ISSN 1100–0295.
- Eriksson, H., Freeman, M., Fries, C., Jönsson A. M., Lundström, A. & Nilsson U. 2015b. Effekter av ett förändrat klimat – SKA 15. Skogsstyrelsen. Rapport 12/2015. ISSN 1100–0295.

-
- Fahlvik N., Elfving B., Wikström P. 2014. Evaluation of growth functions used in the Swedish Forest Planning System Heureka. *Silva Fennica* vol. 48 no. 2 article id 1013. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1013>.
- Freeman, M. & Linder, S. 2001. Regional impact assessment - Boreal Forests. In: Kramer, K. & Mohren, F. (eds) *Long-term Effects of Climate Change on Carbon Budgets of Forests in Europe*. Alterra-report 194: 197–203. ISSN 1566–7197.
- Freeman, M., Moren, A. S., Stronmgren, M. and Linder, S. 2005. *Climate Change Impacts on Forests in Europe: Biological Impact Mechanisms*. Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden.
- Fries, C., Bergqvist, J. & Svensson, L. 2013. Förändringar i återväxtkvalitet, val av förnyngningsmetod och trädslagsanvändning mellan 1999–2012. Skogsstyrelsen. Rapport 2/2013. ISSN 1100–0295.
- Gustafsson, K. & Hägg, S. 2004. Skogliga konsekvensanalyser 2003–SKA 03. Skogsstyrelsen, rapport 2/2003. ISSN 100–0295.
- Hektor, Bo, Lönner, G. & Parikka, M 1995. Trädbränslepotential i Sverige på 2000-talet – Ett uppdrag för Energikommissionen. SLU. Institutionen för Skog-Industri-Marknad-Studier Utredningar nr. 17. Uppsala.
- Horstkotte, T., Moen, J., Lämås, T. & Helle, T. 2011. The legacy of logging – Estimating arboreal lichen occurrence in a boreal multiple-use landscape on a two century scale. Published online 2011 dec 16. Doi: 10.1371/journal.pone.0028779.
- Hägglund B. 1981. Forecasting growth and yield in established forests. An outline and analysis of the outcome of a subprogram within the Hugin project. SLU, inst för skogstaxering, rapport 31. 132 sidor. ISSN 0348–0496. ISBN 91–576–0797–4.
- Ingemarsson, F., Claesson, S. & Thuresson, T. 2007. Älg- och rådjurstamarnas kostnader och värden. Rapport 3/2007. Skogsstyrelsen. ISSN 100–0295.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013, The Physical Science Basis, working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel of climate change*. Cambridge University Press. 2013. ISBN 978–1–107–05799–1.
- Lagergren, F., Jönsson, A. M., Blennow, K., Smith, B. 2012. Implementing storm damage in a dynamic vegetation model for regional applications in Sweden. *Ecological Modelling*, vol 247.
- Larsson, S., Lundmark, T. & Ståhl, G. (2009). *Möjligheter till intensivodling av skog*. Slutrapport från regeringsuppdrag Jo 2008/1885.

-
- Lidestav, G. & Nordfjell, T. 2002. Med skogsägaren i fokus. I Har skogen mer att ge, red. Ingmarsson, F. SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, Rapport 20/2002.
- Lindén, H. & Vorwerk, P. 1998. Polytax – ett inventeringssystem för uppföljning av skogspolitiken. Statistisk undersökningsdesign. Statistiskrapport M/LE 1998:1. SCB.
- Lundblad, M. 2015. Hur kan den svenska skogen bidra till att nå de långsiktiga klimatmålen?. Sammanfattning av slutrapport till forskningsprojekt inom Energimyndighetens bränsleprogram. [http://www.energimyndigheten.se/Templates/Public/Pages/DocumentOpener.aspx?DocID=94990&Namn=Sammanfattning av slutrapport_36152-14.pdf](http://www.energimyndigheten.se/Templates/Public/Pages/DocumentOpener.aspx?DocID=94990&Namn=Sammanfattning%20av%20slutrapport_36152-14.pdf)
- Lundström, A. & Glimskär, A. 2009. Definitioner, tillgängliga arealer och konsekvensberäkningar. SLU, Rapport.
- Lundström, J., Öhman, K., Perhans, K., Rönnqvist, M. & Gustafsson, L. 2011. Cost-effective age structure and geographical distribution of boreal forest reserves. *Journal of Applied Ecology*, 48, 133–142.
- McMurtrie, R.E. and Landsberg, J.J. 1992. Using a simulation model to evaluate the effects of water and nutrients on the growth and carbon partitioning of *pinus radiata*. *Forest Ecology and Management* 52. Pp, 243–260.
- Nationalencyklopedin, scenario, 2015. [www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/scenario-\(2\)](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/scenario-(2)), hämtad 2015-04-08
- Naturvårdsverket 2012. Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050. Rapport 6537, 2012. ISBN 978-91-620-6537-9.
- Nyström, K., 2007. Beståndsetablering. I: Heureka årsrapport, sidorna 10–11.
- Nyström, K., 2008. Beskrivning av existerande plant- och ungskog: ett delvis snårigt kapitel. I: Heureka årsrapport, sidorna 13–15.
- Petterson, F. 1994a. Predictive functions for impact of nitrogen fertilization on growth over five years. SkogForsk, Report No 3, 1994, 56 sidor ISSN 1103-6648.
- Petterson, F. 1994b. Predictive functions for calculation the total response in growth to nitrogen fertilization, duration and distribution over time. SkogForsk, Report No 4, 1994, 34 sidor ISSN 1103-6648.
- Regeringens proposition 2000/01:130. Svenska miljömål – delmål och åtgärdsstrategier.
- Regeringsbeslut M2014/593/Nm. Etappmål för biologisk mångfald och ekosystemtjänster.

- Rosvall, O., m.fl. 2004a. Ökad produktion i familjeskogsbruket – Analys av tillväxt-höjande och skadeförebyggande åtgärder. Skogforsk, arbetsrapport 574/2004. ISSN 1404–305X.
- Rosvall, O., Jacobson, S., Karlsson, B. & Lundström, A. 2004b. Ökad produktion - trots ökad naturvård? I Utvecklingskonferens 2004. Redogörelse Skogforsk Nr 1, 2004, 23–38.
- Rosvall, O. & Wennström, U. 2008. Förädlingseffekter för simulering med Hugin i SKA 08. Arbetsrapport från Skogforsk Nr 665, 2008, 37 sidor. ISSN 1404–305X.
- SLU 2009. Flöden av växthusgaser från skog och annan markanvändning – slutrapport regeringsuppdrag Jo 2008/3958. SLU 2009.
- SLU 2013. Skogsdata 2013 – Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. ISSN 0280–0543.
- Sandström, J., Bjelke, U., Carlberg, T. & Sundberg, S. 2015. Tillstånd och trender för arter och deras livsmiljöer – rödlistade arter i Sverige 2015. ArtDatabanken Rapporterar 17. ArtDatabanken, SLU. Uppsala
- Skogsstyrelsen. 1988. Virkesbalanser 1985. Huvudrapporten. Meddelande 4/1986.
- Skogsstyrelsen. 1993. Virkesbalanser 1992. Meddelande 2/1993. ISSN 0248–4413.
- Skogsstyrelsen. 2006. Stormen 2005 – en skoglig analys. Meddelande 1/2006. ISSN 1100–0295.
- Skogsstyrelsen 2008a. Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2007 – SKA-VB 08. Meddelande 4/2008. Skogsstyrelsen. ISSN 100-0295.
- Skogsstyrelsen 2008b. Skogsbrukets frivilliga avsättningar. Skogsstyrelsen, Jönköping. Meddelande 3/2008. ISSN 1100–0295.
- Skogsstyrelsen 2008c. Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk. Meddelande 1/2008. Skogsstyrelsen. ISSN 1100–0295.
- Skogsstyrelsen 2009. Viltanpassad Skogsskötsel – skogliga åtgärder för att minska skador. Meddelande 2/2009. Skogsstyrelsen. ISSN 1100–0295.
- Skogsstyrelsen 2014. Skogsvårdslagstiftningen, Gällande regler 1 sept. 2014. Skogsstyrelsen, Jönköping. 92 s.
- Skogsstyrelsen 2015a. Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2013 – SKA 15.

