

Executive summary

BILTRAFIKENS KLIMATPÅVERKAN PÅ VÄG MOT KLIMATNEUTRALITET

Maj 2022

Göran Berndes, Daniel Johansson och Johannes Morfeldt
Chalmers Tekniska Högskola

Julia Hansson och Sofie Hellsten
IVL Svenska Miljöinstitutet

FÖRNYBARA DRIVMEDEL OCH SYSTEM 2018-2021

Ett samverkansprogram mellan Energimyndigheten och
f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel

FÖRORD

Denna executive summary har skrivits för ett projekt inom samverkansprogrammet Förnybara drivmedel och system, projektnummer 50434-1. Projektet har finansierats av Energimyndigheten och f3 – Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel.

Energimyndigheten arbetar på regeringens uppdrag med energiomställningen till ett modernt, hållbart, fossilfritt välfärdssamhälle och stödjer forskning om förnybara energikällor, smarta elnät och framtidens fordon och bränslen.

f3 är en nätverksorganisation som fokuserar på utveckling av miljömässigt, ekonomiskt och socialt hållbara förnybara drivmedel. f3 finansieras gemensamt av centrets parter och Västra Götalandsregionen. Chalmers Industriteknik fungerar som värd för centret. Kansliet vid f3 utgör programkansli för samverkansprogrammet Förnybara drivmedel och system. (se www.f3centre.se)

Denna publikation ska citeras enligt följande:

Göran Berndes, Julia Hansson, Sofie Hellsten, Daniel Johansson, Johannes Morfeldt (2022) *Biltrafikens klimatpåverkan på väg mot klimatneutralitet (Executive summary)*. Publ. nr FDOS 50:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkansprogram/>

Resultat från detta och anslutande projekt presenteras i följande publikation:

Göran Berndes, Julia Hansson, Sofie Hellsten, Daniel Johansson, Johannes Morfeldt (2022) *Biltrafikens klimatpåverkan på väg mot klimatneutralitet*. Publ. nr FDOS 49:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>

Vetenskapliga artiklar kopplade till projektet har också publicerats:

Morfeldt, J., Davidsson Kurland, S. & Johansson, D.J.A. (2021). *Carbon footprint impacts of banning cars with internal combustion engines*. Transportation Research Part D 95 (2021) 102807. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102807>

Petersson, H., Ellison, D., Appiah M.A., Berndes, G., Egnell, G., Lundblad, M., Lundmark, T., Lundström, A., Stendahl, J., Wikberg, P-E. (2022). On the role of forests and the forest sector for climate change mitigation in Sweden. GCB-Bioenergy, <https://doi.org/10.1111/gcbb.12943>

BILTRAFIKENS KLIMATPÅVERKAN PÅ VÄG MOT KLIMAT-NEUTRALITET

För att nå uppsatta mål för minskade växthusgasutsläpp i Sverige måste biltrafikens utsläpp minska betydligt. En ökad elektrifiering och inblandning av biodrivmedel i bensen och diesel har pekats ut som viktiga strategier för att få till stånd den omställning som krävs.

Vi har modellerat den svenska biltrafikens utveckling fram till 2060 för att visa hur omställning mot fossiloberoende och klimatneutralitet, dvs ett läge utan klimatpåverkande nettoutsläpp, kan uppnås i varierande grad genom minskad biltrafik, elektrifiering av bilparken och biodrivmedelsanvändning.

Biltrafikens koldioxidutsläpp och temperaturpåverkan beror på utvecklingen av flera aspekter: biltillverkning samt produktion och användning av el, bensen, diesel, och biodrivmedel, koldioxidutsläppens ursprung (användning av fossila råvaror eller biomassa), och utvecklingen inom den svenska skogssektorn som genom skogsbruket och produktionen av biodrivmedel och andra bio-baserade produkter påverkar kolinlagringen i skogen och skogsprodukter.

