

Hallands skogar ur ett klimatperspektiv

Rolf Björheden, Johan Sonesson, Mats Berlin & Bo Karlsson

2019-05-22



skogforsk

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Bakgrund	5
Syfte.....	5
Kolets kretslopp och klimatfrågan.....	6
Skogen – ett verktyg för att hantera kolets kretslopp i klimatperspektiv.....	7
Växande skog binder kol	7
Nedbrytning och förbränning frigör kol bundet i biomassa.....	7
Hallands skogstillgångar	8
Halland skogar – 600 hundra år av elände – 100 år av framgång.....	10
Ljungheden – ett försvunnet landskap.....	11
Från bok till gran.....	13
Den halländska skogen idag	13
Ägandets förändring.....	14
Lager av kol Hallands skog och skogsmark.....	16
Dagens virkesförråd i Halland.....	17
Skogsmarken som kolsänka.....	18
Kolets dynamik – Hallands skogar i ett flödesperspektiv.....	18
Tillväxt och avverkning	19
Skogsbrukets emissioner av koldioxid.....	19
En koldioxidbalans för Halland – skogsbrukets roll.....	21
Substitutionseffekter av skogsbrukets produkter	21
Koldioxidbalans för Halland.....	23
Kan klimatnyttan av skogen ökas?	24
Nya risker i nytt klimat	24
Anpassning av skogsskötsel.....	25
Val av genetiskt material vid förnygring.....	26
Potential för nya trädslag i Halland	27
Källor och litteratur	29

Sammanfattning

Risken för ett förändrat klimat och global uppvärmning med svåra konsekvenser är i hög grad sammankopplad med förvaltningen av grundämnet kol. Vid förbränning av kolföreningar bildas koldioxid, den viktigaste växthusgasen, som driver på uppvärmningen.

Växande skog assimilerar genom fotosyntes koldioxid från luften och binder detta kol i sina vävnader. Skogen är en potent kolfälla och i ett land med mycket skog, som Sverige, debatteras därför skötsel av skog ur ett klimatperspektiv. Skogen och skogsbruket skall tillgodose många olika krav och även om klimatfrågan är mycket viktig så måste hänsyn, förutom till skogsägare- och skogsbrukets berättigade krav, tas till miljö- och naturskyddsfrågor, rekreation och friluftsliv, kulturmiljövård mm. En debatt om hur dessa olika intressen skall balanseras behöver en gemensam faktabakgrund för att bli meningsfull. Denna skrift utgör en del av en sådan faktabakgrund, vad gäller skogen i Halland.

I Halland finns idag ett betydande skogskapital. Länets 296 000 ha skogsmark utgör 55 procent av landytan och ligger geografiskt med sin tyngdpunkt i de österut, mot smålandsgränsen. Virkesförrådet i länet uppgår till ca 54 miljoner m³sk (stamved inklusive bark). I genomsnitt står det 182 m³sk/ha och tillväxten är i genomsnitt 9,6 m³sk/ha, år. Det är höga siffror i ett svenskt perspektiv, vilket främst beror på den höga bördigheten i Halland. Därmed blir skogen snabbare avverkningsmogen. Det medför att de halländska skogarna i medeltal är yngre än rikssnittet. Granen är idag det ekonomiskt viktigaste trädslaget och står för 2/3 av virkesförrådet. Den återstående tredjedelen fördelas lika på tall, ädellöv (främst bok och ek) samt övriga lövträd. Det relativt höga inslaget av bok och ek utgör en möjlighet till exklusiv, men krävande, produktion av lövvirke. Lövskogen bör även särskilt uppmärksammas ur natur- och kulturperspektiv. Gles, betad lövskog med stor andel ek och bok täckte vid 1600-talets mitt över 130 000 hektar. Idag återstår knappt 25 000 ha ädellövskog och ca 30 000 ha blandlövskog och den är oftast tätare och har andra estetiska och ekologiska värden än äldre tiders lövskogar.

Halland är ur skogs- och klimatperspektiv något av ett föredöme. Skogen var under flera sekler hårt ansatt och en stor andel av arealen degenererade under perioden 1200 - 1850 till lågproduktiv, trädlös ljunghed, som vid artonhundratalets mitt täckte 1/5 av arealen. Idag finns rester av ljunghed enbart i reservat och är beroende av intervention för att bibehålla de speciella ekologiska egenskaper som utvecklades efter sekler av överutnyttjande, betning och bränning. Under perioden 1850 - 1950 planterades stora arealer ljunghed och lågproduktiv jordbruksmark, företrädesvis med gran. Halland anträdde därmed resan mot dagens högproducerande granskogar. Det finns många aspekter på denna utveckling, men sett ur national- och produktionsekonomisk synvinkel har det varit en stor framgång. Dagens växtliga skogar är särdeles värdefulla i klimathänseende.

Den halländska skogen utgör ett betydande lager av kol. Totalt har träden, genom fotosyntes, lagrat 41,4 miljoner ton torrsubstans biomassa, vilket motsvarar 21 miljoner ton kol eller 77 miljoner ton, räknat som koldioxid. I länets skogsmark finns ett ännu större lager av organiskt kol, ca 30 miljoner ton eller 109 miljoner ton koldioxid. Skogens lager av kol är därmed 183 gånger större än Hallands hela utsläpp av koldioxid, på 2016 års nivå (1,02 miljoner ton). Och detta lager ökar för närvarande, eftersom tillväxten, 2,3 miljoner m³sk, är högre än avverkningen, 1,7 miljoner m³sk.

I ett dynamiskt perspektiv beräknades Hallands koldioxidbalans genom att virkesförrådets ökning och substitutionseffekterna av uttagna skogsprodukter jämfördes med länets utsläpp av kolioxid. Analysen visade att Halland som helhet är "koldioxidpositiv". De årliga utsläppen (1,02 miljoner ton) är lägre än den koldioxid som binds genom ökat virkesförråd och genom skogsprodukternas substitutionseffekt, -0,54 respektive -0,72 miljoner ton koldioxid/år. Hallands nettoeffekt är därmed - 237 000 ton koldioxid per år.

För en uthållig och hög effekt av skogsbruket i klimatarbetet skall nettotillväxten vara så hög som möjligt, givetvis med hänsyn till andra viktiga mål. Så mycket som möjligt av den varu- och energiproduktionen som idag baseras på fossila kolkällor skall istället baseras på skogsråvara. För skogsbruket gäller då är att kontinuerligt ersätta äldre skog med nya, växtliga bestånd och att inte avverka mer än tillväxten.

Risken för abiotiska skador kan förväntas öka i ett framtida klimat. En ökad frekvens av torra perioder med låg nederbörd och höga temperaturer kan stressa träd, särskilt på grovkorniga jordarter, grunda jordar och högt i terrängen. Trädslagen är olika motståndskraftiga mot torkstress och en tydlig riskfaktor är gran planterad på olämplig mark. Mer frekventa torrperioder ökar också risken för skogsbränder. Kraftiga stormar orsakar stora skador och men det finns ingen tydligt ökad risk i de aktuella klimatscenerierna. Däremot kan förväntade mildare och nederbördsrikare vintrar innebära högre markfuktighet och mindre tjäle, med ökad risk för vindfällda träd som följd. Skador av vårfrost, framförallt på unga granplantor men även andra trädslag, kan förväntas öka i ett varmare klimat.

Några av de ekonomiskt mest betydelsefulla skadegörarna i svensk skog är rotröta, granbarkborre och snytbagge. Trots det kan man hävda att svenska skogar, i ett internationellt perspektiv, varit ganska förskonade från angrepp av svampar och insekter. I ett varmare klimat finns mycket som talar för att skadorna kommer att öka. Befintliga skadegörare kan gynnas, som t.ex. barkborren som med varmare somrar kan producera fler generationer skalbaggar under samma år. Men det finns också ett antal potentiella skadegörare i sydliga grannländer och som kan komma hit vid ett varmare klimat.

En mer osäker framtid med ökade risker för både abiotiska och biotiska skador kan mötas genom att anpassa skogens skötsel på olika sätt. Den största möjligheten att anpassa framtidens skogar har vi i förnyngningsfasen, där valet av trädslag och genetiskt material görs. Det är därför mycket viktigt att välja trädslag och genetiskt material som kan förväntas klara sig från framtida skador. Val av genetiskt material är minst lika viktigt som valet av trädslag. Förädlingsprogram med löpande testning av plantor på olika lokaler i olika klimat och med urval med inriktning på robusta genotyper finns för gran, tall och björk. Det gör att man har större möjligheter med dessa tre trädslag att göra ett kunskapsbaserat val av genetiskt material för ett framtida klimat än andra trädslag. Skogforsk tillhandahåller webverktyget PlantVal för detta.

En strategi inför en osäker framtid är också att sprida riskerna genom att ha fler trädslag. Detta kan göras på flera sätt. Man kan sköta trädslagsrena bestånd av olika trädslag eller blanda flera trädslag inom bestånd. Mellanformer där trädgrupper av annat trädslag blandas in i olika omfattning i annars homogena bestånd kan varieras mycket.

Förutom de inhemska trädslagen så erbjuder introducerade trädslag en möjlighet att sprida risker och ersätta skadedrabbade inhemska trädslag i framtiden. Vid introduktion av nya trädslag, särskilt i större skala, måste man hantera det faktum att introducerade arter innebär ekologiska risker.

Hyggesfria skötselsystem kan minska risken för vissa skador, men öka risken för andra. Vissa varianter av hyggesfri skötsel kan minska risken för insektsskador på samma sätt som blandskog genom att gynna skadeinsekternas naturliga fiender. Kunskapsläget om hyggesfria metoder och skador är dock begränsat för svenska förhållanden.

Bakgrund

I Halland genomförs en regional dialog om strategin för Sveriges nationella skogsprogram. I samband härmed har identifierats ett behov av att deltagarna i denna dialog kan utgå från ett gemensamt kunskapsunderlag. Inte minst gäller detta kopplingen mellan den regionala skogsresursen och behovet att bidra till ett effektivt klimatarbete.

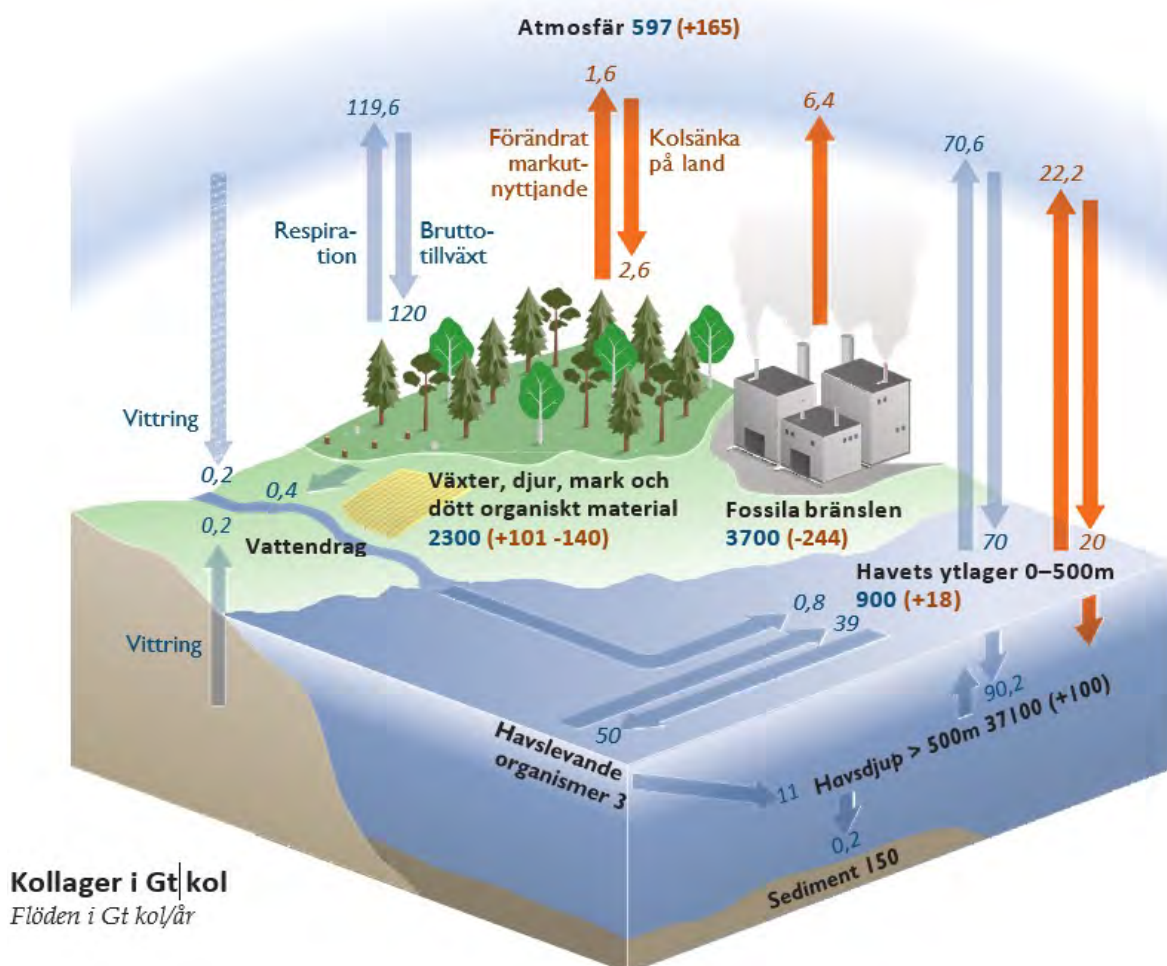
Syfte

Syftet med denna sammanställning är att tillhandahålla ett kunskapsunderlag avseende Hallands skogar i ett klimatperspektiv. Underlaget riktar sig till olika aktörer och beslutsfattare. Avsikten har varit att underlaget även skall kunna kommuniceras och ställas till allmänt förfogande. Fokus ligger på en bedömning av den halländska skogens möjligheter i omställningen till ett samhälle utan negativ klimatpåverkan och den halländska skogens unika förutsättningar.

