

MISSUPPFATTNINGAR KRING ANVÄNDNINGEN AV SKOGSBIOMASSA FÖR ATT BEGRÄNSA KLIMATFÖRÄNDRINGAR

I många artiklar och i media hörs uttalanden^{1,2} om klimateffekterna av att använda biomassa från skogen för energiändamål. Vissa uttalanden återspeglar missuppfattningar. Därför har IEA Bioenergi ställt samman tio viktiga fakta om användningen av skogsbiomassa och hur den kan begränsa klimatförändringar.

1. Bioenergi från skog är inte per definition koldioxidneutral. Bedömningar om växthusgasutsläpp måste inkludera såväl utsläpp från biomassautvinning som påverkan på skogens kapacitet som kollager.

Bioenergi sägs ibland vara koldioxidneutral i den mening att det kol som frigörs vid förbränning av biomassa (biogena koldioxidutsläpp) är kol som tidigare har tagits upp från atmosfären och bundits i biomassan. Växande biomassa, till exempel träd, kommer sedan åter att binda kol från atmosfären.

Men begreppet koldioxidneutralitet är inte entydigt, det används på olika sätt i olika sammanhang. För att få en heltäckande bild av hur bioenergi kan påverka halterna av växthusgaser i atmosfären måste man inkludera det biogena kolet. Det måste redovisas om utvinningen av biomassa leder till minskade kollager i skogarna eller påverkar skogens kapacitet som kolsänka. Bedömningarna måste dessutom ta hänsyn till utsläpp längs hela värdekedjan: produktion, bearbetning, transport och användning av bioenergi.

Slutligen bör scenarierna jämföras med scenarier där energin kommer från andra källor. Då kan nettoeffekten av bioenergi-användning (inklusive utvinning, bearbetning och transport) på växthusgasutsläppen beräknas.

2. Nationella beräkningar av växthusgasutsläpp antar inte att skogsbiomassa är koldioxidneutral.

Sättet att beräkna nationella växthusgasutsläpp har kritiserats för att innehålla ett kryphål eftersom bioenergi ”kan räknas som koldioxidneutralt”. Detta stämmer inte. I underlag för nationella inventeringar av växthusgasutsläpp rapporteras avverkning av skogar för alla ändamål, inklusive bioenergi, som ett koldioxidutsläpp inom markanvändningssektorn.³ Koldioxidutsläpp från förbränning av biomassa räknas därmed inte i energisektorn eftersom det skulle innebära dubbelräkning.

Således finns varken något bokföringsfel i rapporteringen eller något utsläpp som förbises. Bioenergi antas inte heller vara koldioxidneutralt. Om uttag av bioenergi leder till att skogarnas kollager minskar eller tillväxten saktar ner, återspeglas det i de nationella beräkningarna.⁴ Användningen av bränsle i värdekedjan räknas inom energisektorn i det land där bränslet används, vilket gäller för alla handelsvaror, inklusive energibärare.

Ett land som importerar biomassa för energiändamål rapporterar inga utsläpp; det är exportlandet som rapporterar utsläppen inom markanvändningssektorn. Förhållandet kan betraktas som ett sätt för det importerande landet att outsourca utsläpp utanför landets gränser. En stor andel av utsläppen i samband med produktion av varor som konsumeras i Europa rapporteras till

1. Några exempel: BBC News, 23 februari 2017: “Most energy schemes are a ‘disaster’ for climate change”; EASAC (pressmeddelande), 10 september 2019: “EASAC’s Environmental Experts call for international action to restrict climate-damaging forest bioenergy schemes”; The Guardian, 16 december 2019: “Converting coal plants to biomass could fuel climate crisis, scientists warn”; EASAC (pressmeddelande), 26 augusti 2020: “Emissions Trading System: Stop Perverse Climate Impact of Biomass by Radically Reforming CO₂ Accounting Rules”

2. Några exempel: Brack, D. (2017) Woody biomass for power and heat: Impacts on the global climate. Environment, Energy and Resources Department, Chatham House; Searchinger, T.D. m.fl. (2018) Europe’s renewable energy directive poised to harm global forests. Nature communications, 9 (1), pp.1-4; Sterman, J.D. m.fl. (2018) Does replacing coal with wood lower CO₂ emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy. Environmental Research Letters, 13 015007; Norton, M. m.fl. (2019) Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy. GCB Bioenergy, 11 (11), pp.1256-1263.