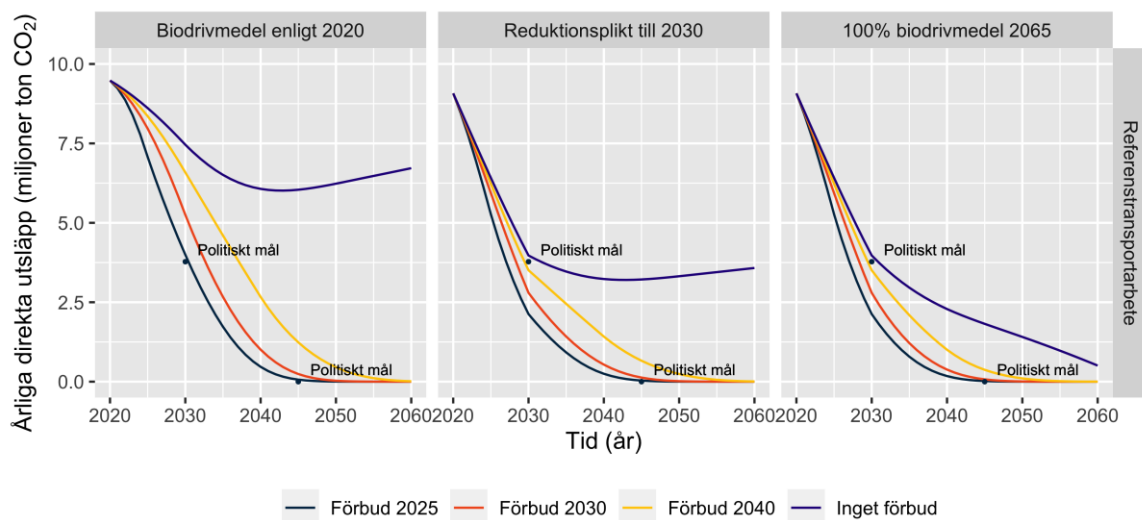
BÅDE ELEKTRIFIERING OCH ALTERNATIVA DRIVMEDEL BEHÖVS

Både biodrivmedelsanvändning och förbud mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotor kan ge betydande bidrag till att minska transportsektorns fossila koldioxidutsläpp i Sverige, och båda behövs för att nå nationella mål.

För att visa hur den svenska biltrafiken fossila koldioxidutsläpp (från avgasrören) fram till 2060 skulle kunna se ut till följd av omvärldsutveckling och olika åtgärder för att nå nationella mål i Sverige, har vi gjort antaganden om trafikvolymens utveckling, om och när ett förbud mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotor införs, utsläpp kopplat till el- och drivmedelsproduktion i Sverige och utomlands, samt hur inblandning av biodrivmedel i bensen och diesel utvecklas.

Figur 1 presenterar direkta koldioxidutsläpp (från bilarnas avgasrör) fram till 2060 för tre fall gällande biodrivmedelsanvändningen under perioden. Den svenska trafikvolymen utvecklas på samma sätt i de tre fallen medan förbud mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotor införs vid olika tidpunkter (eller inte alls):

1. *100% biodrivmedel 2065*: I det här fallet antas biodrivmedlens andel öka i linje med den beslutade reduktionsplikten (linjär ökning från 23% år 2019 till 59% år 2030) och därefter öka linjärt i en takt som innebär att andelen biodrivmedel når 100% år 2065.
2. *Reduktionsplikt till 2030*. Samma utveckling fram till 2030, men därefter ligger biodrivmedlens andel kvar på 2030-nivån under över resterande tidsperiod.
3. *Biodrivmedel enligt 2020*. I det här fallet ligger andelen biodrivmedel kvar på 2020 års nivå över hela den modellerade tidsperioden.



Figur 1. Fossila koldioxidutsläpp från bilarnas avgasrör i den svenska biltrafiken 2020–2060. Diagrammen belyser effekterna av tidpunkten för ett förbud mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotorer och andelen biodrivmedel som används. Det vägledande politiska målet till 2030 motsvarar en minskning av de årliga utsläppen med 70 % jämfört med 2010 och det vägledande politiska målet till 2045 motsvarar ett nollutsläpp. Målnivåerna visas med punkter i diagrammen.