Kolets kretslopp och klimatfrågan

Var, och i vilken form, grundämnet kol lagras, har en central roll i de modeller som beskriver klimatet. Jordens klimat bestäms av en mängd samspelande processer. Deras sammanhang och effekter är ännu inte helt kända. Forskning visar att klimatet över tid varierat beroende på samspelet mellan atmosfär, hydrosfär och geosfär, och särskilt vad gäller utbytet av kol dem emellan (Figur 1). Havsbottenarnas sediment och inlandsisarnas lagerföljder utgör "arkiv" där klimatet och dess förändringar kan avläsas. I inlandsisar kan även atmosfärens halt av koldioxid avläsas, genom analys av de luftbubblor som årligen inneslutits i isen. Distinkta händelser, t.ex. stora vulkanutbrott som medfört kraftiga höjningar av koldioxidhalten, ger en tydligt avläsbar effekt på klimatet. Genom ett samspel mellan biosfärens olika delsystem etableras ett nytt jämviktsläge efter sådana störningar.

Mänsklig aktivitet påverkar i ökande grad mängden kol i omlopp, som en följd av förbränning av fossila koldepåer (stenkol, olja och naturgas) och genom t.ex. cementframställning, tillverkning av drivmedel, förändrat markutnyttjande, utdikning av torvmarker och avskogning. En omfattande omföring av ekosystemet skog till jordbruksmark mobiliserar koldioxid och har flyttat betydande kollager från växtbiomassa och mark till atmosfären. Härigenom tillförs atmosfären stora mängder koldioxid.



Figur 1. Kolets kretslopp och dess globala flöden (efter IPCC 2007). Blå siffror avser förråd i Gt (miljarder ton) av kol och flöden i Gt kol/år före industrialismen, ca 1750. Röda siffror visar hur förråd och flöden bedöms ha ändrats p.g.a. mänskliga aktiviteter omkring 2005.

Halten av koldioxid i atmosfären har ökat från 0,028 % under 1800-talet till 0,041 % idag. Detta motsvarar 188 miljarder ton kol. Koldioxid är en *växthusgas*, som bidrar till att minska den mängd solenergi som reflekteras av jorden. Resultatet blir ökande medeltemperatur och förändrat klimat. Även om vi ännu inte känner till exakt vilka effekter den ökande halten av koldioxid kan få så är argumenten starka för den s.k. *försiktighetsprincipen*, vilken innebär en målsättning att i så liten grad som möjligt påverka den naturliga balansen i kolets kretslopp.

Skogen – ett verktyg för att hantera kolets kretslopp i klimatperspektiv

Det är en allmänt accepterad insikt att det globala klimatet nu förändras, främst som en följd av stora och ökande utsläpp av växthusgasen koldioxid. Utsläppen är en följd av mänsklig aktivitet. De beror på förbränning av fossila koldepåer i form av kol, olja och naturgas, men är också en följd av byggnation och avskogning följt av förändrat markutnyttjande, t ex då skogar huggs ned för att omföras till jordbruksmark eller för infrastruktur och bebyggelse.

För att bromsa och vända denna utveckling krävs kraftfulla internationella åtgärder för att ställa om till ett samhälle som inte påverkar klimatet negativt. Skogssektorn har flera beröringspunkter med den här utvecklingen. Vid sin tillväxt tar skogen upp koldioxid från luften. I ett skogsland som Sverige är skogsbruket den samhällssektor som hanterar de ojämförligt största lagren och flödena av kol i form av växande skog, skogsmark med uppbyggt kolförråd och genom hantering av virke och bränslesortiment. Därmed blir också skogsbruket en viktig tillgång i Sveriges nationella och regionala klimatarbete.

Växande skog binder kol

Genom fotosyntes utnyttjar skogsträden ljusenergi för att binda atmosfäriskt kol i form av växthusgasen koldioxid. De frigör samtidigt syre.

En del av energin i det bildade sockret används för växternas cellandning, men världens och Sveriges skogar lagrar genom sin nettotillväxt stora mängder kol. Kolet som absorberas och assimileras av trädens gröna delar lagras då i form av kolväten som cellulosa, hemicellulosa, lignin, stärkelse m.m. För träden lagras med tiden huvuddelen av kolet i trädens vedartade delar, dvs. i form av stamved, grenar, kvistar och grövre rötter.

Ungefär hälften av trädens torrsvikt utgörs av kol, även om andelen varierar mellan olika trädslag. Barrträd innehåller något mer kol (ca 51 %) än lövträd (ca 48 %), mest på grund av en högre ligninhalt hos barrträden, ca 30 %, jämfört med 20 % för lövträd.

Eftersom skogen är det helt dominerande ekosystemet i Sverige så blir förrådet av kol i trädbiomassa mycket stort, liksom den årliga inbindningen av kol genom trädens tillväxt.

Nedbrytning och förbränning frigör kol bundet i biomassa

Döda träd och växtdelar liksom stubbar, grenar och toppar som lämnas kvar efter en avverkning bryts ner av organismer som lever på den näring och energi de kan frigöra ur biomissan. Slutprodukterna blir koldioxid och vatten. Koldioxiden frigörs åter till atmosfären. Detta sker också då vi eldar skogsbränsle eller utviner energi från uttjänta träbaserade produkter i ett värmeverk.

Nedbrytningen tar olika lång tid, bl.a. beroende på typ av biomassa. Näringsrika och finfördelade växtdelar bryts ner snabbare än grövre, vedartade växtdelar. Temperatur, fuktighet och tillgången på syre har också stor betydelse för nedbrytningsförloppet. Under fuktiga, syrefattiga betingelser, som i våra torvmossar, går nedbrytningen mycket långsamt. Även i torra miljöer går nedbrytningen långsamt.

Liten faktaruta för den intresserade läsaren

Hallands skogsmarksareal är 296 000 hektar (en hektar är 100×100 m). Uppgifterna kan variera något beroende på i vilken grad naturreservat, torvmarker insprängda i skogen etc räknas med. Dela en totalsumma med 296 000 för att räkna fram en genomsnittlig siffra per hektar.

I texten används många olika måttslag för beskrivning av skog, virke och biomassa. De flesta förklaras i Figur 6. Här ges några av de omräkningstal som använts i denna skrift, för att gå från ett måttslag till ett annat.

Ett mycket vanligt mått är **skogskubikmeter, m³sk**, som är volymen av stamvirke inklusive bark. Men eftersom denna skrift främst handlar om mängden kol som binds av de växande träderna så behöver vi även beräkna volymen av biomassa för grenar, bladverk och stubbe-rotsystem.

Måttet i m³sk multipliceras med en faktor 1,8 för att ge totalvolymen biomassa i hela trädet, eller med en faktor 0,769 för att istället uttrycka biomassan som **ton torrsustans**, som är ett lämpligare måttslag då vi vill beräkna mängden kol som bundits.

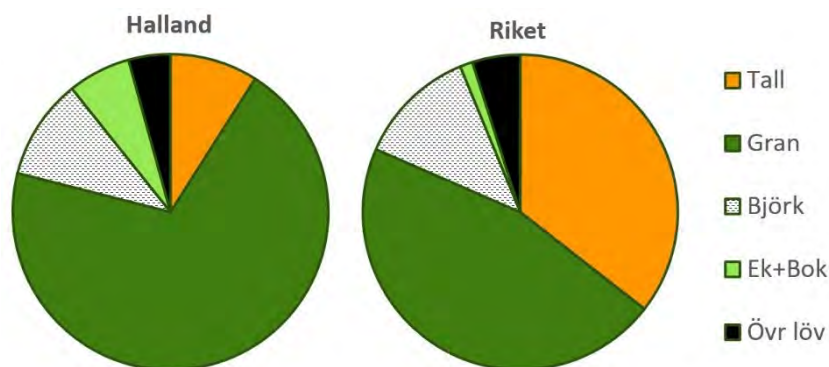
Måttet i ton torrsustans multiplicerat med en faktor 0,51 ger antalet **ton kol** som bundits i biomassan. För att räkna ut hur många **ton koldioxid** detta motsvarar skall mängden kol delas med 0,273 eftersom koldioxid endast till 27,3 % består av kol.

Hallands skogstillgångar

Halland utgör en nordlig utpost av Europas lövskogsregion och har för svenska förhållanden ett stort inslag av lövträd, framförallt bok och ek (Figur 2). I Halland ligger dock förrådet av lövträd totalt sett nära ganska nära det svenska genomsnittet. Växtgeografiskt tillhör området den **nemoral** (lundartade) zonen som kännetecknas av att lövträd här har en dominerande roll i de naturliga skogarna. Bland barrträden förekommer tall i jämförelsevis begränsad omfattning. I Halland dominerar skogslandskapet volymmässigt till 2/3 av gran. Detta är en främst en följd av omfattande plantering, eftersom granen naturligt endast berör området marginellt (Figur 4).

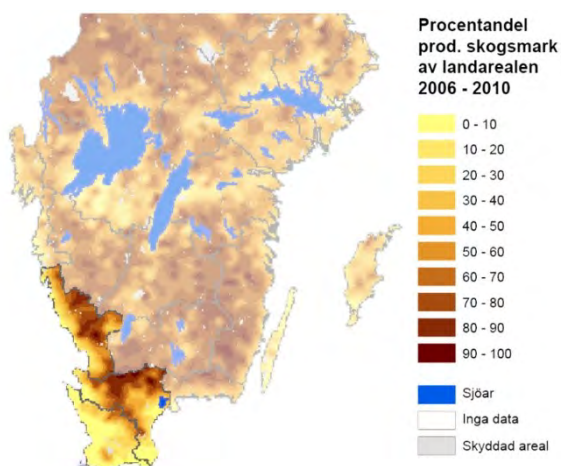
Ädellövs skogen är en viktig produktionsresurs där särskilt efterfrågan på ek är stor. Även boken har de senaste åren lyft efter flera år av dålig lönsamhet, vilket medförde nedläggning av många boksågverk. Timmer exporteras nu till Kina i container och bokmassaved är en viktig del i både finpapperstillverkning och textilmassa. Ädellövs skogen har också mycket höga natur- och kulturvärden. Den kräver därför särskilda skötselformer och en hög hänsynsnivå. Ett aktivt brukande är nödvändigt för markägarnas vilja att utöka ädellövs skogen. Ädellövs skog omfattas av särskild lagstiftning, ädellövs skogslagen som också ger markägaren ersättning för den dyrare skötseln.

Idag skyddas kvarvarande ädellövs skog av naturvårds- och biodiversitetsskäl. (Ädel-) lövs skogen har även kulturhistoriska karaktärer som regionalt utgör skäl för särskilt skydd och anpassad skogsskötsel. Därför har man inte full handlingsfrihet vad det gäller att sköta dem utifrån ett renodlat klimatperspektiv. Förutom skyddet för skogsägarens ekonomiska intressen måste åtgärder för att utveckla och stärka skogsbrukets positiva klimatpåverkan balanseras emot andra berättigade mål som biodiversitet och miljömål, rekreation och landskapsestetik, kulturmiljöskydd etc.



Figur 2. Virkesförrådets fördelning på trädslagsgrupper i Halland och i Sverige.

Hallands produktiva skogsmark, 296 000 ha, täcker 55 procent av landytan, vilket är nära riksgenomsnittet, 58 procent. Skogen finns främst i de östra delarna av länet (Fig 3).