Skogsstyrelsen. Meddelande 3/2015. ISSN 1100–0295.

Skogsstyrelsen 2015b. Kunskapsplattform för skogsproduktion. Tillståndet i skogen, problem och tänkbara insatser och åtgärder. Opublicerad.

Skogsstyrelsen & Statens industriverk 1980. Ökad eldning med skogsråvara – Möjligheter och konsekvenser. SIND PM 1980:2. Stockholm.

SMHI. 2014. www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/

Stål, P-O, Christiansen, L., Wadstein, M., Grönvall, A., Olsson, P. 2012. Skogsbrukets frivilliga avsättningar. Skogsstyrelsen. Jönköping. Rapport 5/2012. ISSN 1100–0295.

Thuresson, T., m.fl. 2000. Skogsliga konsekvensanalyser 1999 – skogens möjligheter på 2000-talet. Skogsstyrelsen, rapport 2/2000. ISSN 1100–0295.

Toet, H., Fridman, J. & Holm, S. 2007. Precisionen i Riksskogstaxeringens skattningar 1998-2002. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, Arbetsrapport 167/2007. ISSN 1401–1204.

Wikström, P. m.fl. (2011). The Heureka forestry decision support system: An overview. *Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences*. 3(2): 87–94.

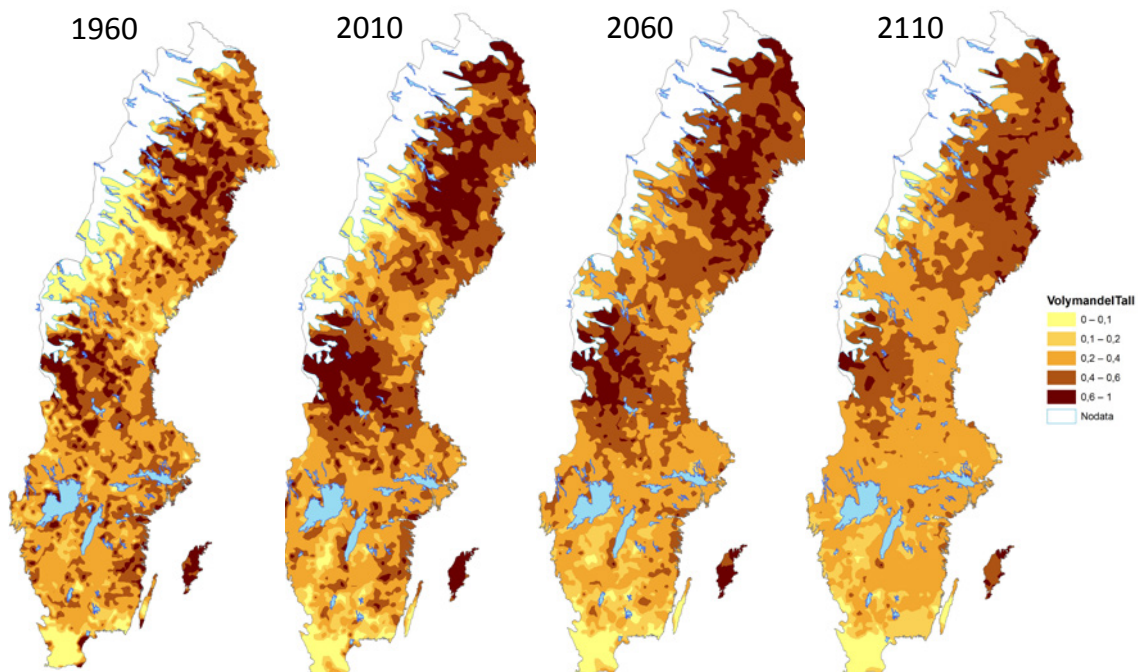
Wikberg, Per-Erik (2004). Occurrence, morphology and growth of understory saplings in Swedish forests. Diss. (sammanfattning/summary) Umeå : Sveriges lantbruksuniv., Acta Universitatis agriculturae Sueciae. *Silvestria*, 1401–6230; 322. ISBN 91–576–6706–3

Wilhelmsson, E. 1989 Modell och verklighet vid regionala avverkningsberäkningar. Rapport 4/1989. SLU, Institutionen för skogstaxering. ISBN 91–576–3642–7.