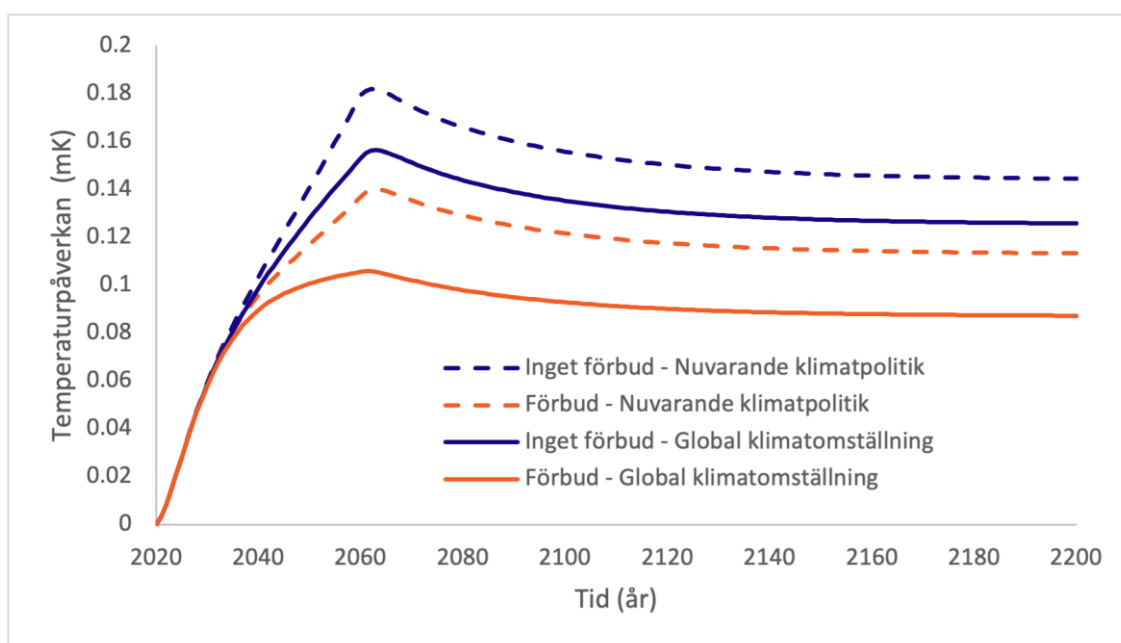
Sannolikt behövs det en kombination av försäljningsförbud och reduktionsplikt för att minska biltrafikens fossila koldioxidutsläpp i en omfattning som gör det möjligt att nå antagna politiska mål, speciellt med tanke på att det är svårt att förbjuda försäljning av nya bilar med förbränningsmotorer redan år 2025.

Men att kombinera ett tidigt försäljningsförbud med ambitiösa styrmedel för ökad användning av biodrivmedel skulle kunna minska bilarnas fossila koldioxidutsläpp mer än 70% fram till 2030. Den vägledande nivån för 2045, som ska vara nära noll, uppnås endast genom att kombinera ett tidigt förbud (år 2025 eller 2030) med ökande biodrivmedelsanvändning åtminstone fram till 2030. Utan ett förbud mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotor beror biltrafikens utsläpp av fossil koldioxid i mycket högre grad på hur inblandningen av biodrivmedel utvecklas över tid.

TEMPERATURPÅVERKAN AV BILTRAFIKENS UTSLÄPP AV FOSSIL KOLDIOXID

Biltrafikens temperaturpåverkan¹ beror inte bara på utsläppen från bilarnas avgasrör utan även på utsläpp kopplat till biltillverkning samt produktion och användning av drivmedel och el för laddning av elbilar.

Figur 2 visar temperaturpåverkan av den svenska biltrafikens *totala* utsläpp av fossil koldioxid 2020-2060, med och utan förbud mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotor år 2030. För båda fallen visas hur temperaturpåverkan beror på utvecklingen när det gäller utsläpp kopplat till biltillverkning samt produktion och användning av bränslen och el. *Nuvarande klimatpolitik* speglar en värld där nuvarande styrmedel fortsätter att gälla i framtiden medan *Global klimatomställning* speglar en värld där klimatåtgärder vidtas och nettonollutsläpp uppnås till år 2070.



Figur 2. Temperaturpåverkan av den svenska biltrafikens totala utsläpp av fossil koldioxid 2020-2060 med och utan förbud mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotor år 2030 och biodrivmedelsanvändning enligt fallet *Reduktionsplikt till 2030*. Utsläpp kopplat till biltillverkning samt produktion och användning av bensin, diesel och biodrivmedel, samt el för laddning av elbilar, ingår.

Temperaturpåverkan i de fyra fallen i Figur 2 skiljer sig åt alltmer och det är tydligt att både elektrifieringen av bilparken och en generell utveckling mot lägre koldioxidutsläpp inom biltillverkning samt produktion och användning av drivmedel och el (som antas i *Global klimatomställning*) bidrar

¹ Temperaturpåverkan kan förstås som en påverkan som leder till en liten avvikelse (ökning eller minskning) från de globala temperaturförändringar som sker i de mest ambitiösa scenarierna (SSP1-1.9 och SSP1-2.6) för framtida koncentrationer av växthusgaser i atmosfären som användes för klimatmodellering och forskning kopplat till IPCC:s sjätte utvärderingsrapport.

till att begränsa biltrafikens temperaturpåverkan. Efter 2060 finns en långsamt avtagande uppvärmningseffekt som beror på att fossil koldioxid som släpps ut fram till 2060 finns kvar i atmosfären under mycket lång tid. Lutningen på kurvorna ger en indikation av hur uppvärmningen skulle fortsätta att utvecklas efter 2060 om utsläppen ligger kvar på samma nivå som 2060.