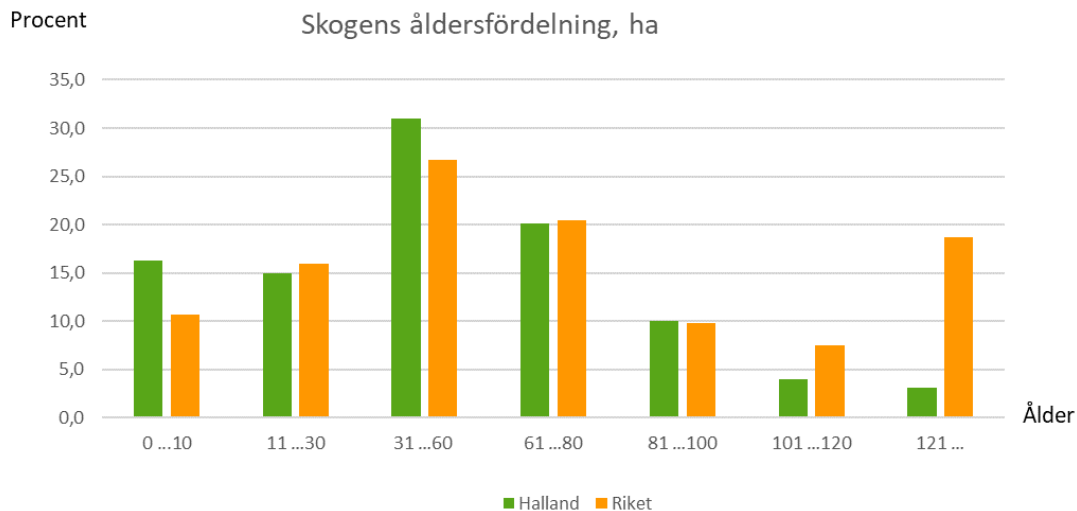
Figur 3. Skogens täckningsgrad i procent av landareal i Halland och Skåne. I Halland finns den mesta skogen i länets östra halva, som gränsar mot sydsvenska höglandet.



Figur 4. Granen är volymmässigt dominerande och ekonomiskt det viktigaste trädslaget i Halland. Den finns huvudsakligen i planterade bestånd (ljusgrönt i kartan). Naturligt har granen hunnit sprida sig endast till de östra delarna av Hylte och Falkenbergs kommuner (mörkgrönt i kartan). Efter IUCN, 2006.

Skogarna i Halland är genomsnittligt unga jämfört med svensk skog i allmänhet (Figur 5). Den arealvägda medelåldern, 48 år, är endast 2/3 av riksgenomsnittet, 72 år. Detta beror främst på den höga bördigheten i regionen, vilket medför att produktionsskogarna snabbt når avverkningsmogen ålder. Bördigheten för skogsmark kallas *bonitet* och beskriver naturligt möjlig virkesproduktion i *skogskubikmeter* (Figur 6) per *hektar* (100X100 m) och år. Det svenska medelboniteten är 5,4 m³/ha medan den i Halland är 9,6 m³/ha.

Den höga virkesproduktionen och de korta omloppstiderna ökar möjligheterna att genom aktiv skogsskötsel få snabbt och kraftfullt genomslag i åtgärder för att utnyttja skogsbruket som ett verktyg för klimatarbete.



Figur 5. Skogsmarksarealen fördelad på åldersklasser. Åldersfördelningen i Halland skiljer sig från riksgenomsnittet främst genom en högre andel plant- och ungskog och en lägre andel skog äldre än 100 år. Detta torde främst vara en effekt av den höga bördigheten i länet.

Hallands skogar – 600 hundra år av elände – 100 år av framgång

Skogarna i Halland har länge utsatts för mänsklig påverkan och det går att se en avskogningsprocess redan vid vikingatidens slut. En avskogning som tog ytterligare ett steg på 1200-talet och då i synnerhet i Södra och mellersta Halland genom råvara till en omfattande lågindustriell järnframställning.

Varför blev avskogningen av Halland så omfattande? Det har sannolikt flera orsaker. Tidig skoglig forskning hävdade att jordbrukarna såg de avskogade hedarna som en resurs och därför inte ägnade energi åt trädplantering. Senare forskning har även uppmärksammat skogen ur militärhistoriskt perspektiv. De återkommande krigen från 1500-talet och framåt tärde hårt på Hallands skogliga reserver eftersom landskapet dominerades av två trädslag som var intressanta för produktion av krigsmateriel, nämligen bok och ek. Mellan 1600- och 1800 försvann stora arealer, inte minst bokskog. Avskogningens omfattning beror mycket på vilka som var ägare. I södra Halland dominerades landskapet av stora gods och kronomarker utmed smålandsgränsen. Här blev också avskogningen närmast total. I mellersta Halland från Halmstad upp till Varberg verkar det inte ha funnits samma incitament att avverka bokskogen på de stora godsen eller bland de självägande bönderna som blev alltför ju längre norrut i Halland man kom. Avskogningen av norra Halland verkar ha följt en annan logik för där går det att se att redan på 1650-talet är stora arealer avskogade.

Kännetecknade för denna form av "skogbruk" var att det inte skedde någon återplantering – detta i kombination med ett ökat betestryck gjorde att stora arealer övergick till ljunghed. Runt 1850 beräknas att cirka 150 000 hektar dvs, mer än en ¼ av den halländska arealen bestod av ljunghed.

Den halländska skogen uppnådde sitt absolut sämsta läge runt 1850. Halland ansågs då vara det skogsfattigaste landskapet i Sverige. Och det var inte bara skog Halland var fattigt på. Halland räknades som det absolut fattigaste landskapet i Sverige med dåligt utvecklat jordbruk, inget

skogsbruk och en mycket låg industrialiseringsgrad. Från 1860-talet kom dock utvecklingen att snabbt vända. Med start på de halländska godsens men sedan alltmer även på vanliga gårdar utvecklades en intensiv nyodling för havreproduktion. Anledningen till detta uppsving var inte bara nya jordbruksmetoder utan också att en exportmarknad öppnade sig. 1861 startade London sin första hästdragna spårvagn och utvecklingen där gjorde att enorma mängder havre behövde importeras. Västra Sverige, med Halland som centrum, blev den huvudsakliga importmarknaden. Även inom den skogliga sektorn började det röra på sig. Staten, Landstinget, enskilda började intressera sig för att utveckla skogsbruket. Staten började exempelvis köpa in marker – främst flygsandfält men också förödda gods för att bilda kronoparker. Det relativt nystartade Hallands läns landsting ägnade stor energi åt att utveckla skogsbruket redan från start. Under de första årtiondena gavs exempelvis bidrag för skogsplantering till enskilda men också till att bekämpa flygsanden i Södra Halland. 1867 gick exempelvis 21% av landstingets totala budget till skoglig verksamhet. Vissa godsägare började också intressera sig för skoglig utveckling och började plantera och utveckla skogsbruket. I början av 1900-talet gick utvecklingen ännu snabbare. Det nybildade Skogsällskapet men också privatpersoner hjälpte kommuner och landsting att köpa in arealer för plantering. I början av 1900-talet hade också de självägande bönderna blivit så starka att de starkt bidrog till att utveckla ett aktivt skogsbruk även om bildandet av en egen skogsägarförening skedde relativt sent. Som siffrorna nedan visar gick utveckling snabbt framåt under hela 1900-talet.

Tabell: Produktiv skogsareal

1650	1850	1927	1960	2017
167 000 hektar	99 500 hektar	155 300 hektar	194 600 hektar	286 900 hektar

Värt att notera är att beskogning kan tyckas vara ett projekt för det tidiga 1900-talet. Det är dock inte hela sanningen. De senaste 60 åren har mer än 100 000 hektar av Halland förvandlats till skog.

Ljungheden – ett försvunnet landskap

Tabell: Ljunghedens tillbakaträngande

1850	1928	1959	2017
150 000 hektar	58 000 hektar	13 500 hektar	2 500 hektar

Som nämnts tidigare så var mer än ¼ av Halland täckt av ljunghedar runt 1850. Det gavs otaliga beskrivningar över hur eländigt detta tillstånd var och i stora delar var det en riktig beskrivning. Det går dock inte att bortse från att ljunghedarna var ett viktigt inslag i den lokala ekonomin innan den jordbruksindustriella revolutionen eftersom den gav betesmark åt kreaturen men också honung – vilket var en inte helt oväsentlig inkomstkälla. När skogsplanteringarna sattes igång under 1860-talet så inleddes en period som totalt omvandlade det halländska landskapet. När man idag exempelvis tittar på ett foto av Severin Nilsson från början av 1900-talet slås man av landskapets öppenhet och de vida vidderna – även i det inre av Halland. Den planterade skogen kom att omvandla landskapsbilden. Det halländska landskapet är med andra ord ett planerat och planerat landskap. Mellan 1850 och 1928 försvann nästan 100 000 hektar ljunghed i Halland. Även efter 1928 fortsatte denna omvandling och detta har fortsatt fram till idag. Mellan 1960 och 2015 har cirka 10 000 hektar ljunghed försvunnit och den rena ljungheden finns idag i princip bara sparad i naturreservat.



Från Hagbards Galge mot Asige Kyrka



Motsvarande plats 2018

Från bok till gran

Tabell: ¹Fördelning %

	Tall	Gran	barrblandskog	Blandskog	Lövskog	Ädellövskog
1650	5	0	0	0	15	80
1850			15		25	60
1960	23,4	21,4	28,4		18,7	8,1
2016	14,7	53,3	4,6	6,3	10,1	8,2

Även när det gäller fördelning av trädslag har det skett en ordentlig förändring på ett längre perspektiv. 1650 antas det att 95% av de halländska skogarna var lövskog och då främst ädellövskog i form av bok och ek. In mot gränsen till Västergötland och Småland verkar det också ha funnits mycket små bestånd av tallskog. Granen hade inte etablerat sig i landskapet ännu. Fram till 1850 börjar dock granen vandra in över landskapsgränsen. Detta skedde mer som en spontan invandring än som medveten plantering – även om några gods i Södra Halland experimenterade med granplantering.² Granskogen trängde sakta tillbaka både tallskogen och ädellövet. Intressant är också att de tallskogar som vi är vana vid utmed kusterna inte existerade innan 1850. Tallskog fanns endast i Hallands inland. Samtliga tallskogar utmed kusterna är planterade för att förhindra flygsandspridningen. Lövskogskogsarealen var dock relativt oförändrad under 200 år och detta beror mycket på att blandlövskogen fanns mestadels på inägomark – dvs. mark som brukades extensivt som bete och ängsmark.

Mellan 1850-talet och 1950-talet sker det en explosionsartad utveckling av planterad barrskog. Samtidigt försvinner mycket av ädellövskogen och ersätts av barrskog. Detta beror inte minst på att den halländska bokskogen blev en intressant exportvara. Flera av de stora godsen i södra och mellersta Halland som hade stora bokskogsarealer sparade började från 1890-talet exportera s.k. *pitprops* till England. Avvecklingen av bokskogen påverkades också av den jordbruksindustriella revolutionen då de halländska bönderna på 1890-talet slutade att exportera havre och i stället gick över till att framställa smör för exportmarknaden. Smöret behövde förvaras i drittlar tillverkade av bok vilket ytterligare skattade ädellövskogen ytterligare.

Siffrorna i tabellen visar dock att de första skogsplanteringsförsöken hade en osäkerhet vilket barrträdslag som var mest lämpad. 1960 så bestod den halländska barrskogen av cirka 1/3 gran, 1/3 tall och resten barrblandskog. Efter 1960 har dock granen varit det dominerande trädslaget.

Den halländska skogen idag

I dagsläget är granen det totalt dominerande trädslaget i de halländska skogarna. 53,3 % av Hallands produktiva skogsmarker består av gran – mestadels planterad produktionsskog. Faktum är att Halland är det landskap som har procentuellt högst andel gran i sina skogar. Märkbart är också tallskogens tillbakagång men också blandbarrskogen. Möjligen har detta att göra med att viltvården utvecklades och andelen storvilt, som kan orsaka stora skador på tallskog, ökade under denna tid.