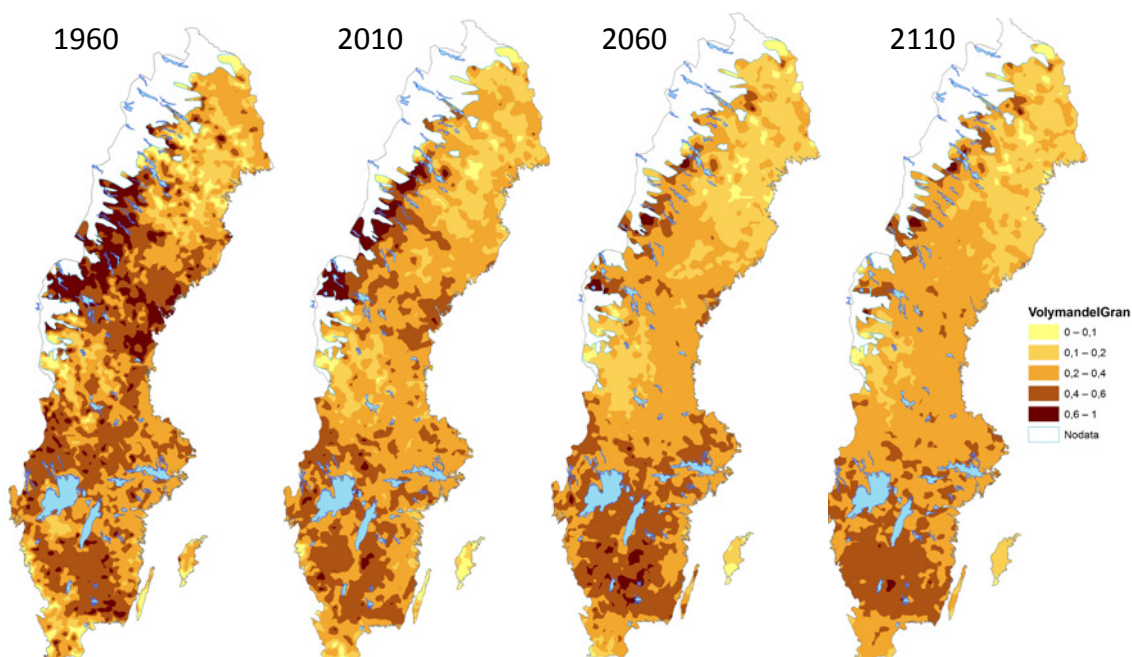
Bilaga 1

Bilagor

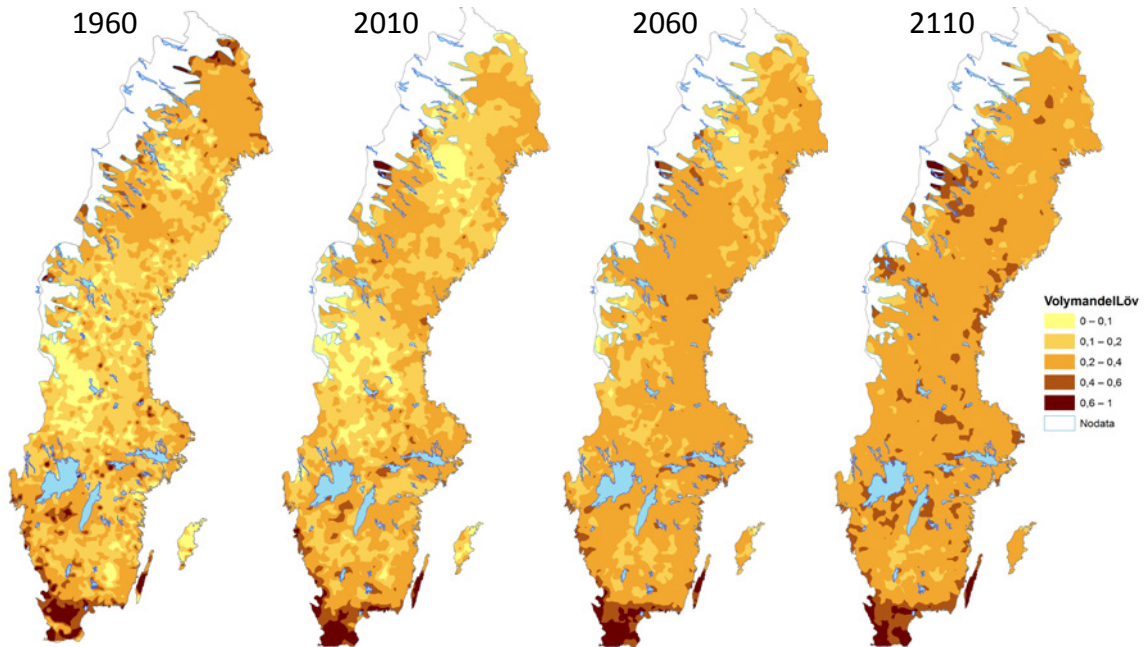
Kartor



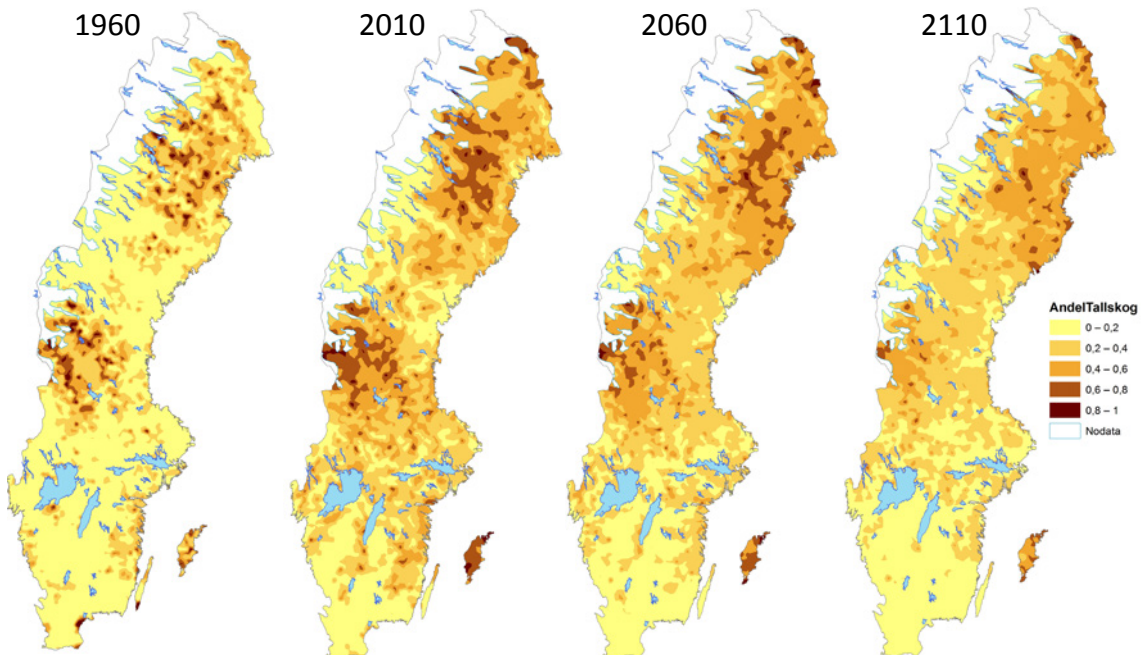
Figur 41. Andel tall av virkesförrådet för åren 1960, 2010, 2060 och 2110. Kartan för året 1960 bygger på data från Riksskogstaxeringen, medeltal för åren 1958-1962. Kartorna för åren 2010, 2060 och 2110 bygger på scenariot Dagens skogsbruk.



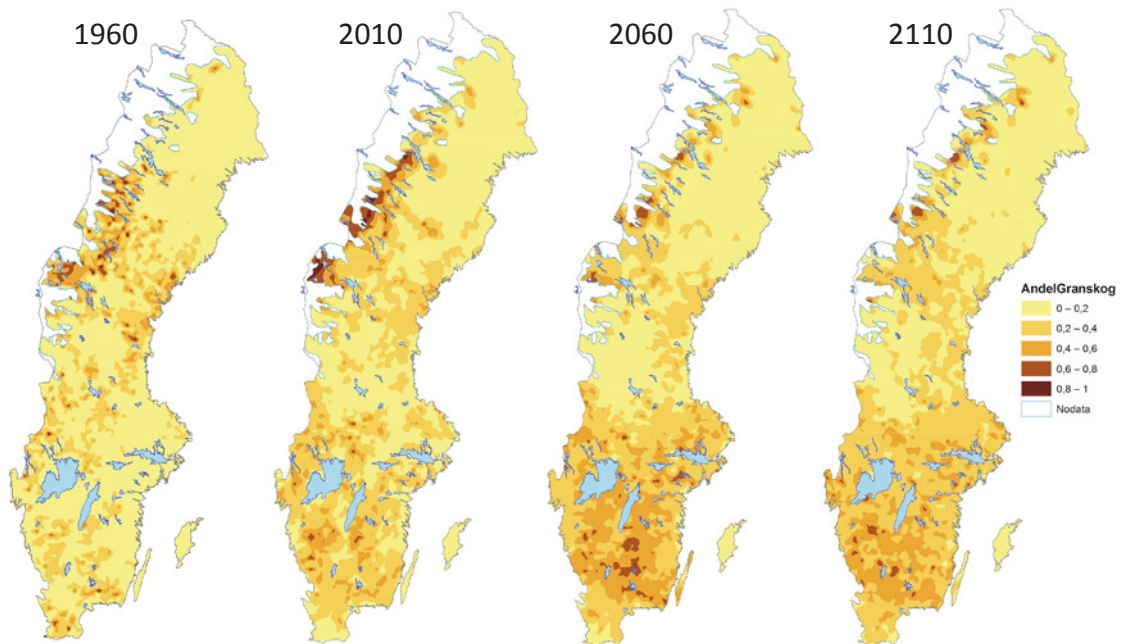
Figur 42. Andel gran av virkesförrådet för åren 1960, 2010, 2060 och 2110. Kartan för året 1960 bygger på data från Riksskogstaxeringen, medeltal för åren 1958-1962. Kartorna för åren 2010, 2060 och 2110 bygger på scenariot Dagens skogsbruk.