TEMPERATURPÅVERKAN BEROR PÅ KOLDIOXIDUTSLÄPPENS URSPRUNG

Användning av bensin och diesel leder till att geologiskt lagrat kol hamnar i atmosfären som koldioxid och orsakar uppvärmning under hundratals år. Den globala medeltemperaturen ökar linjärt med kumulativa utsläpp av fossil koldioxid till atmosfären.

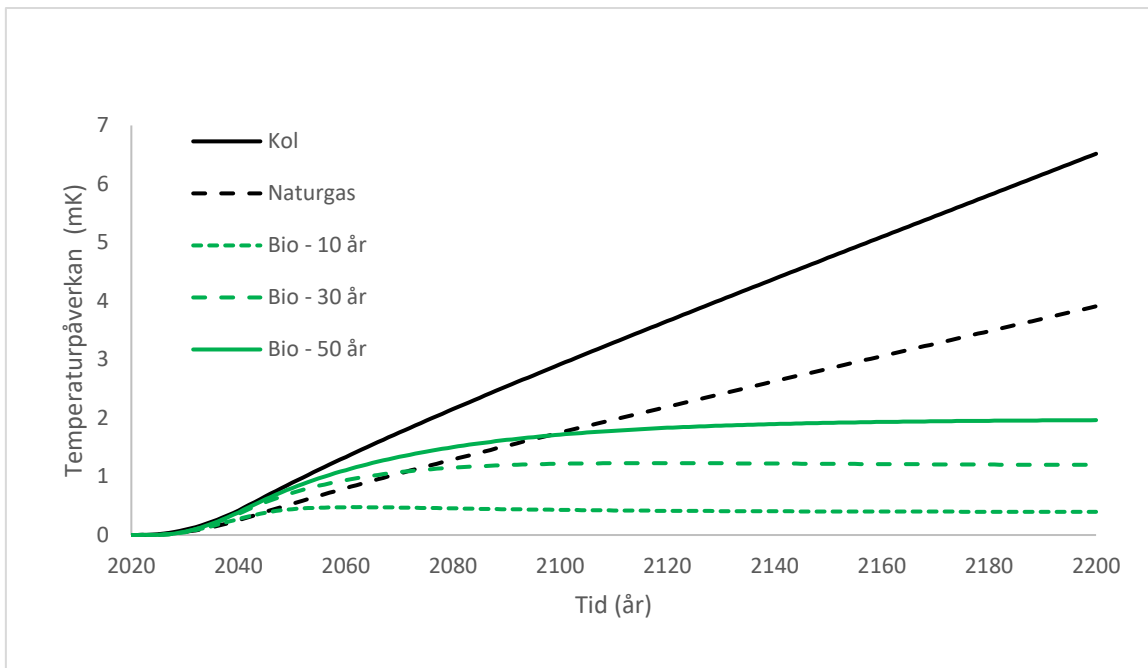
Vid användning av biodrivmedel finns inte samma linjära samband mellan den globala medeltemperaturen och den biogena koldioxid som släpps ut från bilarnas avgasrör. I stället bestäms temperaturpåverkan av hur produktion och användning av biomassa för biodrivmedelsproduktion påverkar mängden kol som finns lagrad i ekosystem och i biobaserade produkter, dvs det biogena kollagret.