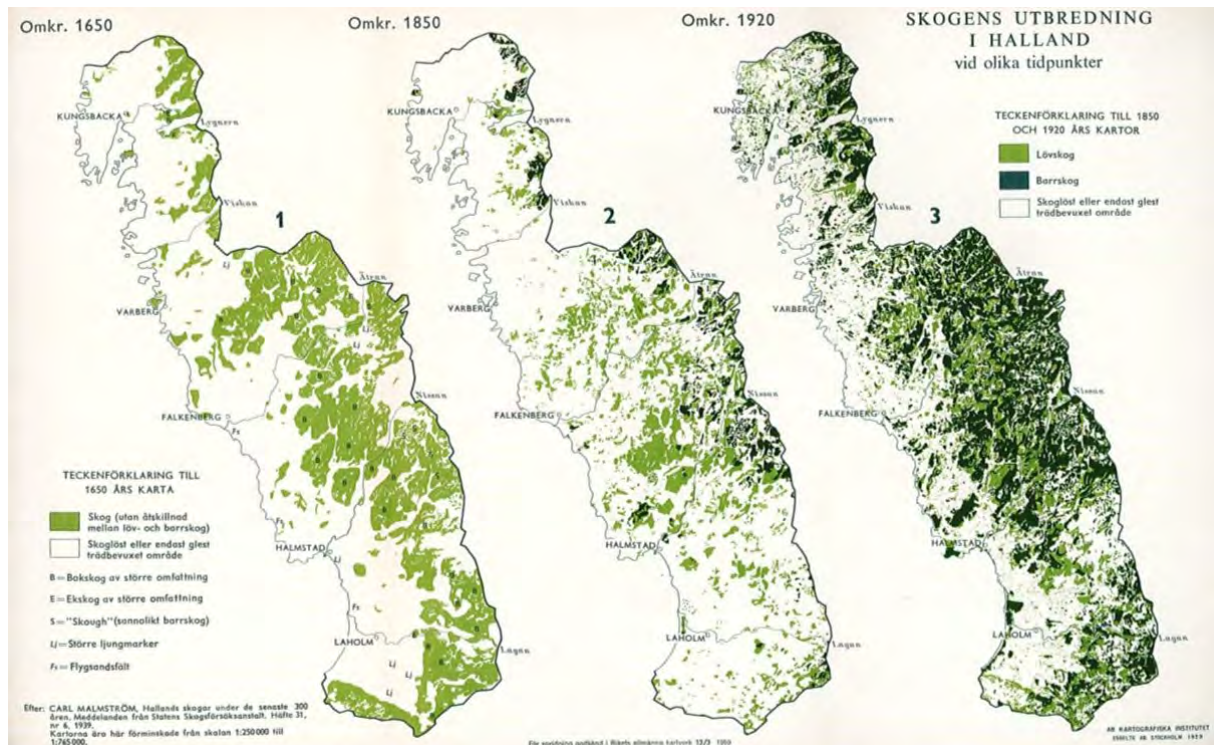
¹ Malmström, C. Hallands skogar under de senaste 300 åren – Meddelanden från Statens skogsforsökanstalt 1938-39

Malmström, C. Landskapsbildens förändringar i Halland under de senaste 300 åren. Ur Hallands historia del II, Landstinget Halland 1958

Sveriges Skogar tillstånd och förändring. Sveriges officiella statistik 2017

² Det finns noteringar att man i mitten av 1800-talet var medveten om Hallands goda tillväxtpotentialer och att om man skulle göra granplanteringar så behövde man inte granar från norra Sverige. Istället importerades granfrön från norra Tyskland.

Blandskog (dvs. löv och barr) samt lövblandskog har hållit sig relativt oförändrat. Värt att notera att den halländska bokskogen har klarat sig relativt väl de senaste 50 åren och procentuellt ökat, om än marginellt, sedan 1960. Arealen för ädellövskog (främst bok) 1960 var cirka 16 000 hektar och 2016 cirka 23.500 hektar. Ökningen kan till viss del förklaras med att det som kallades lövskog 1960 – dvs. en blandning av löv och ädellöv har genom medvetna satsningar och uthuggning av icke ädellöv förvandlats till ädellövskog. Naturreservatsbildning kan också ha varit en bidragande faktor.



Bilden visar Skogens utbredning i Halland från 1650 till 1920. ³⁴

Ägandets förändring

Den halländska skogen är också unik ur en annan bemärkelse och det är den enskilda skogsägarens dominans. Halland har sverigerekordet i enskilt ägande och den genomsnittliga skogsfastighetens areal ligger under riksgenomsnittet.

Tabell: procentuella ägandet av produktiv skogsmark

	Staten	Statsägda aktiebolag	Övriga allmänna ägare	Privata aktiebolag	Enskilda ägare	Övriga privata ägare	Summa
Riket	7	13	2	24	48	6	100
Götaland	2	7	2	6	77	6	100
Halland	3 ⁵	1	2	5	84	4	100

³ Bilden ger också en bild av skogsallmännings betydelse i slutskedet av beskogningskampanjen. På kartan över skogen 1920 finns vita partier på Hallandsåsen, i norra Laholms kommun mot Mästocka samt runt Skällinge i Varbergs kommun. Samtliga områden ägs eller har ägts av skogsallmännings.

⁴ Excerpt från Hallands historia del II, Hallands läns landsting 1958

⁵ Den något högre andelen statligt ägd mark i Halland beror främst på naturreservatsbildning samt Mästocka övningsfält

Ser man på tabellen så ser man att Halland avviker i sitt ägande både på ett rikssnitt men också i jämförelse med övriga län i Götaland. Staten inklusive statliga bolag har ett väsentligt lägre ägande än på övriga platser. Andelen aktiebolagsägd mark är också lägre liksom kategorin övriga privata ägare – i denna areal inräknas Svenska kyrkans ägande.

Fördelas ägandet per brukningsenheter blir också resultatet slående och där Halland avviker från riksgenomsnittet genom sina relativt små brukningsenheter.

Genomsnittligt ägande areal per brukningsenheter

	Halland	Götaland	Sverige
Staten	800 hektar ⁶	405 hektar	3914 hektar
Statsägda aktiebolag	1000 hektar ⁷	3068 hektar	13611 hektar
Övriga allmänna ägare	545 hektar ⁸	631 hektar	866 hektar
Varav region Halland	625 hektar		
Privata aktiebolag	166 hektar ⁹	290 hektar	2289 hektar
Enskilda ägare	34 hektar ¹⁰	39 hektar	49 hektar
Övriga privata ägare	177 hektar ¹¹	332 hektar	684 hektar

Hur har det då blivit så här? Det finns vissa skeenden i historien som har påverkat ägarstrukturen långt fram i tiden. Ägandet är en så kallad trögriplig process. Detta gör att man ser strukturer som etablerades redan i slutet av vikingatiden har genomslag ända in på 1800-talet. Det halländska ägandet har påverkats av följande skeenden.

1. Godskoncentration – För Hallands del verkar den ha skett tidigt. Halland har flera godscomplex som verkar vara färdigbildade redan under tidig medeltid (fram till 1350-talet). Faktum är att det finns en godsbildning – Vapnö gård – som fortfarande har ungefär samma ägobild som under senmedeltiden. I synnerhet i Södra Halland skedde det en tydlig koncentration av ägandet.
2. Kungens regale – i början av 1200-talet fick kungen och kronan så mycket inflytande att de kunde hävda äganderätt till "herrelös" mark. De stora arealer i de inre av Halland blev nu betraktade som kronans egendom men även arealer som fanns inne i odlingsbygderna blev betraktade som kronans. Det statliga ägandet var alltså stort redan tidigt i Halland.
3. Det låga antalet självägande bönder. Endast i Norra Halland samt i vissa kusttrakter i Södra Halland fanns det ett större antal självägande bönder. Detta avviker kraftigt från övriga Sverige men är likt förhållandena i Danmark. Varför det blivit så kan det spekuleras i men troligen har godskoncentrationen och kungens regale spelat roll i detta.

⁶ Statlig brukningsenhet räknas som en enhet per kommun. I summan är inräknad reservat samt övningsfälten, Mästocka, Nyårsåsen och Ringenäs.

⁷ Sveaskog har mark i fyra kommuner, men den stora koncentrationen finns i Halmstads och Laholms kommuner

⁸ Övriga allmänna ägare inräknas de halländska kommunerna samt Region Halland.

⁹ I denna kategori inräknas taxerad skogsmark som ägs av ett aktiebolag – I denna kategori finns dock stora areella skillnader. Dominerande ägare i kategorin är Bergvik Skog AB men även två fideikomissaktiebolag Wapnö AB och Kobergs förvaltnings AB.

¹⁰ Enskilda skogsägare har relativt små brukningsenheter. Ägandet fördelas på 9529 fysiska ägare varav 3540 är kvinnor. I kategorin inräknas också stora privata ägare som exempelvis godsen Sperlingsholm, Fröslida, Fröllinge, Stjärnarp, Hjuleberg etc.

¹¹ I denna kategorin inräknas Svenska kyrkan och då både skogsmarker som förvaltas av Göteborgs stifts prästlönetillgångar men även skogar som ägs av församlingarna/socknarna.

4. Kyrkliga donationer. Den mesta av den mark som ägdes av Svenska kyrkan långt fram i tiden var donationsjord som oftast – inte minst i Södra Halland var donerad av den lokale godsägaren eller kronan.
5. Drottning Kristinas pantsättningar. Runt 1650 skedde stora sk. pantsättningar där skatterätten till ett mycket stort antal halländska kronogårdar pantsattes mot lån hos nederländska handelshus. Dessa panträtter kom aldrig att lösas in utan ägandet till kronogårdarna övergick så småningom till handelshusen som i sin tur sålde ägandet vidare till svenska ägare som ofta inte hade någon lokal anknytning. I detta finns också att det inte fanns någon större brukstradition i Halland vilket gjorde att bruksägare – förutom runt Torup inte intresserade sig för att köpa upp gårdar.
6. Friköp och godsdrift. Med start i slutet av 1700-talet började de halländska kronobönderna att friköpa sina arrendegårdar från Kronan. Avvecklandet av kronans ägande gick snabbt, vilket tyder att det, trots eländiga beskrivningar om det fattiga Halland fanns kapital för att friköpa. Något senare börjar också de tidigare pantsatta kronogårdarna att friköpas av bönderna. Sist ut är de sydhalländska storgodsens som i samband med starten av den jordbruksindustriella revolutionen säljer av perifera arrendegårdar.

Grunden till det nuvarande spridda ägandet härrör sig alltså från 1800-talets stora friköpsperiod då ett oerhört gammalt koncentrerat ägande på bara några årtionden luckrades upp och skapade dagens struktur. Det var i efterdyningarna av denna revolution som det skogliga intresset hos staten, bonden men också bland landsting och kommuner vaknade.

Lager av kol Hallands skog och skogsmark

Detta avsnitt, där kolförrådet i Hallands skogar presenteras, bygger på data från Riksskogstaxeringen (SLU), som publicerar statistik kring Sveriges skogar. Uppgifter om avverkning och övriga skogliga arbeten har även erhållits från Skogsstyrelsens statistikavdelning i Jönköping. Då det gäller förrådet av kol i skogsmarken har data ställts till förfogande av Markinventeringen (SLU).

I avsnittet redovisas de viktigaste antaganden som lagts till grund för beräkningarna. Resultaten presenteras genomgående jämsides med siffror för hela landet, för jämförelsens skull. I Figur 6 definieras de skogliga måttenheter som används vid beskrivningen av skogsresursen.

NÅGRA MÅTT PÅ SKOG OCH VIRKE

Skogskubikmeter (m^3sk)

Volymen av hela stammen och dess bark, ovan ett tänkt stubbskär.

Fastkubikmeter under bark (m^3fub)

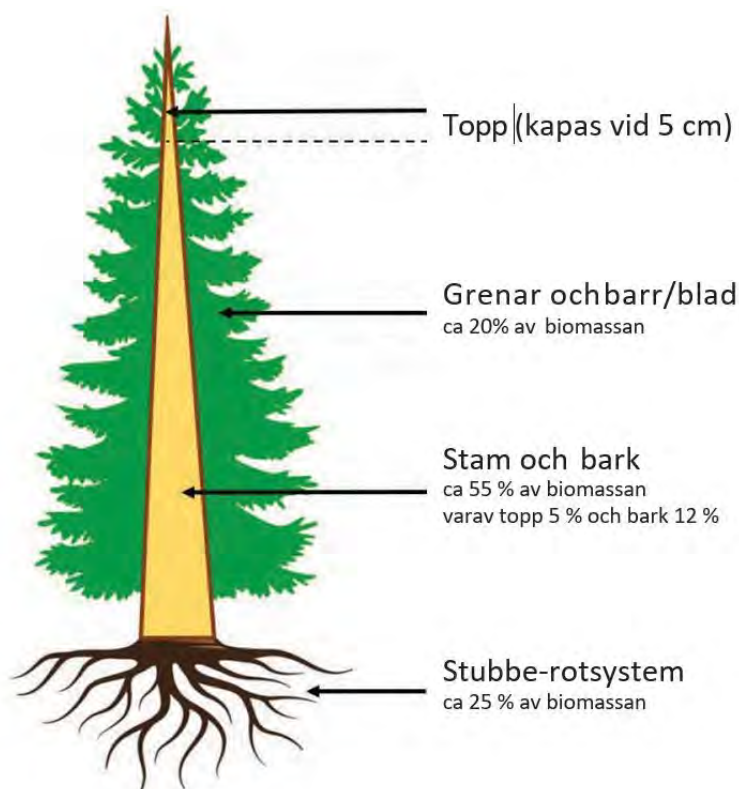
Volymen av stammens ved, utan bark och utan topp.

