

Jan 2023
IVL rapport C 741
ISBN 978-91-7883-474-7

Klimatpåverkan från skogsbruk inom Sveaskogs produktiva skogsmark

Biogen och fossil påverkan

PER ERIK KARLSSON, MARTIN ERLANDSSON, ESKIL MATTSSON, ÅSA NILSSON

IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET

Arbetet inom forskningsprogrammet Mistra Digital Forest (MDF), arbetspaketet WP3, syftar övergripande till att utveckla metoder för att med ett hållbarhetsperspektiv beskriva och visualisera alternativa, framtida scenarier för produktion och användning av skogsråvara, för dagens och framtidens skogsbruk. Leverabel D3.1.4 från MDF omfattar pilotstudier med hållbarhetsbedömningar av biobaserade produkter och råvaror baserat på förbättrade och utökade metoder framtagna inom MDF. Som ett led i detta redovisas i denna rapport resultat från beräkningar av biogen och fossil klimatpåverkan från det skogsbruk som bedrivs inom Sveaskogs produktiva skogar i olika delar av Sverige, i jämförelse med motsvarande värden för all produktiv skogsmark i motsvarande landsdel. Beräkningarna omfattade fossila utsläpp av växthusgaser samt förrådsförändringar av kol i skogsekosystemen fram till avlägg vid väggkant. Kolinlagring i produkter samt substitutionseffekter omfattades inte.

Förord

Mistra Digital Forest finansieras av Mistra och deltagande parter. Forskningsprogrammets vision är att skapa digitala lösningar för en hållbar och effektiv skoglig bioekonomi.

Programmet leds av Skogsindustrierna och programparter är BillerudKorsnäs, Holmen, SCA, Stora Enso, Sveaskog, Södra, SLU, IVL, Skogforsk, Umeå universitet samt KTH.

www.mistradigitalforest.se



Innehåll

Sammanfattning	4
Summary.....	6
1 Bakgrund	8
2 Syfte.....	8
3 Metodik.....	8
3.1 Översikt	8
3.2 Avgränsningar	9
3.3 Ingångsdata.....	9
3.4 Beräkningar av biogen klimatpåverkan.....	9
3.4.1 Levande biomassa	10
3.4.2 Död biomassa	10
3.4.3 Markkol	11
3.5 Beräkningar av fossil klimatpåverkan.....	12
4 Resultat.....	12
4.1 Arealer produktiv skogsmark.....	12
4.2 Övergripande resultat biogen och fossil klimatpåverkan.....	13
4.3 Detaljerade resultat för biogen klimatpåverkan.....	15
4.4 Detaljerade resultat för förändringar av den levande biomassan	18
4.5 Detaljerade resultat för förändringar av markkol i beskogade torvmarker.....	20
5 Kommentarer till resultaten	20
6 Tack.....	21
7 Referenser.....	22

Sammanfattning

- **Beräkningar av biogen klimatpåverkan för det skogsbruk som bedrivs i Sveaskogs produktiva skogar visade för alla landsdelar i Sverige på ett betydande upptag av CO₂ från atmosfären till skogsekosystemen.**
- **Upptaget av CO₂, beräknat per areal skogsmark, var högre för Sveaskogs produktiva skogar jämfört med motsvarande beräknade värden för all produktiv skog i respektive landsdel, förutom vad gäller södra Norrland.**
- **De fossila utsläppen av växthusgaser i samband med skogsbruk var som absolutvärden generellt mycket lägre jämfört med det biogena upptaget av CO₂.**
- **De fossila utsläppen för Sveaskogs produktiva skogar var något lägre jämfört med de produktiva skogarna i stort i respektive landsdel, förutom för södra Norrland där de var något högre.**

I denna rapport redovisas resultat från beräkningar av biogen och fossil klimatpåverkan från det skogsbruk som för närvarande bedrivs inom Sveaskogs produktiva skogar i olika delar av Sverige, i jämförelse med motsvarande värden för all produktiv skogsmark i motsvarande landsdel. Beräkningarna omfattade fossila utsläpp samt förrådsförändringar av kol i skogsekosystemen fram till avlägg vid vägkant. Kolinlagring i produkter samt substitutionseffekter omfattades inte.

Beräkningarna utgick från metodik som tidigare tagits fram inom forskningsprogrammet Mistra Digital Forest (MDF), arbetspaketet WP3. Dessa beräkningar följer i stort den metodik som används inom Sveriges internationella klimatrapporering, vad gäller markanvändningssektorn, LULUCF. Fossila utsläpp av växthusgaser beräknades för skogsbruksåtgärder baserat på olika emissionsfaktorer. Beräkningarna omfattade den klimatpåverkan som uppstår inom Sveriges gränser.

Beräkningarna utfördes uppdelat i fyra olika landsdelar; Götaland, Svealand samt södra och norra Norrland. Resultaten från beräkningar av klimatpåverkan för Sveaskogs produktiva skogar, per areal skogsmark, jämfördes med motsvarande resultat för all produktiv skogsmark i den landsdel där skogarna är belägna. Beräkningarna speglade dagens skogsbruk, utifrån den senaste statistik som finns tillgänglig, i de flesta fall för femårsperioden 2017-2021.

Som underlag för beräkningarna har data insamlats från Skogsdata, Riksskogstaxeringen, Skogsstyrelsen samt från Sveaskog, sistnämnda sammanställt av Skogforsk.

Resultaten kan sammanfattas enligt följande:

Övergripande biogen och fossil klimatpåverkan (se figur nedan)

- Upptag respektive avgång av CO₂ var som absolutvärden i storleksordning 50 - 100 gånger högre för biogen klimatpåverkan, jämfört med fossil klimatpåverkan
- För alla landsdelar beräknades ett upptag av CO₂ till skogsekosystemen i Sveaskogs produktiva skogar, i storleksordningen 1 - 2 ton CO₂ ha⁻¹ år⁻¹
- Övergripande för all produktiv skog i respektive landsdel visade beräkningarna på en avgång av CO₂ från skogsekosystemen i Götaland och Svealand, medan beräkningarna visade på ett upptag i södra och norra Norrland

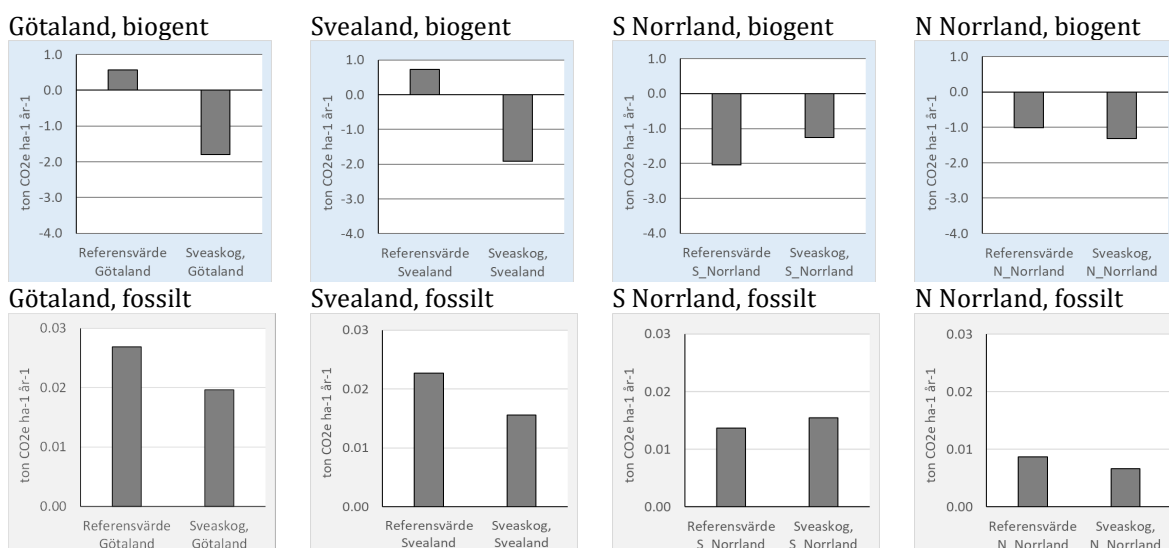
- Det beräknade upptaget av CO₂ per areal skog var högre för Sveaskogs produktiva skogar, jämfört med all produktiv skog i respektive landsdel, vad gäller Götaland, Svealand och norra Norrland, medan det var lägre i södra Norrland
- I alla landsdelar, förutom södra Norrland, var de arealbaserade fossila utsläppen något lägre i Sveaskogs skogar, jämfört med landsdelarna i stort

Vad styr den biogena klimatpåverkan?