3. Sektorerna jordbruk, skogsbruk och annan landanvändning förkortas AFULO (Agriculture, Forestry and Other Land Use) av UNFCCC.

4. Under åren 2013-2020 (Kyotoprotokollet) rapporterade bara ett fåtal länder sina växthusgasutsläpp. Från och med 2020 kommer alla parter i Parisavtalet att inkludera markanvändningssektorn i sina nationella rapporter.

exempel av Kina, där tillverkningen av varorna sker.⁵ För handelen med biomassa för bioenergiändamål finns regelverk för att undvika detta.⁶ EU:s förnybarhetsdirektiv, RED II, ställer krav på att skogsbiomassa bara får komma från platser där lagar och förvaltningssystem reglerar utvinningen så att den sker på ett sätt som säkerställer skogars återväxt och upprätthåller eller långsiktig stärker skogarnas kollager och kapacitet att fungera som kolsänkor.⁷ Som exempel kan nämnas EU:s import av träpellets från USA. Uppgifter visar att de skogsbestånd varifrån biomassan till pelletsframställningen hämtas stadigt växer,⁸ och att det specifika uttaget enbart utgör en mindre del av avverkningen.⁹

3. Bedömning av klimatpåverkan från användning av skogsbiomassa måste göras på landskapsnivå.

En skogsfastighet förvaltas i allmänhet som ett antal bestånd med träd i olika åldrar som skördas successivt för att kunna ge en jämn tillgång på träprodukter. När ett skogsbestånd avverkas tar det tid innan samma mängd kol som var bundet i de fullvuxna träden kan bindas av nya fullvuxna träd på samma plats. Bedömningar av klimatpåverkan från enskilda bestånd, där beräkningar görs med avverkningen som startpunkt, visar på ett initialt tillskott av koldioxid. Den typen av bedömningar innebär att det dröjer en tid innan den skogsbaserade bioenergin kan bidra till nettominskningar av koldioxid i atmosfären, särskilt i skogar med långa rotationscykler.

Koldioxidförlusterna i avverkade bestånd balanseras av koldioxidvinster (tillväxt) i andra bestånd. Det innebär att kollagret är stabilt på landskapsnivå, dvs den skala i vilken skogarna förvaltas. Storleken på kollager i skogslandskap beror på en rad biofysiska faktorer: mark- och klimatförhållanden, tidigare och nuvarande förvaltningssystem, samt händelser som stormar, bränder och insektsutbrott. För att kunna kvantifiera klimatpåverkan från avverkning av skog för energiändamål och andra produkter måste man fastställa vilka effekter avverkningen har på kollager på landskapsnivå.

Bedömning på landskapsnivå synliggör dynamiken i skogen som system; det kan visa effekterna av skötsel och avverkning i ljuset av faktisk eller förväntad efterfrågan på bioenergin. Med landskapsperspektivet går det att identifiera hur skogens totala kollager påverkas av specifika förändringar i skogsbruket. Om till exempel uttag av träd och skogsrester ökar, eller rotationscyklerna för träd kortas, kan det leda till en långsiktig minskning av skogens kollager och kapacitet att agera som kolsänka, vilket minskar klimatnyttan.

Men en ökad efterfrågan på bioenergi och andra produkter från skogen skulle också kunna stimulera förändringar i skogsbruket som ökar både skogens kollager och kapaciteten som kolsänka. Det kan till exempel vara förbättrade metoder för beredning av skogsmarken, att blanda träd i olika åldrar på samma plats eller på olika sätt minska riskerna för skogsbränder eller angrepp av skadedjur och sjukdomar.

4. Så länge skogens produktivitet bibehålls är skogsbiomassa en förnybar energikälla.

Skogsbiomassa är förnybar om den avverkas från skogar som förvaltas så att produktionskapaciteten inte går förlorad. Det innebär att tillväxt och därmed kapacitet att binda kol bevaras över tid och att rotationscykler får överlappa varandra. Hållbart skogsbruk är nyckeln till att bevara friska och produktiva skogar. Biomassa från avskogningsområden bör inte betraktas som förnybar.

5. Bioenergins klimatpåverkan kan inte baseras enbart på utsläpp av växthusgaser vid förbränning.

När biomassa ersätter kol som råvara hävdas det ibland att koldioxidutsläppen per producerad MWh ökar. Förhållandet mellan värmevärdena för trä och kol är dock ungefär samma som förhållandet mellan kolhalterna för desamma, vilket innebär att bränslena har ungefär samma koldioxidemissionsfaktor.