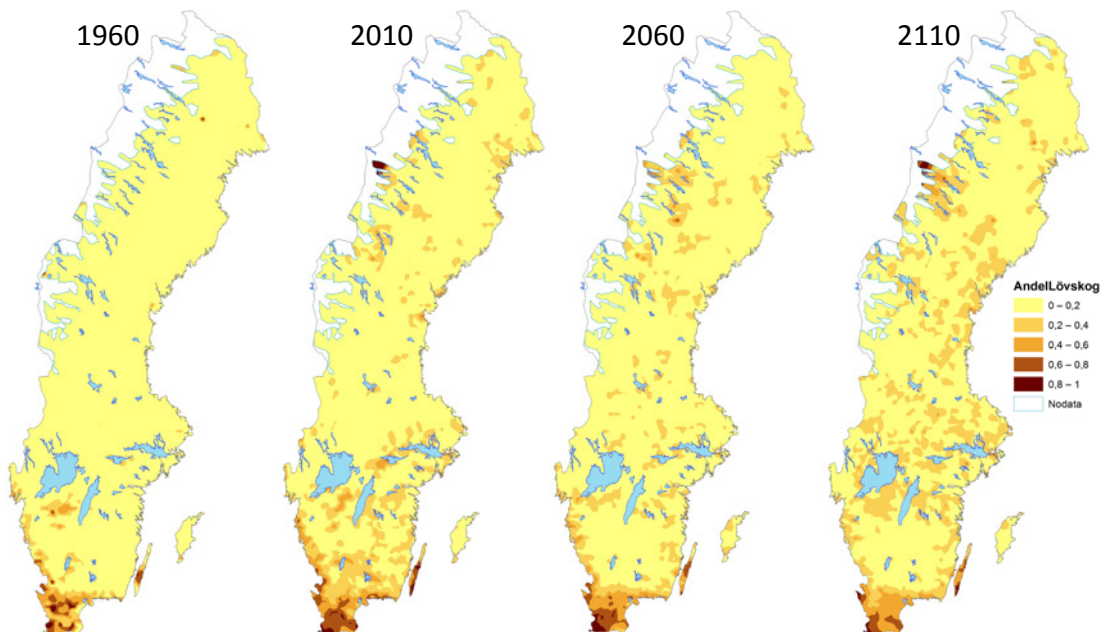
Figur 43. Andel löv av virkesförrådet för åren 1960, 2010, 2060 och 2110. Kartan för året 1960 bygger på data från Riksskogstaxeringen, medeltal för åren 1958-1962. Kartorna för åren 2010, 2060 och 2110 bygger på scenariot Dagens skogsbruk.



Figur 44. Andel tallskog för åren 1960, 2010, 2060 och 2110. Kartan för året 1960 bygger på data från Riksskogstaxeringen, medeltal för åren 1958-1962. Kartorna för åren 2010, 2060 och 2110 bygger på scenariot Dagens skogsbruk.



Figur 45. Andel granskog för åren 1960, 2010, 2060 och 2110. Kartan för året 1960 bygger på data från Riksskogstaxeringen, medeltal för åren 1958-1962. Kartorna för åren 2010, 2060 och 2110 bygger på scenariot Dagens skogsbruk.



Figur 46. Andel lövskog för åren 1960, 2010, 2060 och 2110. Kartan för året 1960 bygger på data från Riksskogstaxeringen, medeltal för åren 1958-1962. Kartorna för åren 2010, 2060 och 2110 bygger på scenariot Dagens skogsbruk.

Beräkning av mängder grot

I resultaten från SKA 15 redovisas mängder grot (grenar och toppar) dels som brutto och dels efter det att Skogsstyrelsens rekommendationer tillämpats. Brutto innebär allt som faller ut som en direkt följd av den avverkning som är i respektive scenario (uppdelat på gallring och föryngringsavverkning). De restriktioner som ligger i Skogsstyrelsens rekommendationer framgår nedan. Kursiv text är text från Skogsstyrelsens rekommendationer.

Om askåterföring:

- Skogsstyrelsens rekommendationer innehåller myndighetens syn på när askåterföring bör ske. I denna beskrivning av hur rekommendationerna används i potentialberäkningarna har vi förutsatt att askåterföring sker i enlighet med rekommendationerna.

Restriktioner vid val av bestånd (i praktiken vid val av provytor)

- *Uttag av avverkningsrester bör inte ske i skogar med höga naturvärden* – Uttolkas i SKA 15 som att uttag ej skall ske på provytor som klassats reservat, frivilliga avsättningar eller hänsyn vid avverkning.
- *Skyddszoner med träd och buskar, där inga regelrätta uttag av avverkningsrester sker, bör lämnas mot skogliga impediment och öppen jordbruksmark samt utmed sjöar eller vattendrag* – medför i SKA 15 att uttag ej skall ske på provytor som i Riksskogstaxeringen klassats som ANGR. ÄGOSLAG = 3 (Åkermark), 4 (Myr), 5 (Berg och vissa andra imp.), 6 (fjällbarrskog), 15 (Sötvatten), 16 (Saltvatten)
- *Uttag av avverkningsrester i sumpskog, blöta marker eller fuktiga marker med låg bärighet är olämpligt pga den ökade risken för körskador* – medför i SKA 15 att uttag ej skall ske på provytor med grundförhållanden enligt terrängtypsschemat som är 4 eller 5. Omsatt till ståndortsbeskrivning med Riksskogstaxeringens variabeluppsättning innebär det här ej ytor med TORV = 2 eller 3 (minst halva ytan är torvmark) och inte heller ytor med FUKTIGH = 5 (blöt mark). Även ytor med FUKTIGH = 4 (fuktig mark) undantas om TEXTUR = 6 eller högre (finmo eller finare textur). Det vill säga inte torvmarker, blöta marker eller fuktiga marker med fina jordar.

Restriktioner vid uttag i bestånd

- *För att värna om den biologiska mångfalden och de organismer som lever på död ved bör 20 procent av avverkningsresterna lämnas kvar. Mest betydelsefull för den biologiska mångfalden är ved från tall och lövträd.* – medför att vid uttag i bestånd (på provyta) skall 20 procent av mängden grot i beståndet (på provytan) lämnas kvar. I första hand lämnas löv, i andra hand tall och i tredje hand gran.

Bilaga 3

Beräkning av mängder stubbar

I resultaten från SKA 15 redovisas mängder stubbar dels som brutto och dels efter det att Skogsstyrelsens rekommendationer tillämpats. Brutto innebär allt som faller ut som en direkt följd av den avverkning som är i respektive scenario (uppdelat på gallring och föryngringsavverkning). De restriktioner som ligger i Skogsstyrelsens rekommendationer framgår nedan. Kursiv text är text från Skogsstyrelsens rekommendationer.

Mark och vatten

1) Att lämna stubbar i och invid basvägar för att bibehålla bärigheten. Ris bör lämnas för att begränsa markskador i drivningsvägar som utnyttjas för att transportera ut stubbar.

- a) Detta operationaliseras genom att ange den procentandel av volymen som kan tas ut från hygget. Andelen tar hänsyn till och inkluderar rekommendationerna enligt punkterna 7–11 nedan. Uttaget begränsas till att omfatta barrträdsstubbar. Den samlade bedömningen är att 15–25 procent av potentialen skall vara kvar på hygget. I beräkningen förutsätts att 20 procent lämnas. Uttaget blir således följande beroende på lövandelen
 - i) Lövandel >20 procent: Hela potentialen barrträdsstubbar tas ut.
 - ii) Lövandel < 20 procent: Här tas 80 procent av potentialen ut (i form av barrträdsstubbar).

2) Att inte skörda stubbar på fuktig eller blöt mark, eller på finjordsrika marker, samt marker med stor lutning.

- a) Detta hanteras genom att exkludera marker med olämplig fuktighet, lutning eller textur: Uttag från ytor med egenskaper i följande klasser exkluderas:
 - i) Lutning: Klasserna 10, 11
 - ii) Textur: Klasserna 5 – 7 (grovmå eller finare textur).
 - iii) Fuktighet: Klasserna 4, 5 (fuktig eller blöt mark)

3) Att lämna en skyddszon mot vattenmiljöer inom vilken stubbar inte skördas.

- a) Provytorna är klassade med en 1/0-variabel som anger om den ligger inom 25 meter från sjö, hav eller vattendrag som normalt är vattenförande året runt (ej diken). Att exkludera alla dessa ytor begränsar potentialen alltför starkt. Här simuleras istället begränsning inom 10 meter från vatten vilket i praktiken innebär att 3/5 av ytorna i denna kategori kommer att inkluderas i potentialberäkningarna.