BIOMASSANS OMSÄTTNINGSTID ÄR BETYDELSEFULL

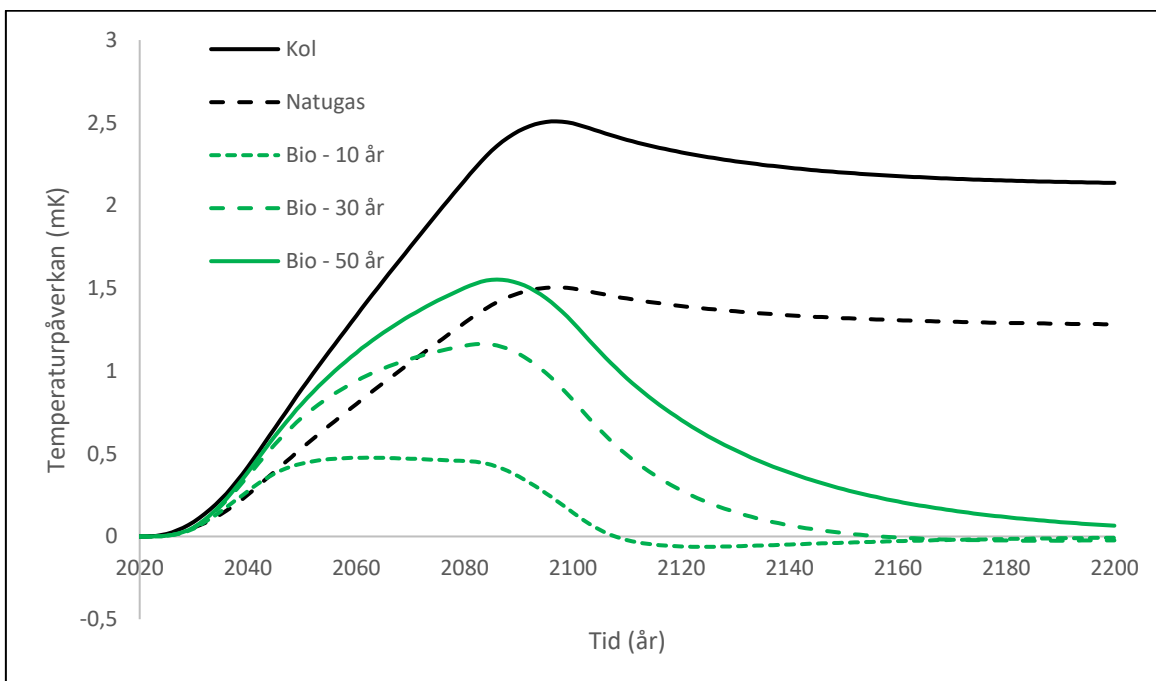
Figur 3 och Figur 4 visar hur den globala medeltemperaturen påverkas när samma energimängd fossilkol, naturgas och biomassa årligen används som energiråvara under perioden 2020–2200. För biomassa visas tre olika fall där skillnaden är att kolatomerna i biomassan skulle ha funnits kvar i det biogena kollagret olika lång tid om biomassan inte hade använts som energiråvara (biomassans omsättningstid). Exempel på biomassa med relativt kort omsättningstid är avverkningsrester som bryts ner snabbt i skogen och vedråvara som används för att producera papper som används under kort tid och därefter eldas upp eller förmultnar snabbt. Vedråvara som används för produktion av sågat virke och andra träprodukter som används i husbyggen är exempel på biomassa med relativt lång omsättningstid, eftersom husen har lång livslängd.

Figur 3 visar temperaturförändringen när användningen av fossilkol, naturgas och biomassa startar 2020 och växer linjärt fram till 2040 för att därefter ligga kvar på 2040-nivån ända fram till år 2200. I detta fall leder användningen av fossila bränslen till att temperaturen ökar linjärt med ackumulerade fossila koldioxidutsläpp. Däremot avstannar uppvärmningen som orsakas av att biomassa används som energiråvara eftersom det biogena kollagret efter en tid når en ny jämviktsnivå som bestäms av biomassans omsättningstid; ju längre omsättningstid desto mer minskar det biogena kollagret innan en ny jämvikt nås.

Figur 4 visar temperaturförändringen när användningen av fossilkol, naturgas och biomassa startar 2020 och växer linjärt fram till 2040, för att därefter ligga kvar på 2040-nivån fram tills 2080 då användningen minskar igen (linjärt) ner till noll år 2100. Uppvärmningsbidraget från fossilbränsleanvändning fram till 2100 är nästan detsamma år 2200, alltså hundra år efter att de fossila bränslena fasades ut. Temperaturpåverkan av bioenergianvändningen sjunker däremot tillbaka mot noll i en takt som beror på biomassans omsättningstid. Detta sker eftersom det biogena kollagret börjar öka igen när uttaget av biomassa för energiändamål börjar avta.