- Biogen klimatpåverkan i de produktiva skogarna dominerades av förändringar i den levande biomassan
- Det skedde en ökning av den levande biomassan i Sveaskogs produktiva skogar i alla landsdelar.
- Vad gäller all produktiv skog i respektive landsdel skedde en minskning av den levande biomassan i Götaland och Svealand, medan den ökade i södra och norra Norrland
- Den levande biomassan, per areal skog, ökade mer i Sveaskogs bestånd jämfört med motsvarande värde för all produktiv skog i respektive landsdel, förutom i södra Norrland där det omvända gällde.

Vad styr förändringen i den levande biomassan?

- Ökningen av den levande biomassan i Sveaskogs bestånd i Götaland, Svealand och norra Norrland berodde främst på att avverkningen låg avsevärt under bruttotillväxten
- Minskningen av den levande biomassan vad gäller all produktiv skog i Götaland och Svealand berodde i huvudsak på att avverkningen låg nära bruttotillväxten samt att det fanns en betydande naturlig avgång



Figur 5. Biogen och fossil klimatpåverkan per areal skogsmark för Sveaskogs produktiva skogar i respektive landsdel, i jämförelse med motsvarande referensvärden som beräknades för all produktiv skog i respektive landsdel. Ett positivt värde = avgång till atmosfären; negativt värde = upptag från atmosfären till skogen.

Biogenic and fossil climate impacts per forest area from the productive forests owned by Sveaskog in different parts of Sweden, in comparison with reference values calculated for all productive forests in the relevant part of Sweden. Negative values indicate uptake of CO₂ from the atmosphere, positive values emissions.

Summary

Calculation tools have been developed within the research program Mistra Digital Forest (MDF) to estimate the biogenic and fossil climate impacts from forestry in Sweden. The main aim has been to include these calculation tools within the sustainability assessment tool BioMapp. However, an alternative aim has been to apply the climate impacts calculations for alternative purposes, such as to be used for sustainability assessments for large forest owners. The calculations are intended to be possible to apply to the current situation as well as for alternative future scenarios for forest practice.

In this report results were presented from calculations of the biogenic and fossil climate impacts that results from forestry within the productive forests that are owned by the forest company Sveaskog, in different parts of Sweden. These results were compared with the results from corresponding calculations made for all productive forests that are present in the same parts of Sweden. The calculations included fossil greenhouse gas emissions as well as biogenic carbon stock changes in the forest ecosystems, with the system border at storage at the roadside. Carbon stock changes in harvested wood products (HWP) were not included. Also not included were substitution effects.

The calculations were based on methods that have previously been developed within MDF. These methods, in turn, are based on the methods that are used within international climate change reporting for the land use sector (LULUCF). Fossil emissions from forestry were calculated based on activity data multiplied with emission factors. The calculations were restricted to activities within the Swedish borders.

The calculations were made separately for four different parts of Sweden; Götaland, Svealand and south and north Norrland, respectively. The area based results from the calculations for the productive forests owned by Sveaskog were compared with the corresponding results from calculations for the total productive forests present in the different parts of Sweden. The calculations represented present day conditions, based on the most recent forests statistics available.

The calculations were made based on official statistics from Skogsdata, Riksskogstaxeringen, Skogsstyrelsen. Statistics for forestry within the productive forests of Sveaskog, were provided from Sveaskog, mediated by Skogforsk.

The most important results are summarized below.

Overall biogenic and fossil climate impacts (see figures above)

- The uptake and emissions of CO₂ in absolute terms were in the order 50 - 100 times higher for biogenic climate impacts, compared to fossil climate impacts.
- The calculations showed a biogenic uptake of CO₂ to the forest ecosystems in the productive forests owned by Sveaskog in all parts of Sweden, in the order of 1 - 2 tons CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹.
- The corresponding area based calculations for all productive forests present in the different parts of Sweden, demonstrated that there was currently a biogenic net release of CO₂ from the productive forests in Götaland and Svealand, while there was an uptake in south and north Norrland.

- The estimated area based net uptake of CO₂ was higher for the productive forests owned by Sveaskog, compared the estimated values for all productive forests present for all different parts of Sweden, except south Norrland.
- The estimated, area based emissions of fossil GHG were somewhat lower in the productive forests of Sveaskog, as compared to the corresponding estimates for all productive forests in the different parts of Sweden, except for south Norrland.

What is most important for the biogenic climate impacts?

- The biogenic climate impacts by productive forests were dominated by the changes in the living biomass carbon stocks, including both above and below ground biomass
- The living biomass carbon stocks were increasing in the productive forests owned by Sveaskog in all parts of Sweden.
- Regarding all productive forests in the different parts of Sweden, the living biomass carbon stocks were decreasing in Götaland and Svealand, while it was increasing in south and north Norrland
- The area based living biomass carbon stocks were increasing more in the productive forests owned by Sveaskog, as compared to all productive forests in the respective parts of Sweden, except in south Norrland.

What is most important for the change in the living biomass carbon stocks?

- The increase in the living biomass carbon stocks in the productive forests owned by Sveaskog depended mainly on the fact that harvest rates were considerably below the growth rates.
- The decrease in the living biomass carbon stocks in all productive forests in Götaland and Svealand was mainly caused by the fact that the forest harvest rates were close to the growth rates and that there were significant rates of natural removals in the forests

1 Bakgrund

Världens skogar har en viktig roll för det som kallas "Nature-based Solutions" för att binda upp kol och därmed reducera klimatförändringarna (Griscom et al., 2017). Europas skogar har en viktig roll vad gäller EU's klimatstrategi, vilket regleras inom det som kallas "LULUCF-förordningen" (Regeringskansliet, 2021). Sveriges skogar har en viktig roll vad gäller Sveriges klimatstrategi (Naturvårdsverket, 2022). I rapporten pekar man bland annat på att det helt eller delvis saknas incitament för markägaren att satsa på åtgärder som ger en ökad kolsänka utöver vad som åstadkoms genom ett traditionellt jord- och skogsbruk. En viktig del i detta är att kunna beräkna den klimatnytta som uppstår vid olika alternativ vad gäller nuvarande och framtida skogsbruk i Sverige.

I Sveriges åtaganden gentemot EU inom LULUCF-förordningen ingår för närvarande att upptaget av CO₂ till markanvändningssektorn ska öka fram till 2030 med 3,9 miljoner ton, jämfört med ett medelvärde för åren 2016–2018

(<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-del-av-eus-klimatmal/>). Upptaget av CO₂ till den svenska skogen var för dessa år i storleksordningen 40 M ton CO₂ år⁻¹ (se Figur 9 nedan), exklusive upplagring i produkter. Detta omfattar dock all skogsmark, inte bara produktiva skogar.

Inom forskningsprogrammet Mistra Digital Forest (MDF), arbetsprogrammet WP3, har metodik tagits fram för att beräkna indikatorer för olika aspekter av hållbarhet inom svenskt skogsbruk (Karlsson m. fl., 2021; Nilsson m. fl., 2022). Den framtagna metodiken inkluderar beräkningar för klimatpåverkan från skogsbruk, både vad gäller biogent kolupptag till skogsekosystemen och vad gäller utsläpp av fossila växthusgaser i samband med skogsbruk.