4) Att inte skörda stubbar i direkt anslutning till trädbevuxna skyddszoner som lämnats mot vattenmiljöer för att stabiliteten hos träden inte skall försämrats ytterligare.

- a) Hanterad i 3) ovan

5) *Att med askåterföring kompensera näringsbalansen för uttaget av stubbar*

a) Påverkar ej stubbskördspotentialen.

6) *Att sträva mot att markberedning integreras med stubbskörd på marker där förutsättningarna är sådana att åtgärden annars riskerar att leda till skador på marken.*

a) Påverkar ej stubbskördspotentialen.

Flora fauna och skogliga livsmiljöer

7) *Att endast skörda stubbar av barrträd*

a) Inga lövträdsstubbar räknas in i potentialen, hanteras i punkten 1.

8) *Att på varje hygge där stubbar skördas lämnas en viss del av volymen stubbar (15–25 procent). Bland dessa kan ingå stubbar av andra trädslag än gran, samt stubbar lämnade av hänsyn till mark och vatten, fornlämningar och kulturmiljöer. Söder om en ungefärlig linje Göteborg – Eksjö – Kalmar kan den föreslagna procentandelen underskridas då stubbar skördas i rena granbestånd.*

a) Detta hanteras i punkten 1 och är inkluderad i det schablonmässiga avdrag som görs från alla ytor som ingår i potentialberäkningen.

9) *Att lämna en skyddszon mot hänsynsytor inom vilka stubbar inte skördas*

a) Här finns ingen information att tillgå avseende närhet till hänsynsytor. Detta är inkluderat i det schablonmässiga avdraget i punkt 1.

10) *Att inte skörda stubbar i direkt anslutning till trädbevuxen skyddszon som tidigare lämnats mot hänsynsytor för att stabiliteten hos träd i skyddszonen inte skall försämrats ytterligare.*

a) Här finns ingen information att tillgå avseende närhet till hänsynsytor. Detta är inkluderat i det schablonmässiga avdraget i punkt 1.

Fornlämningar och kulturmiljöer

Stubbskörd på eller invid fast fornlämning kräver alltid tillstånd av länsstyrelsen. Stubbskörd bör inte heller utföras i värdefulla kulturmiljöer

a) Med utgångspunkten att 1–2 procent av skogsmarksarealen är olämplig att markbereda av hänsyn till kulturmiljövårdens intressen, tas här 1 procent av ytorna bort från potentialberäkningarna. Den lägre siffran väljs eftersom viss överlappning i hänsyn är sannolik i SKA 15.

Rekreation och friluftsliv

11) Att stubbar inte skördas inom skogar med av skogstyrelsen identifierade höga sociala värden då de är värdefulla för människors rekreation och friluftsliv

- a) I beräkningarna för SKA har ytor förts till kategorierna reservat och hänsynsmark av flera olika skäl och i olika omfattning beroende på scenario. Här kan vi anse att rekreativmarker i stor utsträckning finns (Det är bara från virkesproduktionsmark som vi anser att stubbskörd kan ske).

Rennäring

1) Stubbskörd inom renbetesområdet bör inte utföras på lavhävdade marker

- a) Renskötselområdet definieras här som områden med bevisad eller ”övervägande sannolik ”renskötselrätt enligt Gränsdragningskommissionen för renskötselrätt (Jo 2002:01). Inom detta område utesluts ytor med bottenskikt 01, och 03 enligt Riksskogstaxeringen (lavtyp och lavrik typ).

Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

- 1988:1 Mallar för ståndortsbonitering; Lathund för 18 län i södra Sverige
- 1991:1 Tätortsnära skogsbruk
- 1992:3 Aktiva Natur- och Kulturvårdande åtgärder i skogsbruket
- 1993:7 Betespräglad äldre bondeskog – från naturvårdssynpunkt
- 1994:5 Historiska kartor – underlag för natur- och kulturmiljövård i skogen
- 1995:1 Planering av skogsbrukets hänsyn till vatten i ett avrinningsområde i Gävleborg
- 1995:2 SUMPSKOG – ekologi och skötsel
- 1996:1 Women in Forestry – What is their situation?
- 1996:2 Skogens kvinnor – Hur är läget?
- 1997:2 Naturvårdsutbildning (20 poäng) Hur gick det?
- 1997:5 Miljeu96 Rådgivning. Rapport från utvärdering av miljeurådgivningen
- 1997:6 Effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring – en litteraturstudie
- 1997:7 Målgruppsanalys
- 1997:8 Effekter av tungmetallnedfall på skogslevande landsnäckor (with English Summary: The impact on forest land snails by atmospheric deposition of heavy metals)
- 1997:9 GIS-metodik för kartläggning av markförsurning – En pilotstudie i Jönköpings län
- 1998:1 Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation
- 1998:3 Dalaskog – Pilotprojekt i landskapsanalys
- 1998:4 Användning av satellitdata – hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov
- 1998:5 Baskatjoner och aciditet i svensk skogsmark – tillstånd och förändringar
- 1998:6 Övervakning av biologisk mångfald i det brukade skogslandskapet. With a summary in English: Monitoring of biodiversity in managed forests.
- 1998:7 Marksvampar i kalkbarrskogar och skogsbeten i Gotländska nyckelbiotoper
- 1999:1 Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering
- 1999:2 Internationella konventioner och andra instrument som behandlar internationella skogsfrågor
- 2000:1 Samordnade åtgärder mot försurning av mark och vatten – Underlagsdokument till Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag
- 2000:4 Skogsbruket i den lokala ekonomin
- 2000:5 Aska från biobränsle
- 2000:6 Skogsskadeinventering av bok och ek i Sydsverige 1999
- 2001:1 Landmolluskfaunans ekologi i sump- och myrskogar i mellersta Norrland, med jämförelser beträffande förhållandena i södra Sverige
- 2001:2 Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland
- 2001:3 The proposals for action submitted by the Intergovernmental Panel on Forests (IPF) and the Intergovernmental Forum on Forests (IFF) – in the Swedish context
- 2001:4 Resultat från Skogsstyrelsens ekenkät 2000
- 2001:5 Effekter av kalkning i utströmningsområden med kalkkross 0 - 3 mm
- 2001:6 Biobränslen i Söderhamn
- 2001:7 Entreprenörer i skogsbruket 1993–1998
- 2001:8A Skogspolitisk historia
- 2001:8B Skogspolitiken idag – en beskrivning av den politik och övriga faktorer som påverkar skogen och skogsbruket
- 2001:8C Gröna planer
- 2001:8D Föryngring av skog
- 2001:8E Fornlämningar och kulturmiljöer i skogsmark
- 2001:8G Framtidens skog
- 2001:8H De skogliga aktörerna och skogspolitiken
- 2001:8I Skogsbilvägar
- 2001:8J Skogen sociala värden
- 2001:8K Arbetsmarknadspolitiska åtgärder i skogen
- 2001:8L Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet
- 2001:8M Skogsbruk och rennäring
- 2001:8O Skador på skog
- 2001:9 Projekterfarenheter av landskapsanalys i lokal samverkan – (LIFE 96 ENV S 367) Uthålligt skogsbruk byggt på landskapsanalys i lokal samverkan
- 2001:11A Strategier för åtgärder mot markförsurning
- 2001:11B Markförsurningsprocesser
- 2001:11C Effekter på biologisk mångfald av markförsurning och motåtgärder
- 2001:11D Urvalskriterier för bedömning av markförsurning