Dessutom påverkar biomassans bränsleegenskaper (fukthalt, malbarhet, värmevärde) samförbränningssystemens energieffektivitet. I stora kolkraftverk kan energieffektiviteten minska några procent eftersom det bildas mer rökgaser per GJ bränsle. Det ökar de så kallade rökgasförlusterna. Men när samförbränningsförhållandet är lågt (<10%) påverkas vanligtvis inte energieffektiviteten så mycket. Bränsletyp (både kol och biomassa) spelar också roll. För exempelvis kol med ett förhållandevis lågt värmevärde kan samförbränning av biomassa öka pannans och därmed hela kraftverkets effektivitet. Det gäller särskilt om biomassan är torrefierad, det vill säga att den har fått hög energitätet genom en särskild behandling. Resultatet beror också på de ändringar som görs när kraftverken anpassas till användningen av biomassa, till exempel investeringar i uppgraderingar av ångturbiner och internt utnyttjande av överskottsvärme för att torka biomassan).

Ännu viktigare att påpeka är att en jämförelse av utsläppen vid förbränning inte visar vilken effekt övergången från fossila

5. Se exempelvis Chen, Q. m.fl. (2019) *Processing trade, foreign outsourcing and carbon emissions in China. Structural Change and Economic Dynamics*, 49, pp.1-12.

6. EU:s Förnybarhetsdirektiv, *Renewable Energy Directive II (RED II)*, L 328/97, punkt 102: "...skörden, trots den ökade efterfrågan på biomassa från skogsbruk, sker på ett hållbart sätt i skogar där förnygring säkerställs (...)"

7. EU:s Förnybarhetsdirektiv, *Renewable Energy Directive II (RED II)*, L 328/131-132, Artikel 29, §§ 6-9.

8. Woodall, C. m.fl. (2015) *The U.S. Forest Carbon Accounting Framework: Stocks and Stock Change, 1990-2016*. USDA Forest Service, Newtown Square.

9. Dale, V. m.fl. (2017). *Status and prospects for renewable energy using wood pellets from the southeastern United States*. GCB Bioenergy.

bränslen till biomassa har på koncentrationen av växthusgaser i atmosfären. Här finns en grundläggande skillnad: förbränning av fossila bränslen släpper ut kol som har varit bundet i marken i miljontals år – förbränning av biomassa släpper ut kol som är en del av den biogena kolcykeln. Användningen av fossila bränslen innebär alltså att kol flyttas över en systemgräns till biosfären/atmosfären där den totala mängden kol ökar. Biomassaanvändning är i stället en del av kretsloppet inom biosfären/atmosfären systemgränser. Om skogens kollager förblir konstanta finns det ingen nettoöverföring av kol till atmosfären.

I stället för att jämföra växthusgasutsläpp vid förbränning, måste biogena kolflöden och fossila växthusgasutsläpp längs hela bioenergisystemets livscykel jämföras med växthusgasutsläpp i ett referensscenario där andra energikällor än bioenergi används. Dessutom måste såväl positiva som negativa indirekta effekter på markanvändning och användning av fossila bränslen beaktas.

6. Klimatförändringarna med biomassa består även om den transporteras långa sträckor

I jämförelse med energiinnehållet i bioenergiprodukter är mängden fossil energi som används i samband med odling, bearbetning och transport mm. av biomassa i allmänhet liten, även vid längre transporter. Användningen av fossila bränslen i samband med odling och bearbetning av träpellets motsvarar till exempel 2,5–15 g CO₂/MJ.¹⁰ Transport av pellets mellan Nordamerika och Europa ökar utsläppen från värdekedjan med upp till 5 g CO₂/MJ.¹¹ I jämförelse är växthusgasutsläppen i livscykel för stenkol ca 112 g CO₂/MJ. Att transportera produkter med ursprung i hållbar biomassa förtar således inte klimatförändringarna.

7. Ett långsiktigt systemskifte från fossilt kol till skogsbiomassa ger de minskningar av koldioxid i atmosfären som kan stabilisera klimatet.