Kubikmeter biomassa ($m^3f biom$)

Volymen av hela trädet, med grenar, barr, stubbar och rötter.

Ton torrsubstans (tTS)

Vikten av biomassan då den torkats. Ungefär hälften av det levande trädets vikt är vatten och hälften av torrsubstansvikten utgörs av kol.



Figur 6. Några av de mått på skog, skoglig biomassa och virke som används i denna rapport.

I Figur 6 illustreras några vanliga skogliga måttenheter. Den vanligaste måttenheten för stående skog är *skogskubikmeter*, m^3sk , som avser volymen av trädens stam inklusive bark från tänkt stubb höjd till topp. Avverkat rundvirke anges oftast som *fastkubikmeter under bark*, m^3fub , och avser då volymen virke innanför barken. Skogsbränslesortiment kan anges som *fastkubikmeter biomassa*, $m^3f biom$ vilket avser volymen av all biomassa. Ett för energi- och kolhaltsberäkningar lämpligare måttslag är *ton torrsubstans*, tTS som beskriver vikten av den torra biomassan. Eftersom kol även binds i trädets grenar, blad/barr, i stubbe och i rotsystem skall biomassan i dessa fraktioner medräknas då lagret av kol i växande skog beräknas. Biomassans fördelning på fraktioner som stamved, bark, grenar, stubbe och rötter varierar med trädslag, beståndsstruktur och, framförallt, med trädets storlek. Som ett genomsnitt i de svenska skogarna består ungefär 55 % av stamved och bark och nära 20 % utgörs av grenar, löv och barr. Resterande 25 % är biomassa i stubbe-rotsystem.

Dagens virkesförråd i Halland

I Tabell 1 redovisas virkesförrådet av levande träd på produktiv skogsmark för Halland respektive Sverige i det traditionella måttet skogskubikmeter. Dessutom redovisas virkesförrådet för olika fraktioner som ton torrsubstans. Skogarna innehåller dessutom död ved, landsdelsvis 5–9 % av virkesförrådet. Mängden död ved ökar för närvarande. Sannolika orsaker är att storskogsbrukets avverkning av döda träd i det närmaste har upphört och att grov död ved istället aktivt skapas, i form av högstubbar som en åtgärd för att skapa förbättrade betingelser för vedlevande organismer. Ökningen är långsam och en jämviktspunkt kommer att uppnås där andelen död ved är ganska konstant. Mängden död ved kan därmed ses som ett statistiskt lager av kol. Därför redovisas även mängden död ved, totalt och per ha.

Tabell 1. Virkesförråd, i miljoner m³sk och per hektar för levande träd och död ved, samt som miljoner tTS för olika fraktioner levande trädbiomassa i Halland och i Sverige. Inkluderar skyddad skog.

	Halland	Sverige
Miljoner m ³ sk	53,9	3 147
m ³ sk/ha	182	134
...dessutom, död ved M m ³ sk	3,4	223
...dessutom, död ved m ³ sk/ha	11	10
Miljoner tTS, trädbiomassa ...	41,4	2 420
...varav stamved och bark	22,8	1 331
...varav grenar, barr och löv	8,3	484
...varav stubbe-rotsystem	10,4	605

Omräknat till kol finns drygt 1 200 M ton kol bundet i levande träd i Sveriges produktionsskogar och ytterligare ca 90 M ton kol i form av död ved. I Halland finns totalt ca 21 M ton kol bundet i levande trädbiomassa.

Tabell 2. Virkesförrådet omräknat till kol för olika fraktioner levande trädbiomassa samt i död ved i Halland och i Sverige, miljoner ton totalt samt som ton per hektar. Inkluderar skyddad skog.

Miljoner ton kol totalt (ton kol per ha)	Halland	Sverige
... i stamved och bark	11,6 (39)	679 (29)
... i trädbiomassa, totalt	20,3 (71)	1 183 (53)
...dessutom M ton kol i död ved	1,3 (4,5)	87 (3,7)

Skogsmarken som kolsänka

Då trädens förna, dvs döda växtdelar, bryts ner överförs en del av det kol som bundits in i träden till marken. I skogsmark är lagret av markkol stort (Tabell 3). Mark som tidigare varit beskogad, men som överförs till jordbruk, läcker kol till atmosfären, men om marken åter beskogas reverserar denna process och förrådet av kol ökar åter. Även efter avverkning kan en liknande process observeras. Inledningsvis ökar då markkolet som en följd av att stubbe-rotsystem samt andra avverkningsrester lämnats efter avverkning, men därefter kan, åtminstone på bördigare marker, förrådet av markkol sjunka något. Detta är särskilt märkbart på bördigare skogsmark, som i Halland. Ungefär då beståndet når gallringsmognad (30 år) har markkolet åter nått den nivå det hade före avverkning. Orsaken till den tillfälliga minskningen kol i marken tycks främst vara ungskogens låga produktion av förna, jämfört med förhållandena i en sluten skog.

Tabell 3. Genomsnittligt lager av kol i halländsk och svensk skogsmark som ton C/ha, ner till 100 cm djup och exklusive torvmark.

	Halland	Sverige
Totalt förråd markkol, M ton C	29,7	1 360
Förråd markkol, ton C/ha	100,4	75,0

Kolets dynamik – Hallands skogar i ett flödesperspektiv

I de båda föregående avsnitten redovisades hur skogen och skogsmarken representerar ett lager av kol, som under lång tid byggts upp genom dynamiska inbindnings- och nedbrytningsprocesser

processer i skogsekosystemet. Summeras posterna för produktiv skogsmark så erhålls ett totalt förråd av kol bundet i levande skog, död ved och skogsmark enligt Tabell 4, där det också anges hur stor mängd koldioxid detta lager representerar.

Tabell 4. Totalt lager av kol bundet i levande skog, död ved och skogsmark som miljoner ton kol och omräknat till miljoner ton CO₂. Inom parentes anges mängden uttryckt per hektar. Avser förråd ner till 100 cm djup på produktiv skogsmark inklusive skyddad mark men exklusive torvmark. Omräkning från kol till koldioxid utgår ifrån att kol utgör 27,3 % av koldioxidens atommassa.

	Halland	Sverige
Totalt förråd, M ton C samt (ton C/ha)	51,3 (173)	2 630 (112)
Motsvarande mängd CO₂, M ton (ton CO₂/ha)	187,9 (635)	9 634 (411)

Men lagret av kol i skog och skogsmark är inte statiskt, utan påverkas av balansen mellan de processer som skapat lagret. Mänsklig aktivitet påverkar i hög grad denna balans. I de följande avsnitten kommer de dynamiska processer som har störst betydelse för flödena av kol till och från skogen att presenteras och kvantifieras.

Tillväxt och avverkning

Trädens inbindning av kol sker vid tillväxtperioden, under vår och försommar. Under resten av året minskar mängden biomassa genom avdöende, betning och nedbrytning. Väderförhållanden, insektsangrepp, stormar etc. kan göra att balansen mellan tillväxt och avgång av kol från träd och mark är negativ. Under sådana perioder minskar förrådet av kol i skogsekosystemet. Om balansen istället är positiv, dvs. mängden trädbiomassa har ökat, så har mängden lagrat kol blivit större.

Den första inventeringen av Sveriges skog färdigställdes 1929. Sedan dess har landets virkesförråd ökat med 83 procent. I Halland är skogens virkesvolym idag hela 4,82 gånger högre än 1929. Det senaste seklet har alltså kännetecknats av en kraftig förrådsupbyggnad i hela landet. I Halland har denna utveckling varit synnerligen stark.

Förrådsupbygganden i Hallands och Sveriges skogar pågår fortfarande. I Tabell 5 redovisas årlig tillväxt, årlig avverkning och övriga avgångar. Det framgår av tabellen att tillväxtbalansen är positiv vilket innebär att lagret av kol bundet i skogarna ökar. På riksnivå ökar virkesförrådet med 0,5 procent per år medan ökningstakten är 0,8 procent i Halland.

Tabell 5. Genomsnittlig aktuell bruttotillväxt, avverkning och övriga avgångar samt kvarvarande nettotillväxt i Halland och i Sverige, miljoner m³sk.

	Halland	Sverige
Bruttotillväxt, M m³sk	2,3	121
Avverkning, M m³sk	1,7	84,3
Övriga avgångar, M m³sk*	0,2	11,8
Nettotillväxt, M m³sk	0,4	25,0
Förrådsökning, % av virkesförråd	0,79	0,54

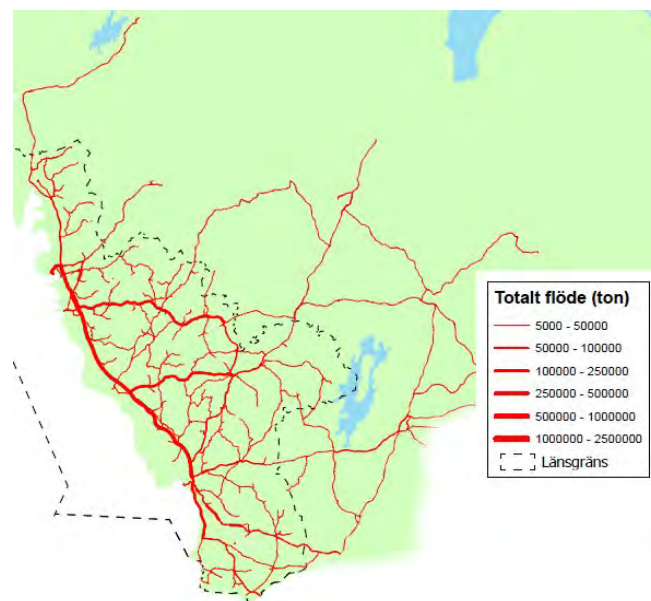
* För Halland har posten övriga avgångar antagits ha samma andel som riksgenomsnittet.

Skogsbrukets emissioner av koldioxid

Skogsbrukets arbetsoperationer ger upphov till emissioner, till exempel från växthus där plantor odlas, från tillverkning av gödsel och från skogsmaskiner av olika slag samt vid transporter.

Utsläppens storlek beror dels på omfattningen av arbetena; antal hektar som åtgärdats; kubikmeter som avverkats etc. men också på regionala förutsättningar som trädstorlek och transportavstånd. Dataunderlaget för avsnittet har hämtats från publicerade studier av skogsarbeten och transporter från Skogforsk samt regional statistik över utförda skogsarbeten från Skogsstyrelsen i Jönköping. I Tabell 6 redovisas skogsbrukets utsläpp av koldioxid i Halland och i Sverige, justerade med hänsyn till sådana regionala förutsättningar. På grund av något kortare terrängtransportavstånd och genomsnittligt större träd blir t ex utsläppen från skotning och från avverkning något lägre per m³ virke i Halland än genomsnittet i Sverige. Skogsbrukets virkestransporter av virke avverkat i Halland redovisas i Figur 7.

Vad gäller vidaretransporten är utsläppen per enhet transportarbete (tonkm) något högre i Halland, som en följd av de genomsnittligt kortare transportsträckorna, 75,8 km, jämfört med 88,8 km för hela landet. Men de kortare transporterna leder till en totalt något lägre bränsleförbrukning per kubikmeter virke. Bränsleförbrukningen per m³ virke är för Halland är 88 % av riksgenomsnittet. En del skogsråvara transporteras till industrier utanför länet. I sammanställningen ändå länet belastats med hela utsläppet för transport av det virke som utfallit vid avverkning inom länsgränsen. Siffrorna som redovisas är baserade på medeltal och kan betraktas som rimliga estimat. Orsaken till användningen av medeltal är bränsleförbrukningen påverkas av fordonstyp, förare, väg- och väderleksfaktorer mm. vilka dessutom varierar över tid. Den exakta drivmedelsåtgången kan endast erhållas genom noggrann totaluppföljning.



Figur 7. Skogsbrukets "blodomlopp", som visar omfattningen av virkestransporter från avlägg i Halland till regionens industrier år 2016.

Tabell 6. Skogsbrukets utsläpp av koldioxid år 2016 på grund av skogsarbeten och virkestransporter i Halland och i Sverige, ton CO₂.