2 Syfte

Syftet med denna studie har varit att applicera de metoder som tagits fram inom MDF för att beräkna biogen och fossil klimatpåverkan från det skogsbruk som bedrivs inom Sveaskogs produktiva skogar i olika delar av Sverige, i jämförelse med motsvarande värden för all produktiv skogsmark i motsvarande landsdel.

3 Metodik

3.1 Översikt

Skogsbruk planeras och genomförs med en helhetssyn. Systemavgränsningen för beräkningar av hållbarhetsindikatorer för skogsbruk är därför generellt en skogsbrukares hela skogsinnehav. Beräkningar görs inte för enstaka, avverkade bestånd. Som skogsbrukarens hela skogsinnehav räknas i denna studie all produktiv skogsmark, inklusive frivilliga avsättningar av produktiv skog till andra ändamål än virkesproduktion. Formellt avsatta områden där markägaren har fått ersättning inkluderas ej. Det skall här påpekas att Sveaskog har stora arealer formellt skyddade områden som inte ersatts ekonomiskt. Dessa Sveaskogs formellt skyddade områden har ändå inte inkluderats i beräkningarna. Impediment är undantagna från skogsbruksåtgärder enligt skogsvårdslagen och inkluderas därför inte i denna studie. Positiva och negativa hållbarhetsaspekter allokeras jämnt över en viss skogsbrukares hela volym av producerad skogsråvara inom relevant geografiskt område samt under en viss tidsperiod. Beräkningarna i denna studie görs med en geografisk uppdelning på landsdelarna Götaland, Svealand, södra och norra Norrland.

En grundläggande princip i den metodik som tagits fram inom MDF har varit att påverkan från skogsbruk som bedrivs av en skogsägare relateras till ett referensscenario (Mattsson m. fl., 2022). Referensscenariot utgörs av ett representativt tillstånd i den omgivande geografiska regionen under en relevant tidsperiod. I denna studie relateras tillståndet och förändringarna i Sveaskogs skogar till det representativa tillståndet och förändringar i den landsdel där skogsbestånden befinner sig. Utifrån denna princip används som referensscenarier beräkningar utgående från statistik som omfattar all produktiv skogsmark i respektive landsdel, exklusive skogsmark inom formellt skyddade områden. För jämförbarhet görs beräkningarna per areal produktiv skog.

I denna rapport redovisas endast resultat för klimatpåverkan. De beräkningar som används följer den metodik som används inom Sveriges internationella klimatrapporering, till klimatkonventionen FCCC (Naturvårdsverket, 2021) samt till EU. Metodiken beskrivs av IPCC (Penman et al., 2003; von Arnold et al., 2005).

3.2 Avgränsningar

Beräkningarna omfattade klimatpåverkan från skogsbruk fram till avlägg av skogsråvara vid väggkant. Klimatpåverkan från kolupplagring i skogsindustriella produkter (HWP) omfattades ej, eftersom slutlig användning av skogsråvaran inte var känd. Detta medförde även att klimatpåverkan från substitution av fossila råvaror inte heller inkluderades. Beräkningarna omfattade den klimatpåverkan som uppstår inom Sveriges gränser. Beräkningarna speglade dagens skogsbruk, givet en viss tidsperiod som används inom skoglig statistik.

3.3 Ingångsdata

Ingångsdata för övergripande beräkningar för all produktiv skog i de olika landsdelarna hämtades främst från Skogsdata och Riksskogstaxeringens databas, men även från Skogsstyrelsens databas. Så långt möjligt gäller uppgifterna för produktiv skogsmark utanför formellt avsatta områden. I de flesta fall gäller statistiken årliga medelvärden för en femårsperiod, med centrerat år 2019.

Information om Sveaskogs skogsbruk erhöles i två olika Excel-filer, som har förmedlats av Karin Ågren, Skogforsk. Beräkningarna vad gäller Sveaskogs produktiva skogar baserades på dessa uppgifter, med några få undantag som redovisas i metodbeskrivningen nedan. De flesta uppgifterna för det skogsbruk som bedrivs av Sveaskog gällde för år 2020.

3.4 Beräkningar av biogen klimatpåverkan

Biogen klimatpåverkan definieras som den klimatpåverkan som uppstår till följd av förändringar av olika kolförråd i skogsekosystemen. Dessa kolförråd delas upp på

1. Levande biomassa
2. Död biomassa
3. Markkol

Årliga förändringar av kolförråden beräknades för den levande och döda biomassan samt kolförråden i marken uppdelat i mineral- och organogena (torv) jordar. Beräkningarna har beskrivits i detalj (Karlsson m. fl., 2021). Nedan ges en översiktlig beskrivning samt eventuella avvikelser från tidigare metodbeskrivningar.

3.4.1 Levande biomassa

Beräkningarna av förändringar av kolförråden i den levande biomassan inkluderade biomassa både ovan och under jord. Inom IPCC finns en standardmetod för att beräkna förändringar av kolinnehåll i den levande biomassan baserat på förändringar i virkesförrådet (Penman m fl, 2003). Metoden har anpassats till svenska förhållanden av von Arnold m. fl. (2005) och är i grunden densamma som används inom klimatrapporteringen. Den har dock förenklats så att den utgår från det samlade virkesförrådet i ett trädbestånd, istället för som inom klimatrapporteringen diameter i brösthöjd hos individuella träd.

Upptag av kol i trädens levande biomassa (ΔCG , ton C år^{-1}) beräknades som:

$$\Delta CG = I_v * BEF_1 * (1+R) * D * CF * A$$

Där I_v är den årliga förändringen av volymen av virkesförrådet ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$), BEF_1 är en "biomass expansion faktor", d. v. s. en faktor som skall omvandla från stambiomassa till total ovanjordisk biomassa (dimensionslös), R är en kvot rotbiomassa/ovanjordisk biomassa (dimensionslös), D är densiteten hos biomassan (ton torrsvikt m^{-3}), CF är "carbon fraction", d v s andelen kol av torrsvikten hos biomassan (ton ton^{-1}), A är arealen (ha). ΔCG multipliceras slutligen med 3,6 för att uttrycka förändringen i kolförråden som koldioxidekvivalenter, CO_{2e} .

För applikation till svenska förhållanden föreslår von Arnold m fl (2005) att termerna för beräkning av total biomassa, $BEF_1 * (1+R)$, ersätts med en faktor BEF_2 , vilken beräknas för respektive trädslag från Marklunds biomassafunktioner.

Förändringen i virkesförrådet beräknades som den årliga bruttotillväxten subtraherat med den årliga totala avverkningen samt subtraherat med den årliga naturliga avgången. Beräkningarna omfattade alla trädslag och alla beståndsåldrar. Den totala avverkningen omfattade slutavverkning, gallring, röjning samt övrig avverkning.

Beräkningar av förändringar av den levande biomassan baserat på förändringar i virkesförrådet innebär att avverkning antas ske som helträdsuttag och därmed att GROT antas som 100% uttaget från skogsekosystemet i samband med avverkning.

3.4.2 Död biomassa

Beräkningarna omfattade död ved, men inte förna och inte markens organiska humusskikt. Sistnämnda innebär att kvarlämnad GROT inte inkluderades i beräkningarna av förändringar i förrådet död biomassa. Detta skiljer sig mot metodiken i Sveriges klimatrapportering, där förna och markens organiska skikt inkluderas i den döda biomassan. Död ved definierades här som stammar med en längd av minst 1,3 m och en diameter av minst 10 cm i den smala ändan.