Vissa artiklar påpekar att även om skogsbaserade bioenergisystem kan bidra till minskade koldioxidutsläpp på längre sikt, kan de kortsiktigt ge ökade utsläpp. De hävdar att återbetalningstiden, det vill säga tiden det tar innan effekten av åtgärder för att bromsa klimatförändringar kan räknas in, inte får ligga mer än ett decennium fram i tiden. Bioenergibaserade lösningar skulle därför inte gå att förena med klimatmålen eftersom återbetalningstiden är för lång.¹²

Dock råder det för det första fortfarande oenighet kring vilka metoder som ska användas för att beräkna återbetalningstid. Enligt

oss är det inte lämpligt med bedömningar som återger ett system som en strikt sekvens av händelser som sker isolerade och efter varandra (röjning, plantering, gallring och slutavverkning). I verkligheten och på landskapsnivå sker dessa händelser parallellt (se punkt 3). Beroende på vilken utgångspunkt som väljs längs sekvensen kommer resultaten för den typen av bedömningar på fristående bestånd att variera dramatiskt för samma system.

Sett till dynamiken i skogssystem är det svårt, men nödvändigt, att hitta ett sätt att beräkna återbetalningstid som är jämförbart med verkliga förhållanden. Vissa studier gör realistiska antaganden om detta, till exempel att skog planterad i kommersiellt syfte skulle lämnas orörd när det inte finns någon efterfrågan på bioenergi. Då förbiser man att skogsbiomassa som används för energiändamål i de allra flesta fall är en biprodukt av högvärdigt timmer.

Sambandet mellan nettoutsläpp, global uppvärmning och klimatstabilisering är komplext. IPCC:s rapport om konsekvenser av global uppvärmning med 1,5 grad¹³ visar flera alternativa scenarier där temperaturökningar stabiliserats på mellan 1,5 och 2°C. IPCC betonar att det behövs grundläggande förändringar i de stora samhällssektorerna för att nå målen om nettonollutsläpp av koldioxid, och i många scenarier finns ett behov av koldioxidinfångning. Deras slutsats av den vetenskapliga forskningen är att åtgärderna för förändring inte tvunget måste uppfylla specifika återbetalningstider.

Det allra viktigaste är att energi- och transportsystem måste utformas så att det fossila kolet lämnas kvar i marken. Att använda bioenergi och andra förnybara energikällor idag är en viktig åtgärd för att uppnå detta. Biomassa är en lagringsbar och flyttbar energikälla som kan användas i ett system med intermitterande förnybar energi, vilket stabiliserar och balanserar nätet. På längre sikt kommer biomassa sannolikt främst att användas i tillämpningar där det är särskilt svårt att ersätta kolbaserade bränslen, till exempel i flyget och i långa transporter till havs.

Biomassa kan också i allt högre grad komma att användas i tillämpningar som ger nettonegativa växthusgasutsläpp. I IPCC:s rapport kräver de flesta scenarier som ger klimatstabilisering vid +1,5 eller +2 °C på medellång till lång sikt en betydande tillämpning av tekniker för negativa utsläpp. Koldioxidlagring från bioenergi (eng. Bioenergy with carbon capture and storage, BECCS) är ett av de viktigaste tillgängliga teknikalternativen för att uppnå negativa utsläpp. Den fortsatta omvandlingen av befintliga kraftsystem kommer att bero på hur biobaserad teknik och annan teknik utvecklas för att möta framtida krav, inklusive utveckling av teknik för att tillhandahålla negativa utsläpp som inte baseras på biomassa.

10. När fossil energi används för att torka biomassa, vilket är ovanligt i moderna pelletsanläggningar, kan användningen uppgå till 25 g CO₂/MJ.

11. Giuntoli, J., Agostini, A., Edwards, R., Marelli, L. (2015) Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions. JRC Report EUR 27215 EN; Jonker, J.G.G., Junginger, M. and Faaij, A. (2014) Carbon payback period and carbon offset parity point of wood pellet production in the SouthEastern United States. *Global Change Biology Bioenergy*, 6 (4), pp.371-389.

12. Återbetalningstid är en svensk översättning av det engelska begreppet Payback time eller Payback period.

13. IPCC. (2018) Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V. m.fl. (red.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

Oron för utsläpp på kort sikt får inte hindra investeringar som bidrar till att minska nettoutsläppen efter 2030, vare sig det gäller uppskalning av batteritillverkningen för att skynda på fordonsflottans elektrifiering, utvecklingen av järnvägsnätet och distributionsystemen för biomassa-försörjning, eller innovativa biobaserade produkter och lösningar som ersätter fossila bränslen, cement och andra växthusgasintensiva produkter. Vi hävdar att det är viktigt att fokusera på utsläppen ur ett globalt perspektiv för att uppnå stabilisering av klimatet. Det sker bäst genom att kompromissa mellan mål för utsläppsminskningar på kort och lång sikt där så är möjligt. Ett starkt fokus på kortsiktiga koldioxidbalanser kan leda till beslut som gör långsiktiga klimatmål svårare att uppfylla.