2001:11E	Effekter på kvävedynamiken av markförsurning och motåtgärder
2001:11F	Effekter på skogsproduktion av markförsurning och motåtgärder
2001:11G	Effekter på tungmetallers och cesiums rörlighet av markförsurning och motåtgärder
2002:1	Ekskador i Europa
2002:2	Gröna Huset, slutrapport
2002:3	Project experiences of landscape analysis with local participation – (LIFE 96 ENV S 367) Local participation in sustainable forest management based on landscape analysis
2002:4	Landskapsekologisk planering i Söderhamns kommun
2002:5	Miljöriktig vedeldning – Ett informationsprojekt i Söderhamn
2002:6	White backed woodpecker landscapes and new nature reserves
2002:7	ÄBIN Satellit
2002:8	Demonstration of Methods to monitor Sustainable Forestry, Final report Sweden
2002:9	Inventering av frötäktssbestånd av stjäkke, bergesk och rödek under 2001 – Ekdöd, skötsel och naturvård
2002:10	A comparison between National Forest Programmes of some EU-member states
2002:11	Satellitbildsbaserade skattningar av skogliga variabler
2002:12	Skog & Miljö – Miljöbeskrivning av skogsmarken i Söderhamns kommun
2003:1	Övervakning av biologisk mångfald i skogen – En jämförelse av två metoder
2003:2	Fågelfaunan i olika skogsmiljöer – en studie på beståndsnivå
2003:3	Effektivare samråd mellan rennärning och skogsbruk – förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande
2003:4	Projekt Nissadalen – En integrerad strategi för kalkning och askspridning i hela avrinningsområden
2003:5	Projekt Renbruksplan 2000–2002 Slutrapport, – ett planeringsverktyg för samebyarna
2003:6	Att mäta skogens biologiska mångfald – möjligheter och hinder för att följa upp skogspolitikens miljömål i Sverige
2003:7	Vilka botaniska naturvärden finns vid torplämningar i norra Uppland?
2003:8	Kalkgranskogar i Sverige och Norge – förslag till växtsociologisk klassificering
2003:9	Skogsägare på distans – Utvärdering av SVO:s riktade insatser för utbor
2003:10	The EU enlargement in 2004: analysis of the forestry situation and perspectives in relation to the present EU and Sweden
2004:1	Effektuppföljning skogsmarkskalkning tillväxt och trädvitalitet, 1990–2002
2004:2	Skogliga konsekvensanalyser 2003 – SKA 03
2004:3	Natur- och kulturinventeringen i Kronobergs län 1996–2001
2004:4	Naturlig förnyring av tall
2004:5	How Sweden meets the IPF requirements on nfp
2004:6	Synthesis of the model forest concept and its application to Vilhelmina model forest and Barents model forest network
2004:7	Vedlevande arters krav på substrat – sammanställning och analys av 3 600 arter
2004:8	EU-utvidningen och skogsindustrin – En analys av skogsindustrins betydelse för de nya medlemsländernas ekonomier
2004:10	Om virkesförrådets utveckling och dess påverkan på skogsbrukets lönsamhet under perioden 1980–2002
2004:11	Naturskydd och skogligt genbevarande
2004:12	När vi skogspolitikens mångfaldsmål på artnivå? – Åtgärdsförslag för uppföljning och metodutveckling
2005:1	Access to the forests for disabled people
2005:2	Tillgång till naturen för människor med funktionshinder
2005:3	Besöksstudier i naturområden – en handbok
2005:4	Visitor studies in nature areas – a manual
2005:5	Skogshistoria år från år 1177–2005
2005:6	Vägar till ett effektivare samarbete i den privata tätortsnära skogen
2005:7	Planering för rekreation – Grön skogsbruksplan i privatägd tätortsnära skog
2005:8a-8c	Report from Proceedings of ForestSAT 2005 in Borås May 31 – June 3
2005:9	Sammanställning av stormskador på skog i Sverige under de senaste 210 åren
2005:10	Frivilliga avsättningar – en del i Miljökvalitetsmålet Levande skogar
2005:11	Skogliga sektorsmål – förutsättningar och bakgrundsmaterial
2005:12	Målbilder för det skogliga sektorsmålet – hur går det med bevarandet av biologisk mångfald?
2005:13	Ekonomiska konsekvenser av de skogliga sektorsmålen
2005:14	Tio skogsägares erfarenheter av stormen
2005:15	Uppföljning av skador på fornlämningar och övriga kulturlämningar i skog
2005:16	Mykorrhizasvampar i örtrika granskogar – en metodstudie för att hitta värdefulla miljöer
2005:17	Forskningsseminarium skogsbruk – rennärning 11–12 augusti 2004

2005:18	Klassning av renbete med hjälp av ståndortsboniteringens vegetationstypsindelning
2005:19	Jämförelse av produktionspotential mellan tall, gran och björk på samma ståndort
2006:1	Kalkning och askspridning på skogsmark – redovisning av arealer som ingått i Skogsstyrelsens försöksverksamhet 1989–2003
2006:2	Satellitbildsanalys av skogsbilvägar över våtmarker
2006:3	Myllrande Våtmarker – Förslag till nationell uppföljning av delmålet om byggande av skogsbilvägar över värdefulla våtmarker
2006:4	Granbarkborren – en scenarioanalys för 2006–2009
2006:5	Överensstämmelse anmält och verkligt GROT-uttag?
2006:6	Klimathotet och skogens biologiska mångfald
2006:7	Arenor för hållbart brukande av landskapets alla värden – begreppet Model Forest som ett exempel
2006:8	Analys av riskfaktorer efter stormen Gudrun
2006:9	Stormskadad skog – föryngring, skador och skötsel
2006:10	Miljökonsekvenser för vattenkvalitet, Underlagsrapport inom projektet Stormanalys
2006:11	Miljökonsekvenser för biologisk mångfald – Underlagsrapport inom projekt Stormanalys
2006:12	Ekonomiska och sociala konsekvenser i skogsbruket av stormen Gudrun
2006:13	Hur drabbades enskilda skogsägare av stormen Gudrun – Resultat av en enkätundersökning
2006:14	Riskhantering i skogsbruket
2006:15	Granbarkborrens utnyttjande av vindfällan under första sommaren efter stormen Gudrun – (The spruce bark beetle in wind-felled trees in the first summer following the storm Gudrun)
2006:16	Skogliga sektorsmål i ett internationellt sammanhang
2006:17	Skogen och ekosystemansatsen i Sverige
2006:18	Strategi för hantering av skogliga naturvärden i Norrtälje kommun ("Norrtäljeprojektet")
2006:19	Kantzonen ekologiska roll i skogliga vattendrag – en litteraturöversikt
2006:20	Ägoslag i skogen – Förslag till indelning, begrepp och definitioner för skogsrelaterade ägoslag
2006:21	Regional produktionsanalys – Konsekvenser av olika miljöambitioner i länen Dalarna och Gävleborg
2006:22	Regional skoglig Produktionsanalys – Konsekvenser av olika skötselregimer
2006:23	Biomassafflöden i svensk skogsnäring 2004
2006:24	Trädbränslestatistik i Sverige – en förstudie
2006:25	Tillväxtstudie på Skogsstyrelsens obsytor
2006:26	Regional produktionsanalys – Uppskattning av tillgängligt trädbränsle i Dalarnas och Gävleborgs län
2006:27	Referenshägn som ett verktyg i vilt- och skogsförvaltning
2007:1	Utvärdering av ÄBIN
2007:2	Trädslagens betydelse för markens syra-basstatus – resultat från Ståndortskarteringen
2007:3	Älg- och rådjursstammarnas kostnader och värden
2007:4	Virkesbalanser för år 2004
2007:5	Life Forests for water – summary from the final seminar in Lycksele 22–24 August 2006
2007:6	Renskadorna i plant- och ungskog – en litteraturöversikt och analys av en taxeringsmetod
2007:7	Övervakning och klassificering av skogsvattendrag i enlighet med EU:s ramdirektiv för vatten – exempel från Emån och Öreälven
2007:8	Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar
2007:9	Uppföljning av skador på fornlämningar i skogsmark
2007:10	Utgör kvävegödning av skog en risk för Östersjön? Slutsatser från ett seminarium anordnat av Baltic Sea 2020 i samarbete med Skogsstyrelsen
2008:1	Arenas for Sustainable Use of All Values in the Landscape – the Model Forest concept as an example
2008:2	Samhällsekonomisk konsekvensanalys av skogsmarks- och ytvattenkalkning
2008:3	Mercury Loading from forest to surface waters: The effects of forest harvest and liming
2008:4	The impact of liming on ectomycorrhizal fungal communities in coniferous forests in Southern Sweden
2008:5	Långtidseffekter av kalkning på skogsmarkens kol- och kväveförråd
2008:6	Underlag för en nationell strategi för skötsel och skydd av sumpskogar
2008:7	Regionala analyser om kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk
2008:8	Frötäkt och frötäktsområden av gran och tall i Sverige
2008:9	Vägledning vid skogsmarkskalkning
2008:10	Områden som skogsmarkskalkats inom Skogsstyrelsens försöksverksamhet 2005–2007
2008:11	Inventering av ädellövplanteringar på stormhyggen från 1999 i Skåne
2008:12	Aluminiumhalter i skogsbäckar och variationen med avrinningsområdenas egenskaper
2008:13	Åtgärder för ett uthålligt brukande av skogsmarken – resultat från studier finansierade inom Movib
2008:14	Användningen av växtskyddsmedel inom skogsbruket
2008:15	Skogsmarkskalkning
2008:16	Skogsmarkskalkningens effekter på kemin i mark, grundvatten och ytvatten i SKOKAL-områdena 16 år efter behandling