I den skogliga statistiken för landsdelar finns uppgifter om förekommande volymer av död ved i olika nedbrytningsstadier för olika år, beräknat som centrerade 5-års medelvärden. Detta innebär att förändringarna av död ved över tid kan beräknas. Sådana beräkningar gjordes för respektive landsdel för perioden 2009 - 2019, för att i viss mån undvika påverkan från stormen Gudrun 2005. För Sveaskogs marker fanns endast uppgifter om de aktuella förråden av död ved i olika nedbrytningsstadier i olika landsdelar, men ingen information om förändringar över tid. För att lösa detta applicerades den beräknade årliga procentuella förändringen av död ved även för Sveaskogs bestånd i respektive landsdel. Detta innebär ett antagande om att volymerna död ved på Sveaskogs marker förändrades i samma takt som de övergripande volymerna död ved i respektive landsdel.

Förändringar av kolinnehållet i död ved ovan mark beräknades baserat på skattningar av volymsförändringar av olika kategorier av död ved, som sedan multiplicerades med konstanter som tar hänsyn till den döda vedens nedbrytningsstadium (Tabell 1). Inom den skogliga statistiken för landsdelar publiceras information om volymerna död ved utifrån två olika nedbrytningsstadier, hård död ved definierad som bestående av 0-10% mjuk ved, och delvis nedbruten ved, definierad som 10-100% mjuk ved. I statistiken från Sveaskog omfattar kategorin "hård död ved" det som benämns "Träd som nyligen dött och ännu inte börjat torka" samt "Solid död ved". Kategorin "delvis nedbruten ved" omfattar vad Sveaskog benämner " Något nedbruten ved", " Långt nedbruten ved" samt " Mycket långt nedbruten ved".

Tabell 1. Uppgifter om densiteten och kolinnehåll i död ved i olika nedbrytningsstadier. Från Ågren m. fl., 2021).

Densiteter, torrsvikt	Enhet: ton/m ³			
	Tall	Gran	Björk	medel
Hård ved	0,40	0,38	0,47	0,42
Nedbruten ved	0,28	0,24	0,24	0,25
Kolinnehåll	Enhet: fraktion			
	Tall	Gran	Björk	medel
Hård ved	0,50	0,49		0,50
Nedbruten ved	0,51	0,50		0,51

3.4.3 Markkol

Förändringar i förråden av markkol beräknades utifrån emissionsfaktorer i kombination med summerade arealer skogsmark av olika slag. De kategorier skogsmark som användes var

1. Beskogad mineraljord
2. Beskogad torvmark (organogen mark) med fungerande diken
3. Beskogad torvmark (organogen mark) med ej fungerande diken

Uppgifter om arealer för olika markslag för olika landsdelar hämtades från Björheden (2020).

De emissionsfaktorer som användes för olika markslag hämtades från Skogsstyrelsen (2021). Vi har i denna studie, i brist på annan information, antagit att alla beskogade torvmarker var näringsfattiga.

Emissionsfaktorerna som använts redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Emissionsfaktorer som användes för olika markslag. Emissionsfaktorerna har ett 100-årigt tidsperspektiv. Källa: Skogsstyrelsen, 2021.

Emissionsfaktorer torvmark	ton CO_{2e} ha⁻¹, år⁻¹	positivt värde= avgång
	Fungerande diken	Ej fungerande diken
Södra Sverige, näringsfattigt	4,6	3,2
Norra Sverige, näringsfattigt	0,2	0,3
Emissionsfaktorer mineraljord	ton CO_{2e} ha⁻¹, år⁻¹	
Södra Sverige	-0,09	
Norra Sverige	0,08	

3.5 Beräkningar av fossil klimatpåverkan

Skattningarna av utsläpp av fossila växthusgaser följde i stort den metodik som tagits fram av Ågren m. fl (2021). I vissa fall anges utsläpp baserat på en mindre förbrukning av olja. Vi har som en approximation översatt detta till förbrukning av diesel. Vi har vidare antagit att skördare och skotare drivs till 20% med biodrivmedel där emissionerna sätts till noll. Vi har vidare antagit att en liter diesel vid förbränning ger upphov till 2,54 kg CO₂.

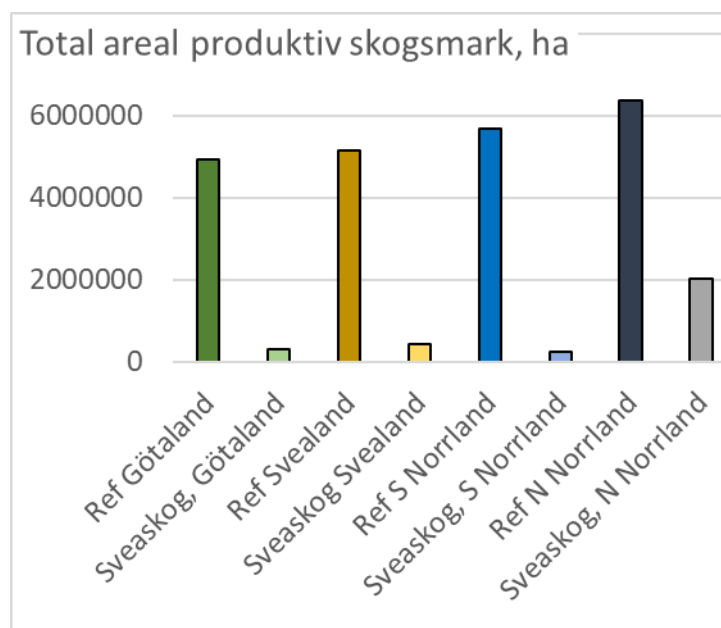
4 Resultat

4.1 Arealer produktiv skogsmark

I Figur 1 visas de totala arealer produktiv skogsmark som ingått i beräkningarna för respektive landsdel samt Sveaskogs innehav i respektive landsdel.

- Sveaskogs innehav som andel av totala arealen produktiv skogsmark var störst för Norra Norrland

Figur 1. Totala arealer produktiv skog som ingått i beräkningarna totalt för respektive landsdel ("Ref") samt Sveaskogs innehav i respektive landsdel.

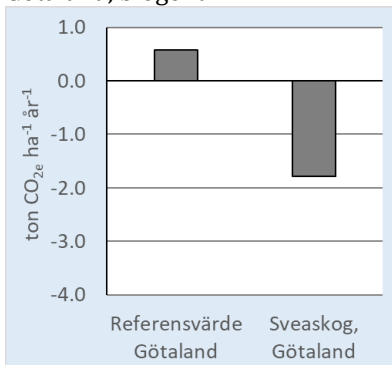


4.2 Övergripande resultat biogen och fossil klimatpåverkan

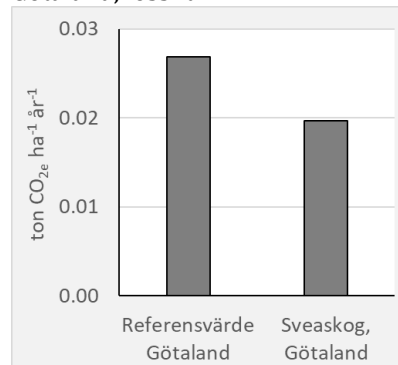
I Figur 2 visas övergripande värden för biogen och fossil klimatpåverkan per areal skogsmark, för Sveaskogs innehav av produktiv skog samt referensvärden för den totala arealen produktiv skog i respektive landsdel.

- Upptag respektive avgång av CO₂ var som absoluta värden i storleksordning 50 - 100 gånger högre för biogen klimatpåverkan, jämfört med fossil klimatpåverkan.
- I alla landsdelar skedde ett upptag av CO₂ till skogsekosystemen i Sveaskogs produktiva skogar i storleksordning 1 - 2 ton CO₂ ha⁻¹ år⁻¹.
- Summerat för all produktiv skog i respektive landsdel skedde en avgång av CO₂ från ekosystemen i Götaland och Svealand, medan det skedde ett upptag i södra och norra Norrland
- Det beräknade upptaget av CO₂ var högre för Sveaskogs produktiva skogar, jämfört med beräknade värden för all produktiv skog i respektive landsdel, vad gäller Götaland, Svealand och norra Norrland, medan det var lägre i södra Norrland.
- I alla landsdelar, förutom södra Norrland, var de arealbaserade fossila utsläppen något lägre i Sveaskogs skogar, jämfört med landsdelarna i stort.