Skogsbrukets utsläpp (ton CO ₂), per aktivitet	Halland	Sverige
Skogsvårdsarbeten	1 015	60 456
Avverkning och terrängtransport	7 609	411 312
Vidaretransport	6 917	401 357
Väghållning	1 509	68 186
Summa	15 733	941 311

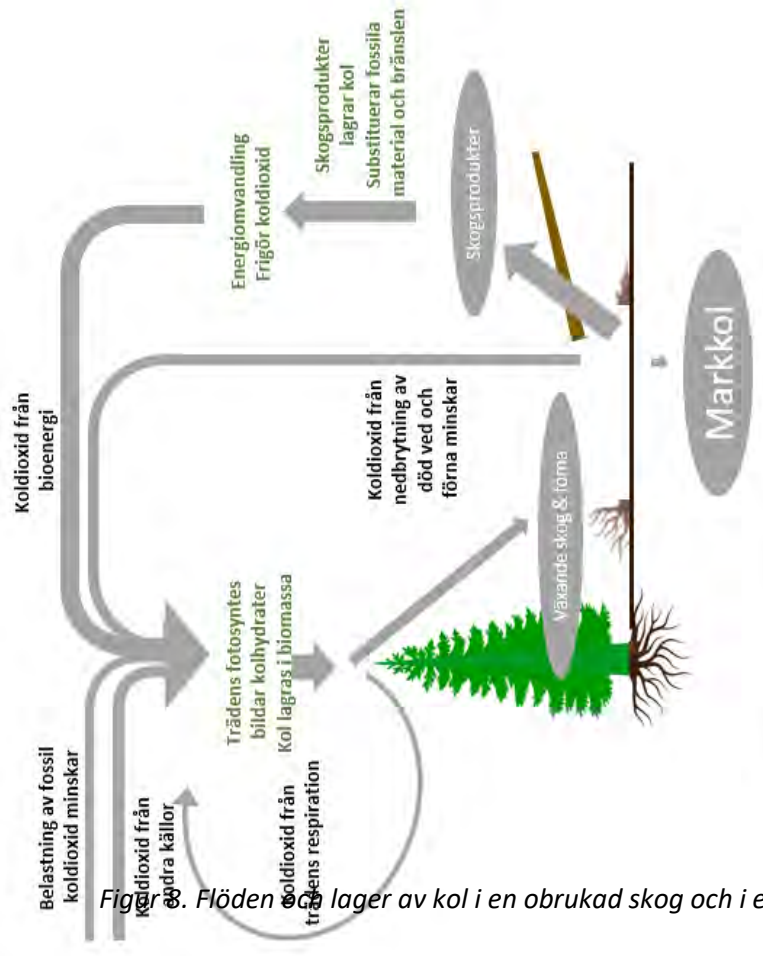
En koldioxidbalans för Halland – skogsbrukets roll

I ovanstående avsnitt har lager av kol i skog och skogsmark samt de dynamiska effekterna av tillväxt, avverkning, övriga avgångar samt direkta utsläpp på grund av skogsbrukets arbetsoperationer och virkestransporter beskrivits. Baserat på dessa bruttouppgifter kan kolflödets balans beräknas. Men för att göra beräkningen fullständig måste även nettoeffekterna av användningen av virkesråvara beräknas. De effekter som uppstår då virkesråvara används för att substituera fossilbaserad produktion av varor och material kallas *substitutionseffekter*.

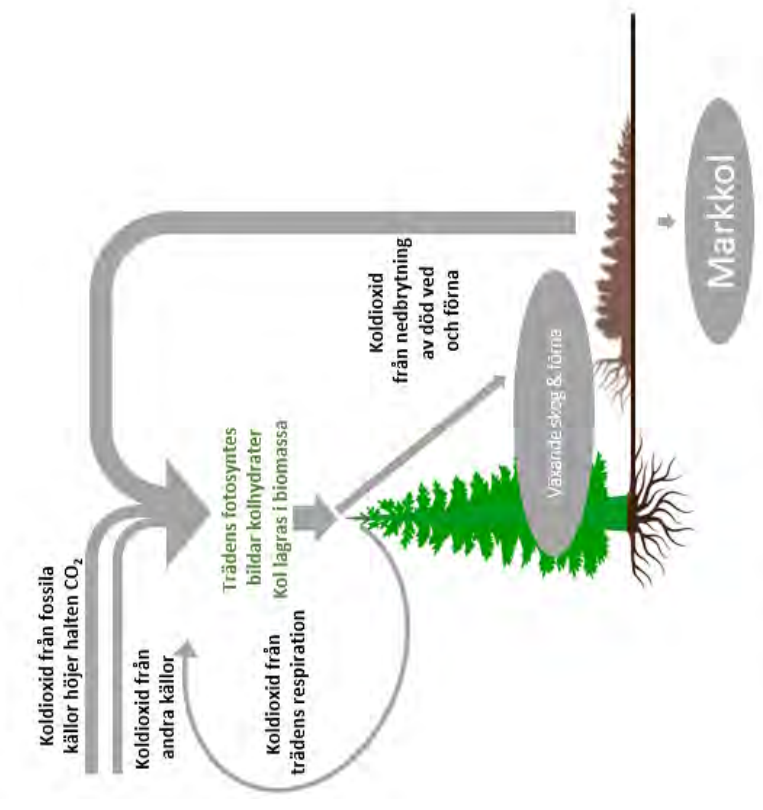
Substitutionseffekter av skogsbrukets produkter

Substitutionseffekten består i att kolföreningar som utvunnits ur skogsekosystemet används istället för sådana kolföreningar som legat lagrade i fossila koldepåer. Ett enkelt exempel är användning av bränsleflis istället för stenkol vid energiproduktion (och i princip kan alla produkter baserade på skogsråvara förbrännas då de tjänat ut). Mer komplexa samband gäller för användning av trä i byggande, eller som förpackningsmaterial. Skogsprodukterna utgör därmed dels ett lager av kol, under sin livstid, dels bidrar de till att minska aktiveringen av fossila koldepåer och därmed ökningen av koldioxid i atmosfären. Substitutionseffekterna för svenska virkesprodukter har kartlagts i ett flertal studier. Man har funnit att substitutionseffekten i genomsnitt motsvarar 470 kg CO₂ per avverkad kubikmeter skogsråvara.

Då skogsprodukter förbränns eller bryts ner så frigörs koldioxid, på samma sätt som vid användning av fossila material. Därför är de positiva effekterna av skogsbruket beroende av att virkesförråd, årlig tillväxt och produktion av virkesprodukter upprätthålls. I Figur 8 visas en principiell bild av sammanhangen dels för en skog som inte brukas och dels för en aktivt brukad skog.



Flöden av kol i en brukad skog



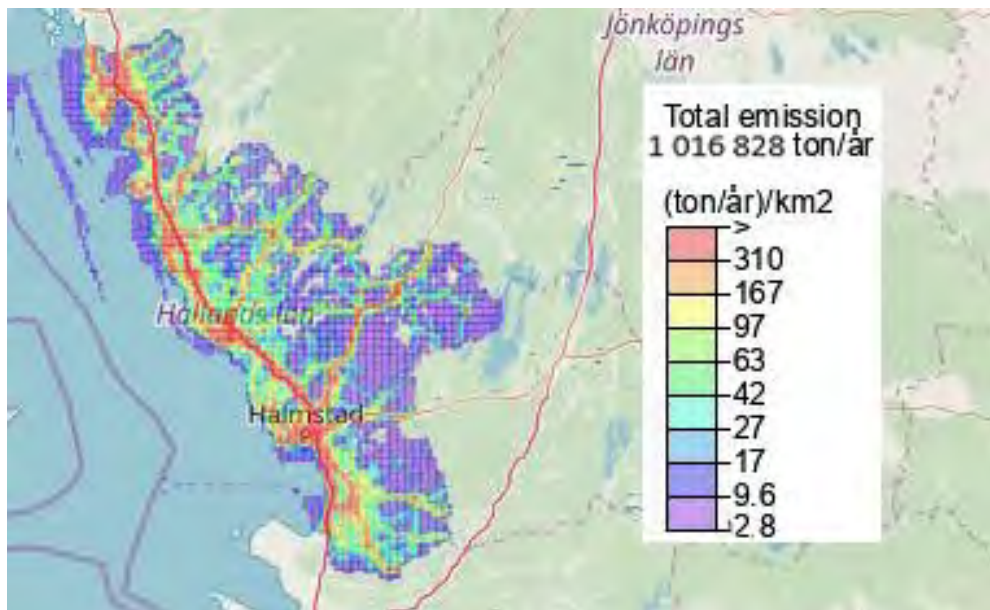
Flöden av kol i en obrukad skog

Figur 8. Flöden av kol i lager av kol i en obrukad skog och i en skog där aktivt skogsbruk pågår. Flöden (pilar) och

Koldioxidbalans för Halland

En koldioxidbalans har beräknats för att visa förhållandet mellan inbindning av koldioxid och de utsläpp som sker. Eftersom denna rapport fokuserar skogens och skogsbrukets roll så särredovisas de plus- och minusposter som har sitt upphov i skogssektorn.

Utsläpp av fossil koldioxid sker främst genom verksamheter där produktion, transporter och maskinella arbeten drivs med fossil energi, men även i viss mån vid uppvärmning av lokaler. Statistik över utsläppens storlek redovisas av Naturvårdsverket. I denna rapport presenteras data avseende år 2016, dvs samma år som gäller för övriga data (Figur 9). I Tabell 7 redovisas Sveriges och Hallands totala utsläpp av CO₂, men med särredovisning av utsläppen från skogsbruk och virkestransporter.



Figur 9. Hallands utsläpp av koldioxid år 2016. Källa: <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Alla-utslapp-till-luft/>

Upptag av koldioxid sker genom trädens tillväxt. Ett betydande utsläpp av koldioxid från skog sker också, genom trädens cellandning och nedbrytning av döda träd och förna. I Tabell 7 redovisas summan av dessa processer, dvs den nettotillväxt som skett under ett år. Denna siffra motsvarar då en ökning av förrådet kol som bundits i skogen.

Tabell 7. Genomsnittlig årlig inbindning och CO₂-utsläpp från skogsbruket och substitutionseffekter av skogsprodukter jämfört med årliga utsläpp (exklusive förändrad markanvändning och utrikes transporter) i Halland och i Sverige, ton CO₂.

Ton CO ₂ /år	Halland	Sverige
Nettotillväxt av virkesförråd	-535 000	-35 915 000
Årligt CO ₂ -utsläpp, skogsarbeten	9 000	472 000
Årligt CO ₂ -utsläpp, virkestransport	8 000	531 000
Skogsprodukter - substitutionseffekt	-722 000	-39 640 000
Netto flöde CO ₂ från skogsbruket	-1 240 000	-74 552 000
Totala CO ₂ -utsläpp (exklusive skogsbruk)	1 003 000	51 890 000
Nettoutsläpp av CO₂	-237 000	-22 662 000

Då virke skördas sker ett uttag ur skogens kolförråd. Även dessa virkesprodukter ger ett direkt bidrag till koldioxidbalansen, genom substitutionseffekten, ca 470 kg koldioxid per skördad kubikmeter. Då vi tar med detta i beräkningen finner vi att Halland faktiskt är klimatpositivt, med ett nettoutsläpp på minus 237 000 ton CO₂ per år (inkluderar alltså de totala utsläppen, inte bara skogssektorns). För Sverige är nettoutsläppet minus 22 miljoner ton koldioxid per år.

I beräkningen får Halland (och Sverige) tillgodoräkna sig hela substitutionseffekten av de produkter som baserats på virke från länet respektive landet. På motsvarande sätt belastas länet helt av utsläpp för produktion som skett innanför länsgränsen, men ej för sådana produkter som importerats till länet för konsumtion. I verkligheten konsumeras givetvis en stor del av produkterna på annan ort och importerade produkter som konsumeras ger upphov till koldioxidutsläpp på tillverkningsorten. Sverige exporterar upp emot 80 procent av skogsindustrins produkter.

Kan klimatnyttan av skogen ökas?

Den enklaste vägen att öka skogens klimatnytta är att vidta åtgärder som kan öka tillväxten. Goda föryngringar med väl anpassat plantmaterial, korta kalmarksperioder, gödsling etc. Lågt utnyttjad mark med glesa oväxtliga bestånd bör avverkas och föryngras, före välslutna, högproduktiva skogar. Sådana åtgärder ger ökad inbindning av koldioxid och därmed en högre klimatnytta.

Men även om högre koldioxidinbindning är ett viktigt mål, så är det inte det enda målet. All skog ska inte brukas intensivt, med hög volymtillväxt som enda mål. Skogsbruk måste utföras med hänsyn till biologisk mångfald, andra miljövärden, rekreation och andra näringar som är beroende av skogen.