8. Det krävs hållbarhetsstyrning för att säkerställa att skogsbiomassa för energiändamål bidrar positivt till klimatmålen och andra samhällsmål.

Vetenskapliga studier har visat att skogsbaserad bioenergi starkt kan bidra till att stabilisera klimatet. För att uppnå den fulla potentialen och minimera riskerna för negativa resultat behöver arbetet styras med hållbarhet som utgångspunkt. Många länder har strikta regler för tillämpning av hållbara metoder i skogsbruket.¹⁴ *Forest Stewardship Council* (FSC) och *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC) har definierat metoder för hållbart skogsbruk som används för att förvalta hundratals miljoner hektar skog globalt, men som borde användas mer allmänt. I flertalet länder och i EU har hållbarhetskrav tagits fram för att reglera villkoren för stöd till skogsbiomassa för energiändamål, till exempel i EU:s uppdaterade förnybarhetsdirektiv, RED II. För att subventionera bioenergi kräver förordningar i Nederländerna att naturskogar bevaras, biologisk mångfald upprätthålls, skogar återplanteras och skogars kollager bibehålls eller ökas på lång sikt. Myndigheter och certifieringsorgan övervakar att aktörer efterlever hållbarhetskraven.

9. Förvaltade skogar kan ge större klimatfördelar än skyddade skogar.

Att upphöra med skogsavverkning för att öka mängden inbundet kol har föreslagits som ett sätt att begränsa klimatförändringar. Det skulle också ge andra fördelar, till exempel skydd av biologisk mångfald. Skälen att skydda naturliga skogar är flera och i allmänhet goda. IPCC har dock påpekat att skogar som förvaltas genom ett hållbart uttag av virke, bioenergi och andra träprodukter kan bidra mer till att begränsa klimatförändringarna än skogar som enbart förvaltas för att bevaras. Det finns tre skäl till detta:

- Kapaciteten som kolsänka avtar i en skog när den närmar sig mognad. Produktionsskogar där tillväxten upprätthålls successivt har en högre kapacitet som kolsänka.
- Produkter från skogen ersätter fossila bränslen och andra växthusgasintensiva material.
- Skogar är känsliga för kolförluster orsakade av naturliga händelser som insektsangrepp eller skogsbränder, något som visat sig i bland annat Australien och Nordamerika. Aktivt och hållbart skogsbruk kan bidra till att öka den totala mängden inbundet kol, dels i skogens egna kollager, dels i träprodukter. Det minskar risken för kolförluster från skogen och kan minska användningen av fossila bränslen.

10. Förvaltade skogar har fler nyttor än bioenergi

Bilden som ofta sprids av hela skogsbestånd som avverkas för bioenergiändamål är missvisande. Skogsbiomassa för bioenergi kommer vanligtvis från skogar som förvaltas för flera ändamål, inklusive pappersmassa och sågtimmer, och som också tillhandahåller en rad olika ekosystemtjänster, till exempel förbättrad luftkvaliteten, vattenrening, markstabilisering och bevarande av biologisk mångfald.

Bioenergisystem är en del i de värdekedjor och processer som producerar virke, papper, kemikalier och andra produkter från skogen. Stammar som uppfyller kvalitetskrav blir värdefullt byggmaterial (virke och paneler) som kan ersätta koldioxidintensiva alternativ (betong, stål och aluminium). Restprodukter från skogsbruket (grenar, toppar, gallringsrester mm.) och virkesproduktionen (rester från bearbetningsprocesser) används som bioenergi.¹⁵ När bioenergi från skogsbiomassa ersätter fossila bränslen ökar klimatfördelarna med förvaltad skogsbruk.

14. 90 procent av världens tempererade skogar och barrskogar (taiga) ligger i länder som är del av den s.k. Montréal Process. 49 procent av den globala produktionen av rundvirke kommer från dessa länder.

15. Enviva, ett globalt energiföretag som specialiserat sig på hållbar bioenergi från skogen, anger att 17 procent av den råvara som levereras är rester från pappersbruk och resterande andel är skogsbiomassa. Skogsbiomassan utgörs inte av högvärdigt timmer utan är en mix av gallringsrester och stammar och grenar av låg kvalitet. Det är i linje med de källor för biomassa som enligt Matthews m.fl. (2018, se referenslista) identifierats som lågriskällor med låga växthusgasutsläpp.