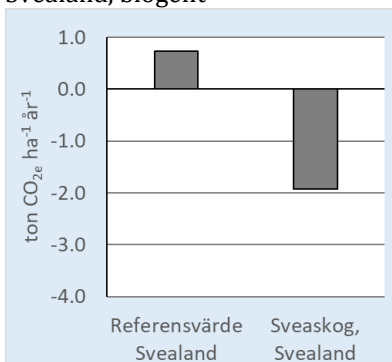
Götaland, biogent



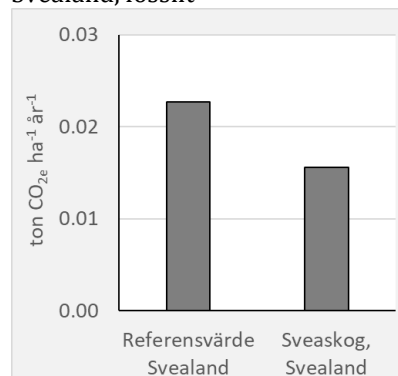
Götaland, fossilt



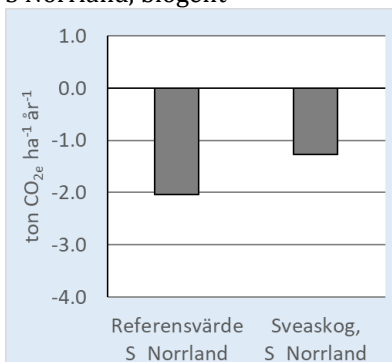
Svealand, biogent



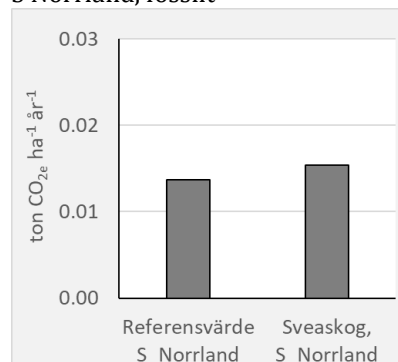
Svealand, fossilt



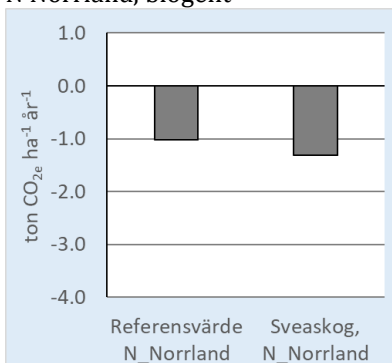
S Norrland, biogent



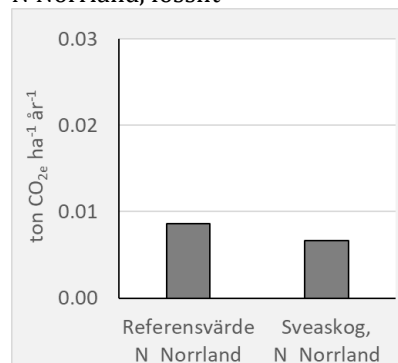
S Norrland, fossilt



N Norrland, biogent



N Norrland, fossilt



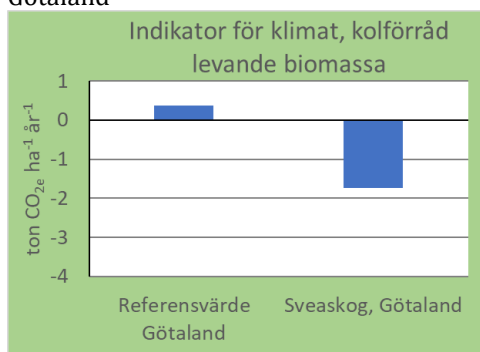
Figur 2. Biogen och fossil klimatpåverkan per areal skogsmark, för Sveaskogs innehav av produktiv skog och referensvärden för den totala arealen produktiv skog i respektive landsdel. Ett positivt värde = avgång till atmosfären; negativt värde = upptag från atmosfären till skogen. Den areal som relateras till i beräkningarna är den totala arealen produktiv skogsmark.

4.3 Detaljerade resultat för biogen klimatpåverkan

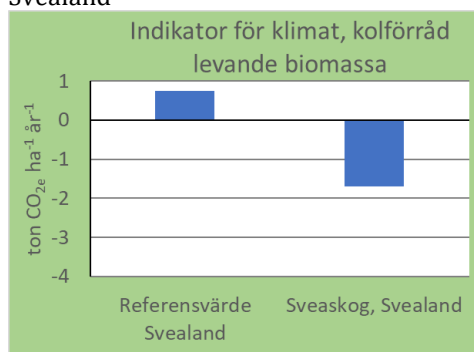
I Figurerna 3 - 6 visas detaljerade resultat för biogen klimatpåverkan per areal skogsmark, för Sveaskogs innehav och referensvärden för all produktiv skog i respektive landsdel.

- Biogen klimatpåverkan dominerades av förändringar i den levande biomassan.
- I alla landsdelar skedde en ökning av den levande biomassan i Sveaskogs produktiva skog, medan det vad gäller all produktiv skog i respektive landsdel skedde en minskning i Götaland och Svealand och en ökning i södra och norra Norrland.
- Ökningen av den levande biomassan per areal skogsmark var större i Sveaskogs bestånd jämfört med landsdelarna i stort, förutom i södra Norrland där det omvända gällde.
- Det skedde en ökning av kolförråden i död biomassa, mer i södra jämfört med norra Sverige, och ungefär lika mycket i Sveaskogs bestånd jämfört med landsdelarna i stort.
- Det skedde en ökning av kolförråden i mineraljorden i söder, men en minskning i norr, med ungefär lika stora förändringar i Sveaskogs bestånd, som i landsdelarna i stort.
- Det skedde en avgång av CO₂ från beskogade torvmarker i söder men i mindre utsträckning i norr.
- Avgången av CO₂ från beskogade torvmarker i Götaland och Svealand var lägre för Sveaskogs marker jämfört med landsdelarna i stort.

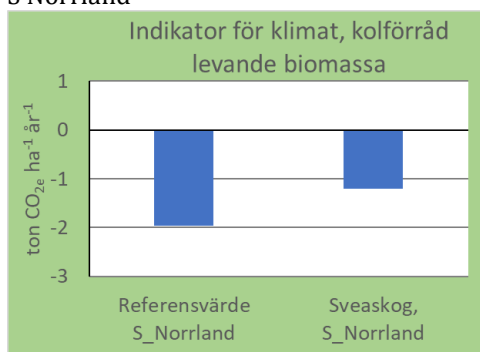
Götaland



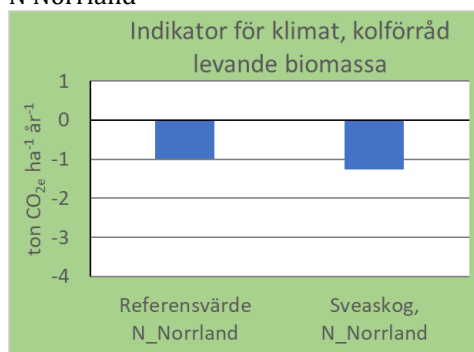
Svealand



S Norrland

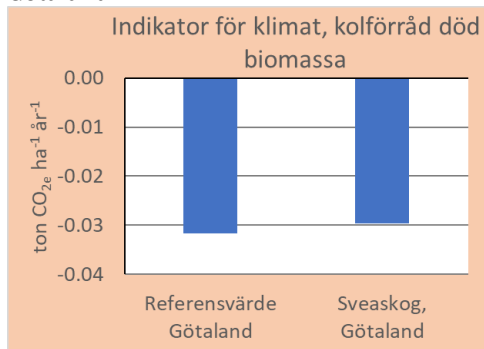


N Norrland

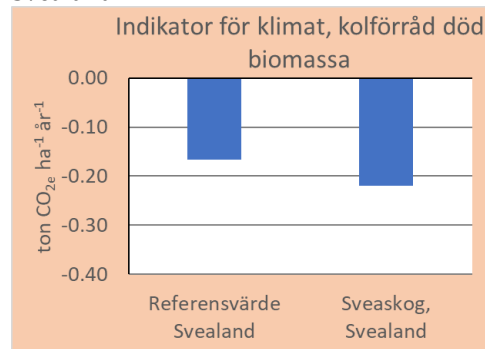


Figur 3. Värderna biogen klimatpåverkan genom förändringar av kolförråden i den levande biomassan per areal skogsmark, för Sveaskogs innehav och referensvärden för all produktiv skog i respektive landsdel. Ett positivt värde = avgång till atmosfären; negativt värde = upptag från atmosfären till skogen. Den areal som relateras till är den totala arealen produktiv skogsmark.