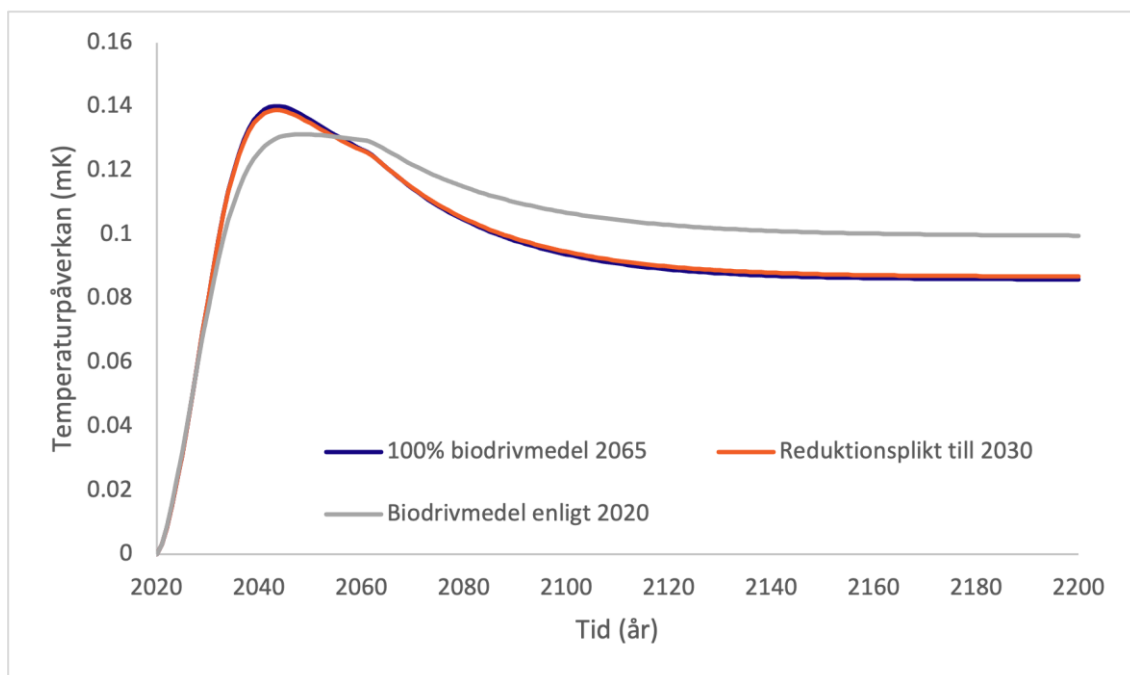
Figur 3. Påverkan på den globala medeltemperaturen när samma energimängd fossilkol, naturgas och biomassor med olika omsättningstid (10, 30 och 50 år) används årligen under perioden 2020-2200. Användningen startar 2020 och växer linjärt fram till 2040 för att därefter ligga kvar på 2040-nivån ända fram till år 2200.



Figur 4. Påverkan på den globala medeltemperaturen när samma energimängd fossilkol, naturgas och biomassor med olika omsättningstid (10, 30 och 50 år) används årligen under perioden 2020-2200. Användningen startar 2020 och växer linjärt fram till 2040, för att därefter ligga kvar på 2040-nivån fram tills 2080 då de minskar igen (linjärt) ner till noll år 2100.

BÅDE BIOGEN OCH FOSSIL KOLDIOXID PÅVERKAR

Figur 5 beskriver den svenska biltrafikens temperaturpåverkan när även påverkan av biodrivmedelsproduktion på det biogena kollagret beaktas. I de tre fallen som visas antas biodrivmedelsanvändningen utvecklas på samma sätt som i Figur 1, förbud införs mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotor år 2030 och omvärldsutvecklingen motsvarar scenariot *Global klimatomställning*. Bioråvarans omsättningstid antas vara 30 år. Biltrafikens temperaturpåverkan består alltså av (i) temperaturpåverkan av den svenska biltrafikens utsläpp av fossil koldioxid 2020–2060 som beskrivs av den röda heldragna linjen i Figur 2; och (ii) temperaturpåverkan av det biogena kollagrets förändring 2020–2200 som sker pga. att biomassa används för produktion av de biodrivmedel som används 2020–2060.



Figur 5. Temperaturpåverkan av den svenska biltrafikens utsläpp av fossil koldioxid 2020–2060 och förändringen av biogena kollagret 2020–2200 som sker då biomassa används för produktion av de biodrivmedel som används 2020–2060 i de tre fallen för biodrivmedelsanvändning som analyseras (Figur 1). I alla fallen antas att ett förbud mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotor införs år 2030 och omvärldsutvecklingen motsvarar scenariot *Global omställning*. Bioråvarans omsättningstid antas vara 30 år.