Substitutionseffekterna skulle kunna ökas ytterligare om mindre virke (småträäd, stubbar, grenar, toppar) lämnades kvar i skogen efter skörd. Alla marker är dock inte lämpade för en sådan, mera fullständig skörd. På svagare marker kan det, på motsvarande sätt som inom jordbruket, uppstå behov av kompensation för ökad bortförsel av mineralnäring genom gödsling. Stubbar och annat kvarlämnat virke kan även ha ett värde som substrat för olika vedlevande organismer knutna till död ved och kan dessutom ge skydd åt arter i fåltskiktet. Det är bl.a. av dessa skäl viktigt att inte okritiskt intensifiera virkesuttaget. Utvecklingen bör följas för att etablera en uthållig nivå, och för att avgöra vilka kompensationsåtgärder som kan behövas.

Nya risker i nytt klimat

Abiotiska skador

Kraftiga stormar har återkommande orsakat stora skador för svenskt skogsbruk. Särskilt sydvästra Sverige har flera gånger drabbats av omfattande stormskador pga. av det havsnära läget med förhärskande västliga vindar. Kraftiga stormar kan förväntas återkomma i framtiden men det finns ingen tydligt ökad risk i de aktuella klimatscenarierna. Däremot kan de förväntade mildare och nederbördsrikare vintrarna innebära högre markfuktighet och mindre tjäle, med ökad risk för vindfällda träd som följd.

Skador av vårfrost, framförallt på unga granplantor men även andra trädslag, kan förväntas öka i ett varmare klimat. Orsaken är att högre temperaturer under våren ger en tidigare knoppsprickning hos träden så att de frostkänsliga nya skotten börjar växa när nätterna fortfarande är relativt långa. Längre nätter innebär ökad risk för utstrålningsfrost vid klart och vindstilla väder även om dagstemperaturerna är relativt höga. Även perioder av mycket mildt väder mitt i vintern kan få träden att bryta sin vintervila och om detta följs av omslag till interväder med minusgrader, kan det påverka trädens vitalitet negativt.

Aktuella klimatscenarier innefattar ökad frekvens av torra perioder med låg nederbörd och höga temperaturer. Detta kan stressa träd, särskilt på grovkorniga jordarter, grunda jordar och högt i terrängen. Trädslagen är olika motståndskraftiga mot torkstress och en tydlig riskfaktor i Skåne är gran planterad på olämplig mark. Mer frekventa torrperioder ökar också risken för skogsbränder.

Träd som utsätts för någon av de abiotiska stressfaktorer som beskrivs ovan behöver perioder av mer normalt väder för att återhämta sig. Återkommande och multipla abiotiska stressfaktorer kan bidra till att träd dör eller åtminstone får nedsatt vitalitet så att de blir mer mottagliga för skadegörare.

Biotiska skador

Inom forskningsprogrammet Future Forests har man bedrivit omfattande forskning kring skadegörare i ett framtida klimat. Resultaten sammanfattas i Björkman & Stenlid (2013) samt Boberg m. fl. (2014). Följande är i huvudsak hämtat ur dessa publikationer.

Några av de ekonomiskt mest betydelsefulla skadegörarna i svensk skog är rotröta, granbarkborre och snytbagge. Trots det kan man hävda att svenska skogar, i ett internationellt perspektiv, varit ganska förskonade från angrepp av svampar och insekter. I ett varmare klimat finns mycket som talar för att skadorna kommer att öka. Befintliga skadegörare kan gynnas, som t.ex. barkborren som med varmare somrar kan producera fler generationer skalbaggar under samma år. Men det finns också ett antal potentiella skadegörare i sydliga grannländer och som kan komma hit vid ett varmare klimat. Riskerna förstärks av att skadegörare effektivt sprids med internationell handel med växter och växtmaterial inklusive virke i t.ex. emballage och lastpallar. Ett exempel på en ny invasiv skadegörare är askskottsjukan, som för 25 år sedan var okänd för vetenskapen men som idag angripit askar så kraftigt att asken idag är med på rödlistan. Att förutsäga utvecklingen av en enskild skadeinsekt i ett förändrat klimat är svårt eftersom sambanden mellan insekten, värdväxten och insektens naturliga fiender är komplext och alla komponenterna påverkas på olika sätt av ett förändrat klimat. Om klimatförändringarna leder till att träd i större utsträckning utsätts för abiotiska skador och stress så kan detta ytterligare förstärka ökningen av biotiska skadegörare.

Anpassning av skogsskötsel

En mer osäker framtid med ökade risker för både abiotiska och biotiska skador kan mötas genom att anpassa skogens skötsel på olika sätt. Den största möjligheten att anpassa framtidens skogar har vi i förnygringsfasen, där valet av trädslag och genetiskt material görs. Vid valet av trädslag finns fler aspekter, dels en bedömning av hur de olika alternativa trädslagen är anpassade till ståndorten. Undvik t.ex. att förnygra torra marker med trädslag som är känsliga för torkstress, t.ex. gran på tallmark. Om det i framtiden blir uppenbart att ett trädslag drabbas mycket av nedsatt vitalitet och skador så är det en god anledning att byta till ett annat trädslag. Skogsägaren bör också ha en beredskap för att vissa bestånd kan behöva avverkas tidigare än planerat om skadesituationen så kräver. Om man blir tvungen att korta ner omloppstiden för att minska skaderisken så uppnår man troligen inte den nivå på virkesproduktion som skulle vara möjlig utan skador, dessutom minskar man det långsiktiga kolförrådet i skogslandskapet. Det är därför mycket viktigt att välja trädslag och genetiskt material som kan förväntas klara sig från framtida skador.

En strategi inför en osäker framtid är också att sprida riskerna genom att ha fler trädslag, detta kan tillämpas på en enskild fastighet eller som princip för hela länet. Halland utmärker sig som ett län med extremt hög andel gran och detta i sig innebär en riskexponering. Ytterligare en aspekt på valet av trädslag är att arter med snabb ungdomstillväxt och tidig kulmination av medeltillväxten ger kortare omloppstider och därmed en möjlighet att snabbare byta trädslag, kanske inom 20-40 år. Exempel på sådana trädslag är björk, lärk, poppel och hybridasp. Trädslag med långsammare

ungdomstillväxt kräver längre omloppstider för att nå ett gott ekonomiskt utbyte, vilket ger längre intervaller mellan möjligheten att byta trädslag. Sådana trädslag erbjuder därmed något mindre flexibilitet. Exempel är tall, gran, bok och ek.

Förutom de inhemska trädslagen så erbjuder introducerade trädslag en möjlighet att sprida risker och ersätta skadedrabbade inhemska trädslag i framtiden. Halland har ett klimat som medger odling av ett stort antal olika arter. De mest aktuella beskrivs i avsnittet ”potential för nya trädslag i Halland”. Några av dem odlas redan i begränsad utsträckning i Halland. Vid introduktion av nya trädslag, särskilt i större skala, måste man hantera det faktum att introducerade arter innebär ekologiska risker (Felton et al 2013).

Val av genetiskt material är minst lika viktigt som valet av trädslag. Förädlingsprogram med löpande testning av plantor på olika lokaler i olika klimat och med urval med inriktning på robusta genotyper finns för gran, tall och björk. Det gör att man har större möjligheter med dessa tre trädslag att göra ett kunskapsbaserat val av genetiskt material för ett framtida klimat (verktyget Plantval, se nedan) än andra trädslag. Mer om genetiskt material i följande avsnitt.

Idag gallrar vi normalt våra skogar en till tre gånger under omloppstiden. Gallringarna i sig förskjuter den ekonomiskt optimala tidpunkten för slutavverkning framåt i tiden. Fördelen med gallringar är bl.a. att de ger ett tidigt uttag av virke och man kan styra den framtida tillväxten till de träd man lämnar kvar. Genom att välja lämpliga trädslag och oskadade träd att lämna efter gallring kan man höja värdet på det framtida beståndet. En nackdel med gallringar är att beståndet de närmaste följande åren är mer känsligt för storm och snöbrott än ett ogallrat. Risken för stormskador ökar med ökande trädhöjd, särskilt gallring i äldre skog innebär hög risk. Gallring kan också öka risken för rotröta, särskilt om man gallrar vid fel tid på året och utan stubbehandling. För att minska risken för stormskador är en skötselmodell utan gallring och med en kortare omloppstid en möjlighet.

Att sprida risker genom att ha fler trädslag kan göras på flera sätt. Man kan sköta trädslagsrena bestånd av olika trädslag eller blanda flera trädslag inom bestånd. Mellanformer där trädgrupper av annat trädslag blandas in i olika omfattning i annars homogena bestånd kan varieras mycket. Blandbestånd har fler fördelar om man ser till skogens leverans av olika ekosystemtjänster (Felton m. fl. 2016), men nackdelen är en ofta mer komplicerad skötsel. Blandbestånd kan också förväntas ha högre motståndskraft mot bl.a. skadegörande insekter (Klapwijk m. fl. 2016) och stormar (Valinger och Fridman 2011).

Hyggesfria skötselssystem kan minska risken för vissa skador, men öka risken för andra (Sonesson m. fl. 2017). Begreppet hyggesfri skötsel innefattar en stor variation av skötselssystem och metoder och vissa varianter av hyggesfri skötsel kan minska risken för insektsskador (Klapwijk m. fl. 2016) på samma sätt som blandskog genom att gynna skadeinsekternas naturliga fiender. Kunskapsläget om hyggesfria metoder och skador är dock begränsat för svenska förhållanden. Det är dock klart att omställning av äldre enskiktad skog till fler- eller fullskiktade skogar innebär ökad risk för stormfällning genom friställning av höga träd som vuxit upp i relativt täta bestånd. Träd som vuxit upp i skiktade skogar och träd som förberetts med succesiv friställning kan klara stormar bättre, även vid hög trädhöjd.

Val av genetiskt material vid förnygring

Vid förnygring/återbeskogning tas ett flertal olika beslut som påverkar beståndets framtida utveckling. Om man har som mål att få ett klimatanpassat bestånd med hög produktivitet är val av trädslag, skötselmetod och genetiskt material mycket viktiga. I kommande stycken redovisas trädslagsval och skötselmetoder medan det här stycket fokuserar på valet av genetiskt material.

För trädslag med operativa förädlingsprogram (tall, gran, contortatall, björk och lärk) väljs träd ut som kombinerar hög tillväxt, kvalitet och vitalitet med ett anpassat tillväxtmönster. Ett genetiskt testat och utvalt material från en fröplantage ger därmed en ökad värdeproduktion och ett förutsägbart beteende. I nordiska förhållanden antas dessutom klimatförändringarna att påverka produktionspotentialen positivt med tillväxtökningar på 25-30% (Bergh m. fl. 2010).

Men när klimatet förändras påverkas samtidigt grundläggande förutsättningar för plantor och träd, t.ex. tidpunkten för tillväxtstart, risken för skador av insekter, svampar och frost, m.m. Forskning har visat på möjligheterna att kombinera kunskap om trädartens inneboende genetiska variation och anpassningsmönster med klimatdata för att förutsäga vilka plantmaterial som kommer att fungera bäst i ett framtida klimat. Man bör alltså vara proaktiv i urvalet av genetiskt plantmaterial för att undvika missanpassning och säkerställa hög kvalitet och biomassaproduktion i våra framtida skogar.

Skogforsk har därför utvecklat ett verktyg för klimatanpassade rekommendationer av genetiskt plantmaterial, Plantval (<https://www.skogforsk.se/produkter-och-evenemang/verktyg/plantval/>) som visar lämpliga tillgängliga frökällor för en valfri planteringslokal och rangordnar dem efter en beräknad arealproduktion över en omloppstid. Verktöget finns för flera trädslag, men för Halland är det gran, tall och björk som är mest aktuella. För södra Sverige gäller generellt att en fröplantage kan användas över ganska stora områden men för gran gäller speciellt att skilja på planteringslokaler med avsevärd risk för sen vårfrost och mildare förhållanden. För lokaler med hög frostrisk, finns genetiskt material utvalt som är speciellt anpassat för sen skottskjutning på våren. För mildare lokaler finns istället fröplantager med tidigare skottskjutning och ett längre utnyttjande av tillväxtsäsongen. I Halland torde det företrädesvis vara förhållandevis milda lokaler. Endast undantagsvis är det nödvändigt att nyttja senskjutande granplantor.