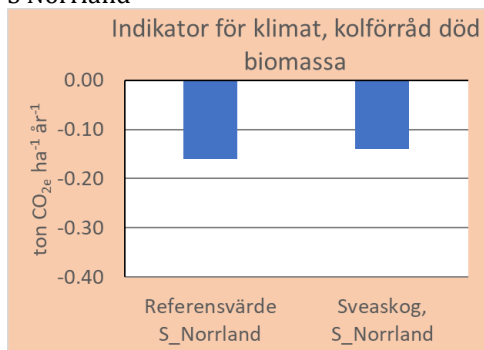
Götaland



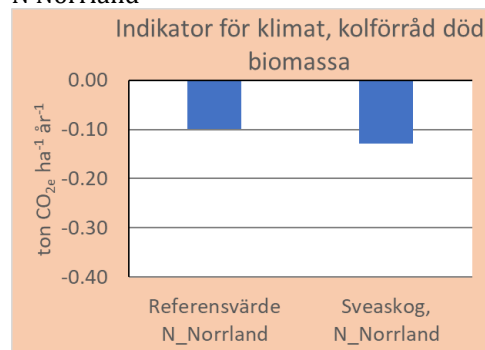
Svealand



S Norrland

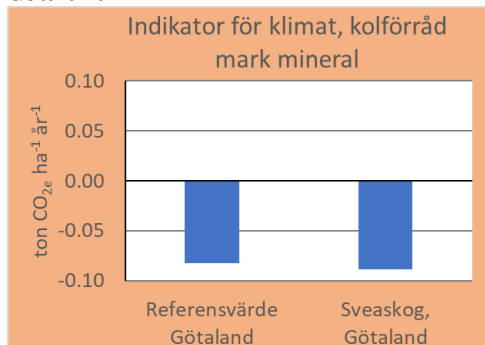


N Norrland

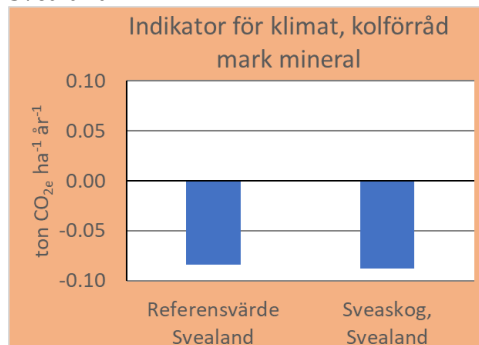


Figur 4. Värden biogen klimatpåverkan genom förändringar av kolförråden i död biomassa per areal skogsmark, för Sveaskogs innehav och referensvärden för all produktiv skog i respektive landsdel. Ett positivt värde = avgång till atmosfären; negativt värde = upptag från atmosfären till skogen. Den areal som relateras till är den totala arealen produktiv skogsmark.

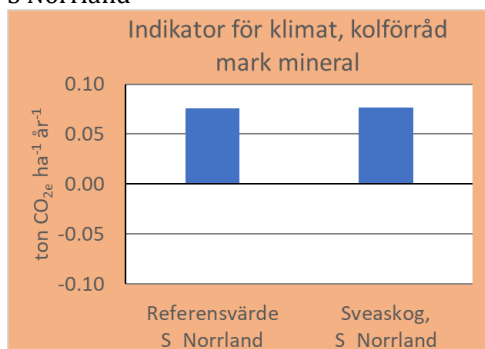
Götaland



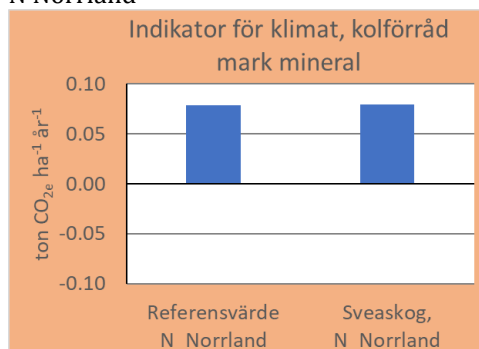
Svealand



S Norrland

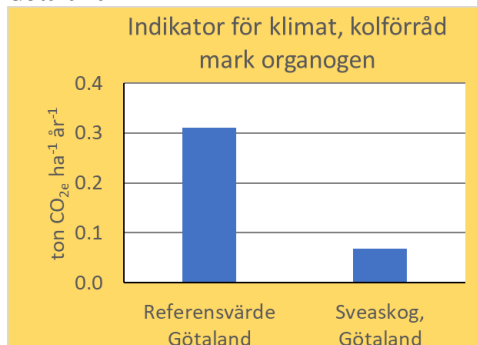


N Norrland

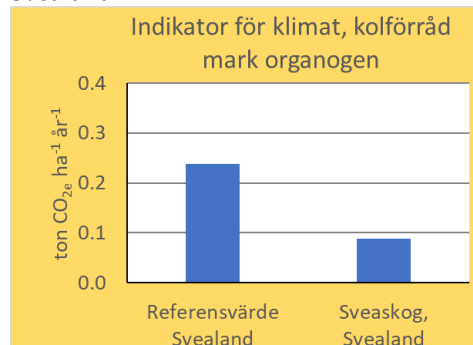


Figur 5. Värden biogen klimatpåverkan genom förändringar av kolförråden i markkol i mineraljorden per areal skogsmark, för Sveaskogs innehav och referensvärden för all produktiv skog i respektive landsdel. Ett positivt värde = avgång till atmosfären; negativt värde = upptag från atmosfären till skogen. Den areal som relateras till är den totala arealen produktiv skogsmark.

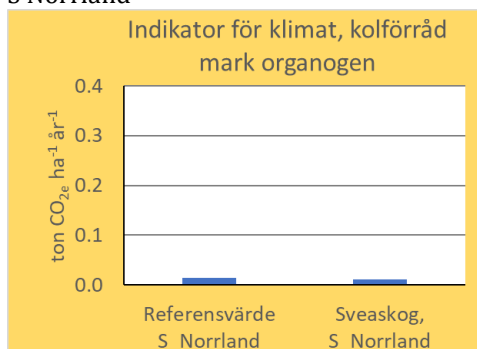
Götaland



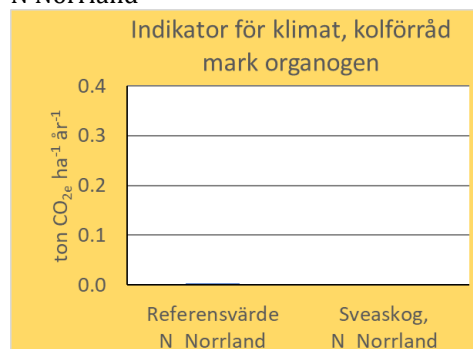
Svealand



S Norrland



N Norrland



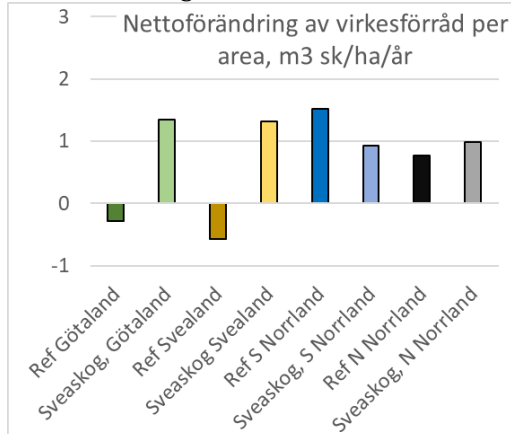
Figur 6. Värden biogen klimatpåverkan genom förändringar av kolförråden i markkol i beskogade torvmarker per areal skogsmark, för Sveaskogs innehav och referensvärden för all produktiv skog i respektive landsdel. Ett positivt värde = avgång till atmosfären; negativt värde = upptag från atmosfären till skogen. Den areal som relateras till är den totala arealen produktiv skogsmark.