Sammanfattning

Som förnybart bränsle kan energi från skogsbiomassa bidra till att begränsa klimatförändringarna. Biomassan bör användas effektivt och utvinnas från hållbart förvaltade skogar, där kollagren upprätthålls eller förbättras på regional eller nationell nivå.

Bioenergi från skogen kan bidra till energisektorns omvandling mot fossilfrihet. Dessutom är koldioxidlagring från bioenergi, så kallad BECCS, ett av de alternativ som kan ge negativa utsläpp, vilket sannolikt kommer att krävas för att uppfylla Parisavtalets mål om att begränsa den globala uppvärmningen till 1,5°C.

Att förvalta skogen så att kollagren upprätthålls eller ökar, samtidigt som skogen producerar virke, fibrer och energi, bidrar till att begränsa klimatförändringarna dels genom att binda koldioxid, dels genom att koldioxidintensiva material och fossila bränslen ersätts.

Texten har utvecklats av Göran Berndes, Annette Cowie, Luc Pelkmans och medlemmar i IEA Bioenergy Task 45 (<http://task45.ieabioenergy.com/>), ursprungligen på engelska. Den svenska översättningen har gjorts av f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel.



Läs mer

- Berndes, G. et al. (2016). Forest biomass, carbon neutrality and climate change mitigation. From science to policy, 3, p. 27.
<https://efi.int/publications-bank/forest-biomass-carbon-neutrality-and-climate-change-mitigation>
- Cintas, O. et al. (2017). Carbon balances of bioenergy systems using biomass from forests managed with long rotations: Bridging the gap between stand and landscape assessments. Global Change Biology Bioenergy.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcbb.12425>
- Cowie, AL. et al. (2017). Response to Chatham House report “Woody Biomass for Power and Heat: Impacts on the Global Climate”. IEA Bioenergy.
https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2017/03/Chatham_House_response_supporting-doc.pdf
- Dale, VH. et al. (2017). How is wood-based pellet production affecting forest conditions in the southeastern United States? Forest Ecology and Management, Volume 396, pp. 143-149.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112717300063?via%3Dihub>
- Dale, VH. et al. (2017). Status and prospects for renewable energy using wood pellets from the southeastern United States. GCB Bioenergy, Volume 9, Issue 8, pp. 1296-1305.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcbb.12445>
- Fingermaier, KR. et al. (2019). Opportunities and risks for sustainable biomass export from the southeastern United States to Europe. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, Volume 13, Issue 2, Special Issue: Sustainable international bioenergy trade to support the growing bioeconomy, pp. 281-292.
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bbb.1845?casa_token=IJOxklukCOYAAAAA%3A_x9e9Wv0hR-Mjc8n79tXZfcwh18oNui03VbUj5uxKvFs5YIOmvmkETVbkOksigp1Uh8aRL7gq7WVCihaR
- IEA Bioenergy (2018). Is energy from woody biomass positive for the climate?
https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/01/FAQ_WoodyBiomass-Climate_final-1.pdf
- IEA Bioenergy (2013). On the timing of greenhouse gas mitigation benefits of forest-based bioenergy.
<https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/On-the-Timing-of-Greenhouse-Gas-Mitigation-Benefits-of-Forest-Based-Bioenergy.pdf>
- IEA Bioenergy Task 38 (2013). Answers to ten frequently asked questions about bioenergy, carbon sinks and their role in global climate change.
https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/13_task38faq.pdf
- Jonker, JGG., Junginger, M. Faaij, A. (2014). Carbon payback period and carbon offset parity point of wood pellet production in the Southeastern United States. GCB Bioenergy, Volume 6, Issue 4, pp. 371-389.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcbb.12056>
- Koponen, K. et al. (2017). Quantifying the climate effects of bioenergy – Choice of reference system. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 81, Part 2, pp. 2271-2280.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117309759>
- Matthews, R., Hogan, G., Mackie, E. (2018). Carbon impacts of biomass consumed in the EU: Supplementary analysis and interpretation for the European Climate Foundation.
<https://www.drax.com/wp-content/uploads/2019/10/CIB-Summary-report-for-ECF-v10.5-May-20181.pdf>
- Schweinle, J. et al. (2018). Simulation of forest-based carbon balances for Germany: a contribution to the “carbon debt” debate. WIREs Energy and Environment, Volume 7, Issue 1, e260.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wene.260>