2008:18	Effekter av skogsbruk på rennärningen – en litteraturstudie
2008:19	Hyggesfritt skogsbruk i ädellövskog – En litteratursammanställning
2008:20	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk i ädellövskogar – slutrapport för delprojekt Ädellöv
2008:21	Skoglig kontinuitet och historiska kartor – en metodstudie för bokskog
2008:22	Kontinuitetsskogar och Kontinuitetsskogsbruk – Slutrapport för delprojekt Skötsel – hyggesfritt skogsbruk
2008:23	Naturkultur – Utvecklingen i försöksserien de 10 första åren
2008:24	Jämförelse av ekonomi och produktion mellan trakthyggesbruk och blädning i skiktad granskog – analyser på bestånds nivå baserade på simulering
2008:25	Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA–VB 08
2009:1	Åtgärdsplanering i reglerade vattendrag – arbetsgång och åtgärdsförslag i övre Ångermanälven
2009:2	Skog & Historia i Uppland – Gröna Jobb 2004–2008
2009:3	Utvärdering av metoder för kvantifiering av epifytiska hänglavar
2009:4	Kartläggning och Identifiering av kontinuitetsskog
2009:5	Skogsproduktion i stormområdet: Ett underlag för Skogsstyrelsens strategi för uthållig skogsproduktion
2009:6	Ekonomisk beskrivning av konsekvenser i samband med ledningsintrång i skogsmark
2009:7	Avverkning av nyckelbiotoper och objekt med höga naturvärden – en GIS-analys och inventeringsdata från Polytax
2009:8	Produktionsanalys i Gävleborgs län
2009:9	Skogsstyrelsens erfarenheter kring samarbetsnätverk i landskapet
2010:1	Föryngra – Vårda – Skydda – Underlag för Skogsstyrelsens strategi för hållbar skogsproduktion
2010:2	Effektiv rådgivning – Slutrapport
2010:3	Markägarenkäten. Skogsstyrelsens delrapport för undersökningarna om processen för formellt skydd 2005–2008
2010:4	Landskapsansats för bevarande av skoglig biologisk mångfald – en uppföljning av 1997 års regionala bristanalys, och om behovet av samverkan mellan aktörer
2010:5	Översyn av Skogsstyrelsens virkesmätningföreskrifter – Analys och förslag
2010:6	Polytax 5/7 återväxttaxering: Resultat från 1999–2008
2010:7	Behöver omvandlingstalen mellan m ³ f ub och m ³ sk revideras? – En förstudie
2010:8	Åtgärdsprogram för bevarande av vitryggig hackspett och dess livsmiljöer 2005–2009 – Slutrapport
2010:9	Störningskänslighet hos lavar i barrskogar
2011:1	Polytax 5/7 återväxttaxering: Resultat från 1999–2009
2011:3	Möjligheter att förbättra måluppfyllelse vad gäller miljöhänsyn vid föryngringsavverkning: Rapport efter en analys och rådgivande prioritering av åtgärder
2011:4	Fastighetsavtal – vidareutveckling av modell till flygfärdig produkt, Slutrapport
2011:5	Nedre Ångermanälven och Faxälven – förslag till miljöförbättrande åtgärder
2011:6	Upprättade renbruksplaner – 2005–2010
2011:7	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk – Slutrapport för delprojekt naturvärden
2011:8	Utredningsrapport – Långsiktig plan för Skogsstyrelsens inventeringar och uppföljningar
2012:1	Kommunikationsstrategi för Renbruksplan
2012:2	Förstudierapport, dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennärning
2012:3	Hänsyn till kulturmiljöer – resultat från P3 2008–2011
2012:4	Kalibrering för samsyn över myndighetsgränserna avseende olika former av dikningsåtgärder i skogsmark
2012:5	Skogsbrukets frivilliga avsättningar
2012:6	Långsiktiga effekter på vattenkemi, öringbestånd och bottenfauna efter ask- och kalkbehandling i hela avrinningsområden i brukad skogsmark – utvärdering 13 år efter åtgärder mot försurning
2012:7	Nationella skogliga produktionsmål – Uppföljning av 2005 års sektorsmål
2012:8	Kommunikationsstrategi för Renbruksplan – Är det en fungerande modell för samebyarna vid samråd?
2012:9	Ökade risker för skador på skog och åtgärder för att minska riskerna
2012:10	Hänsynsuppföljning – grunder
2012:11	Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring
2012:12	Tillståndet för skogsgenetiska resurser i Sverige. Rapport till FAO
2013:1	Återväxtstöd efter stormen Gudrun
2013:2	Förändringar i återväxtkvalitet, val av föryngringsmetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012
2013:3	Hänsyn till forn- och kulturlämningar – Resultat från Kulturpolytaxen 2012
2013:4	Hänsynsuppföljning – underlag inför detaljerad kravspecifikation, En dellerans från Dialog om miljöhänsyn
2013:5	Målbilder för god miljöhänsyn – En dellerans från Dialog om miljöhänsyn

2014:1	Effekter av kvävegödsling på skogsmark – Kunskapssammanställning utförd av SLU på begäran av Skogsstyrelsen
2014:2	Renbruksplan – från tanke till verklighet
2014:3	Användning och betydelsen av RenGIS i samrådsprocessen med andra markanvändare
2014:4	Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2013
2014:5	Förstudie – systemtillsyn och systemdialog
2014:6	Renbruksplankoncept – ett redskap för samhällsplanering
2014:7	Förstudie – Artskydd i skogen – Slutrapport
2015:1	Miljöövervakning på Obsytorna 1984–2013 – Beskrivning, resultat, utvärdering och framtid
2015:2	Skogsmarksgödsling med kväve – Kunskapssammanställning inför Skogsstyrelsens översyn av föreskrifter och allmänna råd om kvävegödsling
2015:3	Vegetativt förökad skogsodlingsmaterial
2015:4	Global framtida efterfrågan på och möjligt utbud av virkesråvara
2015:5	Satellitbildskartering av lämnad miljöhänsyn i skogsbruket – en landskapsansats
2015:6	Lägsta ålder för föryngringsavverkning (LÅF) – en analys av följder av att sänka åldrarna i norra Sverige till samma nivå som i södra Sverige
2015:7	Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2014
2015:8	Uppföljning av skogliga åtgärder längs vattendrag för att gynna lövträd och lövträdetablering.
2015:9	Ångermanälvsprojektet – förslag till miljöförbättrande åtgärder i mellersta Ångermanälven och nedre Fjällsjöälven