4.4 Detaljerade resultat för förändringar av den levande biomassan

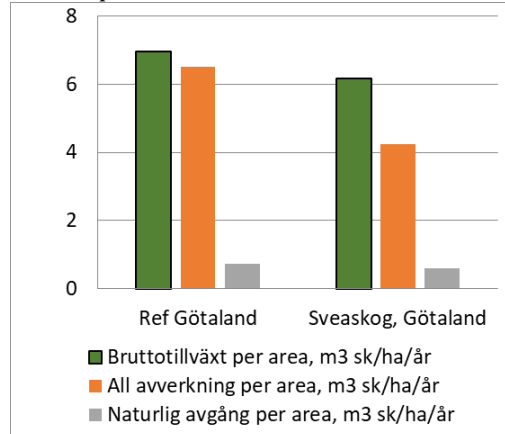
I Figur 7 visas detaljerade resultat vad gäller förändringar i den levande biomassan per areal skogsmark, för Sveaskogs innehav och referensvärden för all produktiv skog i respektive landsdel.

- Minskningen av kolförråden i den levande biomassan i Götaland och Svealand berodde i huvudsak på att avverkningen låg nära bruttotillväxten samt att det fanns en betydande naturlig avgång.
- Ökningen av kolförråden i den levande biomassan i Sveaskogs bestånd i Götaland och Svealand berodde på att avverkningen låg avsevärt lägre jämfört med bruttotillväxten.
- Ökningen av kolförråden i den levande biomassan i södra och norra Norrland berodde i huvudsak på att avverkningen var lägre än bruttotillväxten, samt i viss mån att den naturliga avgången var låg, vilket gällde både landsdelarna i stort samt Sveaskogs innehav.

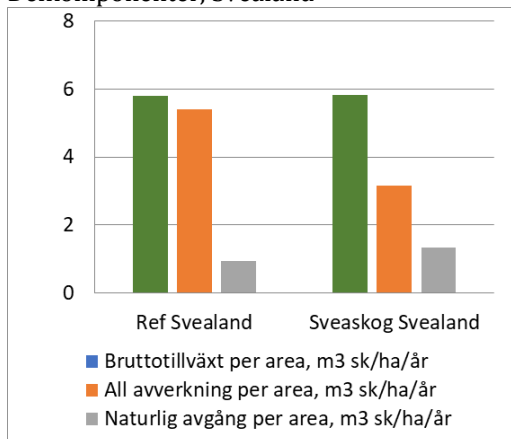
Nettoförändring av virkesförrådet, alla landsdelar



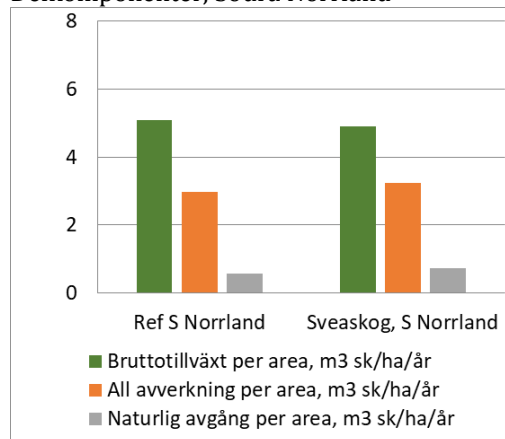
Delkomponenter, Götaland



Delkomponenter, Svealand

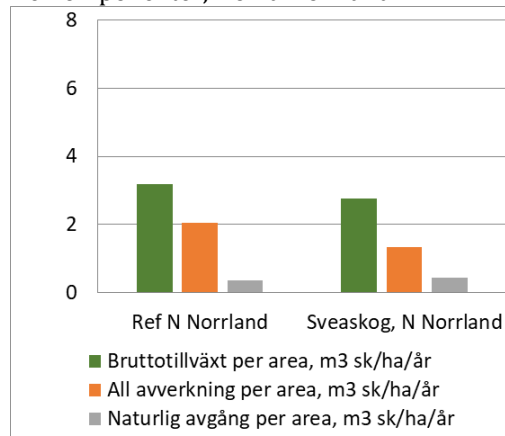


Delkomponenter, Södra Norrland



Figur 7. Värderna för delkomponenter som påverkar förändringen i kolförråden i den levande biomassan. Värderna visas för nettoförändring av virkesförrådet, bruttotillväxt, total avverkning samt naturliga avgångar, separat för landsdelarna i stort (referensvärde) samt för Sveaskogs innehav i de olika landsdelarna. Den areal som relateras till är den totala arealen produktiv skogsmark.

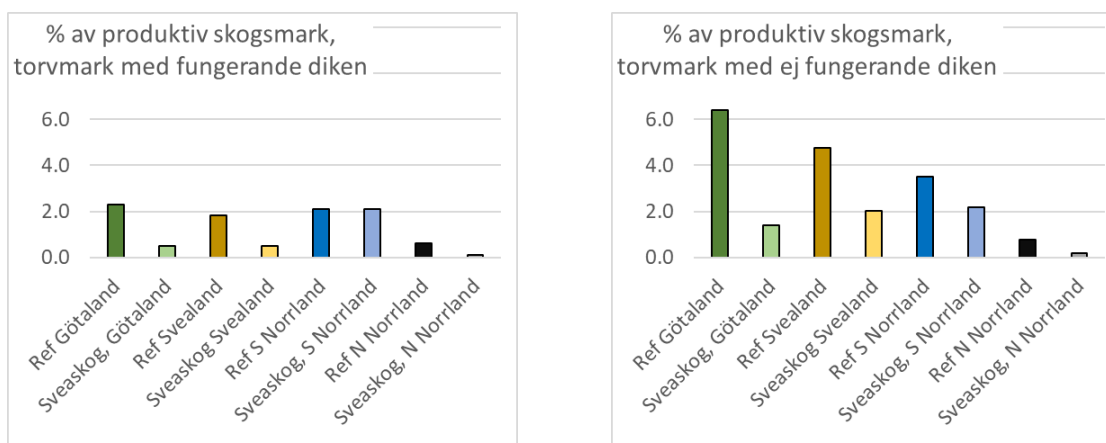
Delkomponenter, Norra Norrland



4.5 Detaljerade resultat för förändringar av markkol i beskogade torvmarker

- Utifrån rapporterade värden, fanns en mindre andel av den produktiva skogen på torvmarker vad gäller Sveaskogs produktiva skogar, jämfört med den produktiva skogen i landsdelarna i stort
- Dessa skillnader var likartade vad gäller torvmarker med och utan fungerande diken, med undantag av södra Norrland där andelen med fungerande diken var densamma i Sveaskogs produktiva skogar jämfört med landsdelen i stort.

Uppgifterna om produktiv skog på torvmark skall behandlas med försiktighet, eftersom uppgifterna är osäkra för landsdelarna i stort och definitionen av fungerande diken kan skilja sig åt.