Potential för nya trädslag i Halland

Möjligheter och förutsättningar

Om klimat och ståndortsförutsättningar beaktas har Halland mycket stora förutsättningar för att använda främmande trädslag i skogsbruket. Behovet av ökad biomassa kan mötas med nya trädslag. Det finns lämpliga barr- och lövträdslag som kan användas för ökad produktion, och för ökad riskspridning i den osäkra framtid som olika klimatscenarier visar. Dessa nya förutsättningar innebär såväl klimatiska utmaningar för våra inhemska trädslag t. ex gran men också risk för nya skadegörare. Dessutom bidrar den ökade tillväxten till klimatnytta genom CO₂-upptag. Lärk, Kustgran, Poppel och Hybridasp har stora förutsättningar att snabbt öka kolinlagringen genom sin höga tillväxt. De minskar också risken genom sin korta omloppstid jämfört med andra trädslag. 16-25 år för poppel och hybridasp och 30-45 år för lärk och kustgran, till slutavverkning, men vid storm eller skador ger de netto även vid för tidig avverkning. Substitutionseffekter av det skördade virket är en viktig komponent i skogsbrukets klimatnytta och hur virket av nya trädslag kommer att användas är osäkert. Det är inte självklart att substitutionseffekterna blir desamma som med de trädslag som de nya kan förväntas ersätta. Att introducera nya trädslag i stor skala kan också vara förknippat med störningar i befintliga ekosystem. Dessa kan variera beroende på trädslag och måste alltid vägas mot fördelarna

Begränsningar genom lagar och certifiering

Enligt 9 § skogsvårdsförordningen får främmande trädslag endast "i undantagsfall" användas som skogsodlingsmaterial. Skogsmarkens ägare ska i förväg till Skogsstyrelsen anmäla användning av främmande trädarter om arealen överstiger 0,5 hektar.

Både certifiering enligt FSC och PEFC reglerar användning av främmande trädslag i olika omfattning. FSC är mer restriktivt än PEFC.

Hybridlärk (*Larix x marschlinsii*)

Hybridlärken är en korsning mellan europeisk lärk och japansk lärk. Den har en snabb ungdomstillväxt och medelproduktion skattas enligt nya undersökningar till ca 30 % högre än granens. Den kan drabbas av viltskador, men hittills bara i liten utsträckning av insekts- och svampskador. Virket är inte prioriterat i nuvarande industriprocesser, men vid rätt kvalitet kan virket ge hyggliga priser. Den klarar torrare marker än gran och kan även på tallboniteter ge en avsevärd merproduktion.

Sitkagran (*Picea sitchensis*)

Sitkagran växer naturligt på nordamerikanska västkusten. Den har en tillväxt som överstiger vår vanliga gran (ca 20 %). I sitt utbredningsområde växer den i ett maritimt klimat som liknar det som beskrivs i klimatscenarier för södra Sverige. Den är relativt känslig mot torka och rekommenderas därför inte på torrare ståndorter eller östliga delar av Sydsverige. Virket från sitkagran liknar det från vår gran och används för samma produkter i industriprocesser. Den är lämplig på västkusten där årsnederbörden är 800-1000mm. Virket från sitkagran liknar det från vår gran och används för samma produkter i industriprocesser. Det har ett annat torkningsmönster och får i dagsläget inte blandas med grantimmer.

Douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*)

Douglasgran växer naturligt i västra Nordamerika. Med rätt odlingsmaterial kan den nå lika hög eller bättre tillväxt än gran. Det behövs mer kunskap om lämpligt plantmaterial för svensk odling. Den är känslig för frostsador i plantstadiet och för viltbetning. Det är en s.k. subklimaxart som klarar en viss beskuggning och skulle fungera i ett kontinuitetsskogsbruk. Virkesegenskaperna är tillräckligt lika våra inhemska barrträd för att passa in i dagens industriprocesser. Virkesvärde och stormstabilitet ökar med åldern. Douglasgran kan betraktas som "barrträdens ek".

Kustgran (*Abies grandis*)

Kustgranen, som är en nordamerikansk ädelgran, kan under gynnsamma förhållanden nå mycket hög produktion (över 30 m³/ha år). Virket har låg densitet och marknaden i Sverige är begränsad. Eftersom det saknas tradition för ädelgranvirke. Internationellt kan virket säljas för plywoodproduktion till goda priser.

Hybridasp (*Populus tremula x P. tremuloides*)

Hybrid Aspen är en korsning mellan amerikansk och europeisk asp. Den räknas som en införd art. Den kan producera 20-30 m³sk per hektar och år på god mark. Företrädesvis rekommenderas hybridasp på nedlagd jordbruksmark, men kan användas också på bördig skogsmark, t.ex. efter en grangeneration på tidigare jordbruksmark. Hybridaspens ved är väl lämpad som massaråvara eller för bioenergi. Föryngringen med rotskott är enkel men viltbetetrycket högt.

Poppel (*Populus sp.*)

Poppel är ett samlingsnamn på flera arter eller hybrider mellan arter. Poppel är lämpad på näringsrika jordar, vilket i praktiken betyder jordbruksmark. Den är känslig för sur mark (lågt pH) i föryngringskedet. Produktionen där kan uppgå till över 30 m³sk/ha år. Den föryngras lätt med sticklingar och på många skånska gods ersätts idag gran med poppel efter en kraftig markberedning. Virkets användning är desamma som för hybridasp. I Italien och Frankrike samodlas poppel med jordbruksgrödor så kallat Agroforestry. Ett nytt skötselsystem som borde ha potential ur kolsynvinkel även i Skåne

Källor och litteratur

Från internet

Granens naturliga och faktiska utbredning i södra Sverige: IUCN, 2006 Red List of Threatened Species. Conifer Specialist Group 1998. *Picea abies*, på <https://www.iucnredlist.org/>

Regional statistik över koldioxidutsläpp för år 2016 på <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Alla-utslapp-till-luft/>

Data kring rikets och regionernas virkestransporter
<https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2019/skogsbrukets-vagtransporter-2016/>

Fossilfritt Sverige, 2018. Färdplan för fossilfri konkurrens- kraft – skogsnäringen. http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_skogsnaringen.pdf

IPCC, 2007. WGI Fourth Assessment Report (AR4), besökt 2018-04-12 på <https://wg1.ipcc.ch/publications/wg1-ar4/wg1-ar4.html>

Slu-markinfo <http://www.markinfo.slu.se/sve/kem/cnph/cn.html> 2018-03-20.

Publikationer

Aldentun, Y., 1999. Livscykelinventering av fyra plantskolor. Skogforsk, Resultat 9-1999.

Anon., 2016. SKOGSDATA 2016, Tema: Skogen då, nu och i framtiden. Sveriges officiella statistik, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå 2016.

Anon., 2017. SKOGSDATA 2017, Tema: Skogsmarkens kolförråd, Sveriges officiella statistik, Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU, Umeå 2017.

Berg, S., 2014. Skogsbrukets energiförbrukning och miljöpåverkan, i Thor, M. & Thorsen, Å. (Red.), Effektivt skogsbruk – ett långsiktigt miljöarbete, Skogforsk.

Bergh J, Nilsson U, Kjartansson B, Karlsson M (2010) Impact of climate change on the productivity of Silver birch, Norway spruce and Scots pine stands in Sweden with economic implications for timber production Ecological Bulletins 53:185-195

Björheden, R. & Segeborg-Fick, A., 2014. Energi från skogsråvara. I Rådström, L. & Thor, M. (Red.) Skogsnäringens värdekedjor, Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift, 1/2014.

Björheden, R., 2019. Det svenska skogsbrukets klimatpåverkan – upptag och utsläpp av växthusgasen koldioxid. Skogforsk, ISBN 978-91-88277-08-04, 24 s.

Björkman, C. & Stenlid, J. 2013. Svampar och insekter. Future Forests rapportserie 2013:5. SLU Umeå.

Boberg, J., Klapwijk, M., Stenlid, J. & Björkman, C. 2014. Skadegörarna utmanar skogen. Future Forests syntes. SLU, Umeå.

Brunberg, T., 2006. Bränsleförbrukning hos skördare och skotare vecka 13, 2006. Skogforsk, Arbetsrapport 623/2006.

Brunberg, T., (manus). Bränsleförbrukning och förslag till minskning. Skogforsk, opublicerad.

- Felton, A., Boberg, J., Björkman, C. & Widenfalk, O. 2013. Identifying and managing the ecological risks of using introduced tree species in Sweden's production forestry. *For. Ecol. Man.* 307. 165-177.
- Felton, A., Nilsson, U., Sonesson, J., Felton A.M., Roberge, J.-M., Ranius, T., Ahlström, M., Bergh, J., Björkman, C., Boberg, J., Drössler, L., Fahlvik, N., Gong, P., Holmström, E., Keskitalo, E.C.H., Klapwijk, M.J., Laudon, H., Lundmark, T., Niklasson, M., Nordin, A., Pettersson, M., Stenlid, J., Sténs, A., Wallertz, K. 2016. Replacing monocultures with mixed-species stands: A comprehensive assessment of the social-ecological implications. *Ambio* 45(Suppl 2.): S 124-139. DOI 10.1007/s13280-015-0749-2
- Klapwijk, M., Bylund, H., Schroeder, M. & Björkman, C. 2016. Forest management and natural biocontrol of insect pests. *Forestry* 89. 253-262.
- Lamlom, S. H. & Savidge, R. A., 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy* 25 (2003) 381 – 388.
- Leskinen, P., Cardellini, G., González-García, S., Hurmekoski, E., Sathre, R., Seppälä, J., Smyth, C., Stern T. & Verkerk, P. J., 2018. Substitution effects of wood-based products in climate change mitigation. *From Science to Policy 7*. European Forest Institute, 28p. ISBN 978-952-5980-69-1.
- Lindroth, A., Grelle, A. & Morén, A.-S., 1998. Long-term measurements of boreal forest carbon balance reveal large temperature sensitivity. *Global Change Biology* (1998) 4, 443–450.
- Lundmark, T., Bergh, J., Hofer, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B. C., Sathre, R., Taverna, R. & Werner, F., 2014. Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation, *Forests* 2014, 5, 557-578; <https://doi.org/10.3390/f5040557>
- Lundmark, T., Poudel, B. C., Stål, G., Nordin, A. & Sonesson, J., Carbon balance in production forestry in relation to rotation length. *Canadian Journal of Forest Research*, 2018, 48(6): 672-678, <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0410>
- Löfroth, C. & Rådström, L., 2006. Bränsleförbrukning och miljöpåverkan vid drivning och vidaretransport. Skogforsk, Arbetsrapport 624/2006.
- Magnani, F., Mencuccini, M., Borghetti, M., Berbigier, P., Berninger, F., Delzon, S., Grelle, A., Hari, P., Jarvis, P. G., Kolari, P., Kowalski, A. S., Lankreijer, H., Law, B. E., Lindroth, A., Loustau, D., Manca, G., Moncrieff, J. B., Rayment, M., Tedeschi, V., Valentini, R. & Grace, J., 2007. The human footprint in the carbon cycle of temperate and boreal forests. *Nature* 447, 849–851, 14 June 2007. doi:10.1038, nature05847
- Nabuurs, G.J. & Schelhaas, M.J., 2002. Carbon profiles of typical forest types across Europe assessed with CO2FIX. *Ecological Indicators* 1 (2002) 213–223.
- Pachauri, R.K. & Reisinger, A. (Eds.), 2007. IPCC Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. & Hayes, D., 2011. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests, *Science* Vol 333, 19 August 2011, från <http://science.sciencemag.org/> den 30 Mars, 2018

- Post, W. M. & Kwon K. C., 2008. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential, <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x>
- Reichstein, M., Papale, D. Valentini, R., Aubinet, M., Bernhofer, C., Knohl, A., Laurila, T., Lindroth, A., Moors, E., Pilegaard, K. & Seufert, G., 2007. Determinants of terrestrial ecosystem carbon balance inferred from European eddy covariance flux sites. Wiley Online Library, Geophysical Research Letters, 34, L01402, <https://doi.org/10.1029/2006GL027880>
- Russell, M. B., Fraver, S., Aakala, T, Gove, J. H., Woodall, C. W., D'Amato, A. W. & Ducey, M. J., 2015. Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood: A review.
- Skogsindustrierna, 2015. Skogsindustriernas visionsskrift 2015, <http://www.skogsindustrierna.se/siteassets/dokument/vision/visionsskrift.pdf>
- Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Wilhelmsson, L., 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå. Skogforsk, Arbetsrapport 926/2017.
- Stendahl, J., Johansson, M.-B., Eriksson, E., Nilsson, Å. & Langvall, O., 2010. Soil organic carbon in Swedish spruce and pine forests – differences in stock levels and regional patterns. *Silva Fennica* 44(1): 5–21.
- Valinger, E. & Fridman, J. 2011. Factors affecting the probability of windthrow a stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *For. Ecol. Man.* 262:3. 398-403.