Av Skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

1991:2	Vägplan -90
1991:5	Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag
1995:2	Gallringsundersökning 92
1995:3	Kontrolltaxering av nyckelbiotoper
1996:1	Skogsstyrelsens anslag för tillämpad skogsproduktionsforskning
1997:1	Naturskydd och naturhänsyn i skogen
1997:2	Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1996
1998:1	Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitiken
1998:2	Skogliga aktörer och den nya skogspolitiken
1998:3	Föryngringsavverkning och skogsbilvägar
1998:4	Miljöhänsyn vid föryngringsavverkning – Delresultat från Polytax
1998:5	Beståndsanläggning
1998:6	Naturskydd och miljöarbete
1998:7	Röjningsundersökning 1997
1998:8	Gallringsundersökning 1997
1998:9	Skadebilden beträffande fasta fornlämningar och övriga kulturmiljövärden
1998:10	Produktionskonsekvenser av den nya skogspolitiken
1998:11	SMILE – Uppföljning av sumpskogsskötsel
1998:12	Sköter vi ädellövskogen? – Ett projekt inom SMILE
1998:13	Riksdagens skogspolitiska intentioner. Om mål som uppdrag till en myndighet
1998:14	Swedish forest policy in an international perspective. (Utfört av FAO)
1998:15	Produktion eller miljö. (En mediaundersökning utförd av Göteborgs universitet)
1998:16	De trädbevuxna impedimentens betydelse som livsmiljöer för skogslevande växt- och djurarter
1998:17	Verksamhet inom Skogsvårdsorganisationen som kan utnyttjas i den nationella miljöövervakning
1998:19	Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1998
1999:1	Nyckelbiotopsinventeringen 1993–1998. Slutrapport
1999:3	Sveriges sumpskogar. Resultat av sumpskogsinventeringen 1990–1998
2001:1	Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2000
2001:2	Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling
2001:3	Kontrollinventering av nyckelbiotoper år 2000
2001:4	Åtgärder mot markförsurning och för ett uthålligt brukande av skogsmarken
2001:5	Miljöövervakning av Biologisk mångfald i Nyckelbiotoper
2001:6	Utvärdering av samråden 1998 Skogsbruk – rennärning
2002:1	Skogsvårdsorganisationens utvärdering av skogspolitiken effekter – SUS 2001
2002:2	Skog för naturvårdsändamål – uppföljning av områdesskydd, frivilliga avsättningar, samt miljöhänsyn vid föryngringsavverkning
2002:4	Action plan to counteract soil acidification and to promote sustainable use of forestland
2002:6	Skogsmarksgödsling – effekter på skogshushållning, ekonomi, sysselsättning och miljö
2003:1	Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2002
2003:2	Konsekvenser av ett förbud mot permetrinbehandling av skogsplantor

2004:1	Kontinuitetsskogar – en förstudie
2004:2	Landskapsekologiska kärnområden – LEKO, Redovisning av ett projekt 1999–2003
2004:3	Skogens sociala värden
2004:4	Inventering av nyckelbiotoper – Resultat 2003
2006:1	Stormen 2005 – en skoglig analys
2007:1	Övervakning av insektsangrepp – Slutrapport från Skogsstyrelsens regeringsuppdrag
2007:2	Kvävegödsling av skogsmark
2007:3	Skogsstyrelsens inventering av nyckelbiotoper – Resultat till och med 2006
2007:4	Fördjupad utvärdering av Levande skogar
2007:5	Hållbart nyttjande av skog
2008:1	Kontinuitetsskogar och hyggesfritt skogsbruk
2008:2	Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring
2008:3	Skogsbrukets frivilliga avsättningar
2008:4	Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2007 – SKA-VB 08
2009:1	Dikesrensningens regelverk
2009:2	Viltanpassad Skogsskötsel – Skogliga åtgärder för att minska skador
2009:3	Ny metod och nya definitioner i uppföljningen av frivilliga avsättningar
2009:4	Stubbskörd – kunskapssammanställning och Skogsstyrelsens rekommendationer
2009:5	Vidareutveckling av pågående viltskadeinventeringar
2009:6	En märkbar förändring i skogsägarnas vardag – Projekt Skogsägarnas myndighetskontakter
2009:7	Regler om användning av främmande trädslag
2010:1	Vattenförvaltningen i skogen
2010:2	Nationell tillämpning av FLEGT – Forest Law Enforcement, Governance and Trade
2011:1	Tillsyn enl 9 kap miljöbalken av verksamhet på mark som omfattas av skogsvårdslagen
2011:2	Skogs- och miljöpolitiska mål – brister, orsaker och förslag på åtgärder
2011:3	Skogliga inventeringsmetoder i en kunskapsbaserad älgförvaltning
2011:4	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning samt om revidering av virkesmätningstagstiftningen
2011:5	Uppföljning av hänsyn till rennärigen
2011:6	Översyn av föreskrifter och allmänna råd för 30 paragrafen SvL – Del 1
2011:7	Hjortdjurens inverkan på tillväxt av produktionsträd och rekrytering av betesbegärliga trädslag – problembeskrivning, orsaker och förslag till åtgärder
2012:1	Förslag på regelförenklingar i skogsvårdslagstiftningen
2012:2	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning
2012:3	Beredskap vid skador på skog
2013:1	Dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennärigen
2013:2	Uppdrag om förslag till ny lagstiftning om virkesmätning
2013:3	Adaptiv skogsskötsel
2013:4	Ask och askskottsjukan i Sverige
2013:5	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – Förslag och ställningstaganden
2013:6	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – omvärldsanalys
2013:7	Ökad jämställdhet bland skogsägare
2013:8	Naturvårdsavtal för områden med sociala värden
2013:9	Skogens sociala värden – en kunskapssammanställning
2014:1	Översyn av föreskrifter och allmänna råd till 30 § SvL – Del 2
2014:2	Skogslandskapets vatten – en lägesbeskrivning av arbetet med styrmedel och åtgärder
2015:1	Förenkling i skogsvårdslagstiftningen – Redovisning av regeringsuppdrag
2015:2	Redovisning av arbete med skogens sociala värde
2015:3	Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2013 – SKA 15

Beställning av Rapporter och Meddelanden

Skogsstyrelsen,
Böcker och Broschyrer
551 83 JÖNKÖPING
Telefon: 036 – 35 93 40
växel 036 – 35 93 00
fax 036 – 19 06 22
e-post: bocker@skogsstyrelsen.se
www.skogsstyrelsen.se/bocker

I Skogsstyrelsens Meddelande-serie publiceras redogörelser, utredningar med mera av officiell karaktär.

Innehållet överensstämmer med myndighetens policy.

I Skogsstyrelsens Rapport-serie publiceras redogörelser och utredningar med mera för vars innehåll författaren/författarna själva ansvarar.

Skogsstyrelsen publicerar dessutom fortlöpande: Foldrar, broschyrer, böcker med mera inom skilda skogliga ämnesområden. Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen SkogsEko.

Skogsstyrelsen och SLU genomför med jämna mellanrum skogliga konsekvensanalyser (SKA) Den förra var klar 2008 (SKA 08) och i denna rapport presenteras den senaste (SKA 15). SKA 15 är även avrapporterat i rapport 11/2015 och 12/2015 samt meddelande 3/2015 från Skogsstyrelsen. I de skogliga konsekvensanalyserna beräknas ett antal scenarier som ger storleksordningen på den potentiella avverkningen och ett framtida skogstillstånd givet ett antal förutsättningar. Syftet med konsekvensanalyserna är att ta fram ett sakligt underlag som stöd för beslut och debatt om inriktningen i skogsbruket och skogspolitiken.