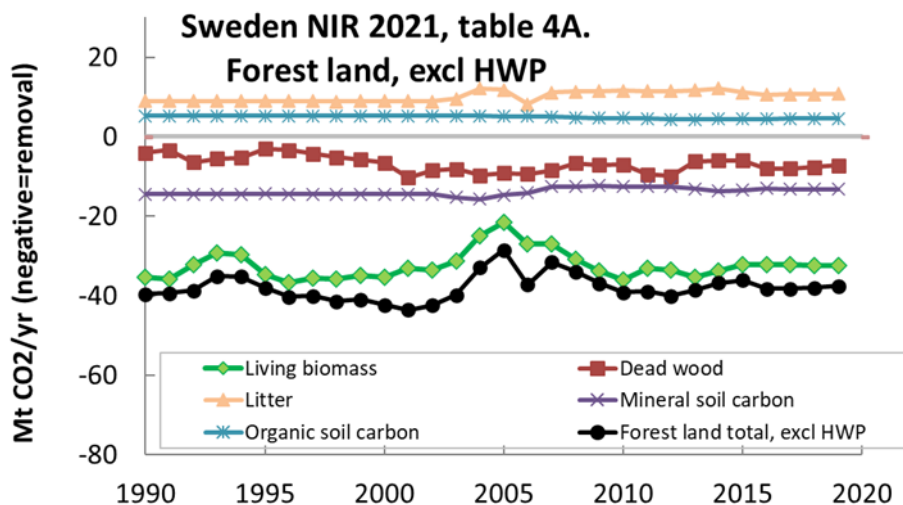
Figur 8. Värden för procentuell andel av den produktiva skogen som står på torvmarker, separat angivet för fungerande respektive ej fungerande diken. Värden visas separat för landsdelarna i stort samt för Sveaskogs innehav i de olika landsdelarna. Den areal som relateras till är den totala arealen produktiv skogsmark.

5 Kommentarer till resultaten

Resultaten från skattningarna av biogent och fossil klimatpåverkan från skogsbruk dominerades av de förändringar som beräknas för kolförråden i den levande biomassen. Detta överensstämmer med tidigare erfarenheter vad gäller till exempel att beräkna klimatavtryck från skogsindustriella produkter (dessa studier genomförs oftast som uppdrag och kan därför inte refereras till). Det överensstämmer även med de nationella värden som anges för markanvändningssektorn inom svensk klimatrapportering (Naturvårdsverket, 2021, Figur 9).

Den beräknade ökningen av kolförråden i den levande biomassen per areal skog var större för den produktiva skogen som ägs av Sveaskog, jämfört med motsvarande beräknade värde för all produktiv skog i respektive landsdel, med undantag av södra Norrland. Detta berodde främst på att den totala avverkningen för Sveaskogs skogar låg avsevärt lägre jämfört med bruttotillväxten. En möjlig förklaring till detta kan vara att den frivilliga avsättningen av skog för andra ändamål än virkesproduktion är större i Sveaskogs skogar, jämfört med de produktiva skogarna i respektive landsdel i stort.

Skillnader i resultaten mellan södra och norra Norrland vad gäller Sveaskogs produktiva skog skall behandlas med försiktighet eftersom det kan finnas skillnader i den geografiska uppdelningen mellan den nationella skogliga statistiken och den geografiska uppdelning som används i Sveaskogs statistik.



Figur 9. Årligt upptag av växthusgaser till olika delar av den brukade skogen i Sverige, "forest land remaining forest land", fram till år 2019. Ett negativt värde indikerar ett upptag från atmosfären. Källa: "National Inventory Report", NIR, Sveriges submission till rapportering till FNs klimatkonvention" (UNFCCC), 2021, "Common Report Format", CRF tabell 4a. Med "HWP" menas kolupplagring i produkter.

De största osäkerheterna vad beträffar beräkningarna av biogen och fossil klimatpåverkan ligger sannolikt i skattningarna av avgångarna av CO₂ från de beskogade torvmarkerna. En orsak är att uppdelningen mellan torvmarker med fungerande respektive ej fungerande diken är osäkra. Vidare skiljer sig emissionsfaktorerna åt vad gäller avgången av CO₂ från de beskogade torvmarkerna beroende på om markerna är näringsrika eller ej (Skogsstyrelsen, 2021). I brist på information har vi i denna studie antagit att alla beskogade torvmarker var näringsfattiga.

En ytterligare osäkerhet ligger i att beräkningarna för närvarande inte inkluderar tillförseln av biomassa till förna och humusskikt till kolförrådet "död biomassa", vilket bland annat medför att vi gör antagandet att all avverkning sker som helträdsuttag (det vill säga att all GROT tas ut från skogen). Den årliga avverkade arealen är dock relativt sett liten och det framgår ovan (Figur 4) att förändringar av kolförråden i död biomassa sannolikt har en liten betydelse vad gäller beräkningar av den totala biogena klimatpåverkan.

Beräkningarna av klimatpåverkan som gjorts i denna studie avser dagens situation i skogsbruket, vilket omfattar medelvärden för några års tidsperiod, beroende på statistik. Skogsbruket kan dock påverkas av tillfälliga händelser såsom stormarna Gudrun 2005 och Per 2007 samt den torra sommaren 2018 som bland annat gav upphov till omfattande angrepp av granbarkborre under påföljande år. För att uppnå en mer representativ bild av skogsbrukets klimatpåverkan bör beräkningarna omfatta längre tidsperioder, kanske upp till ett par decennier. Beräkningarna skulle även kunna omfatta förutsägelser för olika alternativ vad gäller den närmaste framtida utvecklingen.

6 Tack

Vi riktar ett tack till Sveaskog för att vi har fått möjlighet att ta del av deras skogliga uppgifter som underlag för denna studie. Vi tackar Karin Ågren, Skogforsk, för att ha förmedlat de skogliga uppgifterna från Sveaskog.

7 Referenser

- Björheden, R. 2020. Sveriges torvmarker. Skogforsk.
- Griscom, B.W. et al. 2017. Natural climate solutions. PNAS 114, 11645–11650.
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1710465114
- Karlsson, P.E., Mattsson, E., Nilsson, Å., Erlandsson, M., Holmström, H., 2021. Indikatorer för hållbarhetsbedömningar av svenskt skogsbruk. IVL rapport C 612. ISBN nr978-91-7883-327-6.
- Mattsson, E., Erlandsson, M., Karlsson, P.E., Holmström, H. 2022. A conceptual landscape-level approach to assess the impacts of forestry on biodiversity. Sustainability, 14, 4214.
<https://doi.org/10.3390/su14074214>
- Naturvårdsverket, 2021. National Inventory Report Sweden 2021.
- Naturvårdsverket, 2022. Förslag för ökade kolsänkor i skogs- och jordbrukssektorn. ISBN 978-91-620-7059-5. Rapport 7059. Augusti 2022.
- Nilsson, Å., Karlsson, P.E., Andrén, J., Neuwirth, J., Mattsson, E., Erlandsson, M., Holmström, H. 2022. Visualisering av råvaruflöden och hållbarhet för framtida svenskt skogsbruk Från skog till produkt. IVL rapport C706. ISBN nr 978-91-7883-423-5.
- Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Kryg, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Wagner, F. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC. ISBN 4-88788-003-0.
- Regeringskansliet, 2021. Reviderad LULUCF-förordning. Faktapromemoria 2020/21:FPM138. Miljödepartementet. 2021-08-31.
- Skogsstyrelsen, 2021. Klimatpåverkan från dikad torvtäckt skogsmark – effekter av dikesunderhåll och återvätning. Rapport 2021/7
- von Arnold, K., Hånell, B., Stendahl, J., Klemedtsson, L. 2005. Greenhouse gas fluxes from drained organic forestland in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 20, 400 – 411.
- Ågren, K., Högbom, L., Johansson, M., Wilhelmsson, L. 2021. Datainsamling till underlag för livscykelanalyser (LCA) av det svenska skogsbruket. Skogforsk ARBETSRAPPORT 1086–2021. ISSN 1404-305X.