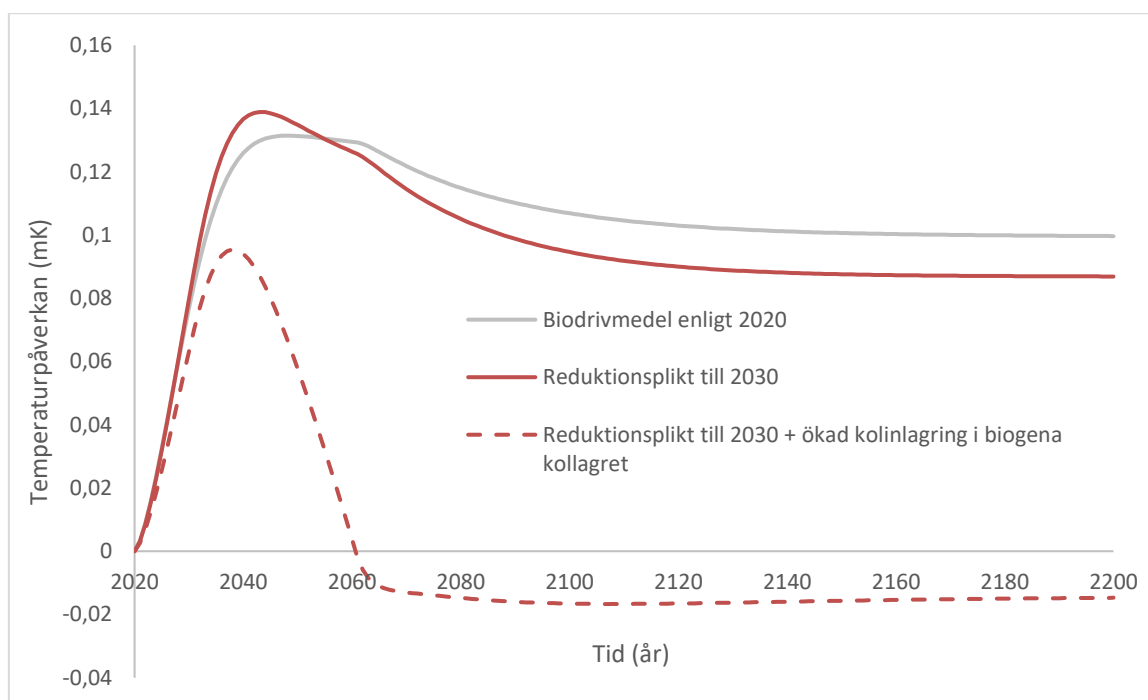
När mer biodrivmedel används ökar den globala medeltemperaturen inledningsvis, men blir på längre sikt lägre. Den högre uppvärmningen i den tidigare delen av perioden speglar minskningen av det biogena kollagret som följer av att mer biomassa används för produktion av biodrivmedel. Den lägre uppvärmningen på längre sikt beror på att uppvärmningen som sker pga. att biomassa används för biodrivmedelsproduktion börjar avta efter att biodrivmedelsproduktionen upphör 2060 (samma utveckling som visas i Figur 4). Den kvarvarande uppvärmningen, som avtar långsamt, be-

ror i ökande utsträckning på utsläppen av fossil koldioxid under perioden 2020–2060. När mer biodrivmedel används så är utsläppen av fossil koldioxid lägre och därför är också den långsiktiga uppvärmningen lägre. Eftersom elektrifieringen leder till att drivmedelsanvändningen avtar relativt snabbt så blir effekten av olika inblandningsgrad för biodrivmedel liten, speciellt på längre sikt.

SKOGSBRUKETS INRIKTNING KAN HA STOR BETYDELSE

Temperaturpåverkan av att använda biomassa för energiändamål beror inte bara på biomassans omsättningstid. Om skogsbruket och produktionen av andra skogsprodukter förändras parallellt med att mer skoglig biomassa används för energiändamål kan det leda till ytterligare förändring av det biogena kollagret och därmed ytterligare temperaturpåverkan.

För att synliggöra detta visar Figur 6 temperaturpåverkan i två av fallen i Figur 5 och i ett nytt fall – den streckade linjen. I det nya fallet ökar biodrivmedelsanvändningen som i fallet *Reduktionsplikt till 2030*, samtidigt som skogsbruket och produktionen av andra skogsprodukter förändras så att kolinlagringen i det biogena kollagret ökar.



Figur 6. Biltrafikens temperaturpåverkan för tre fall biodrivmedelsanvändning.

Nedkylningen som följer av den ökade kolinlagringen i skog och skogsprodukter dämpar uppvärmningen som orsakas av biltrafikens utsläpp 2020–2060. På längre sikt stabiliseras temperaturpåverkan kring en nedkylning vilket förklaras av att ökningen av det biogena kollagret 2020–2060 är lite större än biltrafikens samlade utsläpp av fossil koldioxid under samma period.

SAMSPelet MELLAN BIODRIVMEDEL OCH SKOGSSEKTORNS INRIKTNING BÖR UTREDAS VIDARE

Förbud mot försäljning av nya bilar med förbränningsmotor kan ge betydande bidrag till att minska transportsektorns fossila koldioxidutsläpp och nå politiska mål, men trögheter kopplat till hur snabbt bilparken förnyas begränsar elektrifieringstakten. Därför behövs även andra åtgärder, som krav på inblandning av alternativa drivmedel i likhet med nuvarande reduktionsplikt. Regleringar som anger maxnivåer för livscykelutsläppen för drivmedel och även nya bilar och/eller batterier kan ytterligare begränsa biltrafikens klimatpåverkan.

Den globala medeltemperaturen ökar linjärt med kumulativa utsläpp av fossil koldioxid från biltrafiken. Temperaturpåverkan av biodrivmedelsanvändning beror (utöver livscykelutsläppen) på hur produktion och användningen av biomassa för biodrivmedelsproduktion påverkar det biogena kollagret. I Sverige har vi sedan decennier en situation där både skogens kolförråd och biomassauttaget ur skogen ökar. Det innebär att skogssektorn bidrar till minskad uppvärmning genom kolinlagring i skog och skogsprodukter, och genom de substitutionseffekter som följer av att skogsprodukter ersätter andra produkter.

En övergång från importerade till inhemskt producerade bioråvaror och biodrivmedel kan minska risken för att ökad användning av biodrivmedel i Sverige ger oönskade effekter utomlands. Men samtidigt kan ett ökat biomassauttag ur Sveriges skogar leda till minskad kolinlagring i skogen och i andra skogsprodukter, samt minskad substitution utanför transportsektorn. Omvänt kan förväntningar kring en framtida ökad efterfrågan på biodrivmedel och andra skogsprodukter leda till investeringar i skogsbruksåtgärder som ger ytterligare ökad skogstillväxt och kolinbindning.

Jämförelsen av hur biltrafikens utsläpp respektive skogsbruket påverkar det biogena kollagret visar på kopplingarna mellan biodrivmedelsefterfrågan och den långsiktiga utvecklingen i skogen. Dessa samband kan vara av större betydelse än vilken sorts biomassa som används för biodrivmedelsproduktion. Vilka konsekvenser en förväntad framtida efterfrågan av skogliga biodrivmedel får, och hur det påverkar skogssektorns inriktning bör därför utredas vidare.

ENGLISH SUMMARY

To achieve the targets for reduced greenhouse gas (GHG) emissions in Sweden, road traffic emissions must be significantly reduced. Increased electrification and use of biofuels have been identified as important strategies. How will Sweden's climate impact depend on how different technologies and systems, related to passenger car travel, are developed?

GHG emissions and the temperature impact of Swedish passenger car travel from a life cycle perspective have been modeled and analyzed for a number of scenarios where the path to climate neutrality to varying degrees is based on electrification of the car fleet, biofuel use (including forest-based biofuels) and a reduction in travel demand. The impact on global warming in the short and long term, as well as how global warming depends on whether carbon dioxide (CO₂) emissions originate from fossil fuels or biomass are described. GHG emissions from the production and use of cars, electricity and fuels are considered, as well as how the use of forest raw materials for biofuel production affects the amount of carbon stored in forests and forest products, as this is important for climate impact.

The results show that both the use of biofuels and a ban on internal combustion engines in new car sales can make a significant contribution to reducing fossil CO₂ emissions in Sweden. The effect of a ban, in the form of reduced fossil CO₂ emissions, is slowed down by inertia linked to the turnover of the car fleet. Increasing the rate of electrification is beneficial even in the case where CO₂ emissions from global car production decrease relatively slowly. A ban on the sale of cars with internal combustion engines in 2030 is not enough to achieve the national policy targets for the transport sector and an earlier ban is likely difficult to implement. Therefore, other policy instruments or regulations are also needed, such as requirements for the blending of biofuels and other non-fossil fuels.

The impact on the global average temperature of using fossil fuels and biofuels from the Swedish forest differs. The temperature increase is approximately linearly related to cumulative CO₂ emissions from the use of fossil fuels, which, however, is generally not the case for biogenic CO₂ emissions from biofuel use (e.g., biogenic CO₂ emissions from exhaust pipes). Furthermore, CO₂ emissions from fossil energy systems have a temperature effect that continues for hundreds of years after the emissions have taken place, which does not generally apply to the biogenic CO₂ emissions from biofuel use. The temperature impact of biofuels depends (in addition to the biofuel life cycle emissions of fossil CO₂ and other GHG) instead on how biomass use for energy purposes affects the amount of carbon stored in ecosystems (e.g., the forest, which depend on the forms of forestry) and in biomass-based products.

To the extent that biomass use is generally affected by an emerging bioenergy market, it may also be relevant to consider how this affects other substitution patterns than those that are directly associated with bioenergy use. This could be considered in future research.



CHALMERS

