

Konsumtionsbaserade scenarier för Sverige

- underlag för diskussioner om nya klimatmål

Jörgen Larsson
Johannes Morfeldt
Daniel Johansson
Johan Rootzén
Cecilia Hult
Jonas Åkerman
Fredrik Hedenus
Frances Sprei
Jonas Nässén

Chalmers tekniska högskola 2021

ISBN: 978-91-88041-36-4

Referens till rapporten: Larsson, J., Morfeldt, J., Johansson, D., Rootzén, J., Hult, C., Åkerman, J., Hedenus, F., Sprei, F., Nässén, J. (2021). Konsumtionsbaserade scenarier för Sverige - underlag för diskussioner om nya klimatmål. Mistra Sustainable Consumption, Rapport 1:11. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Förord	7
DEL 1 - Konsumtionsbaserade scenarier för svenska klimatpåverkande utsläpp 2050	8
Inledning och scenarionarrativ	8
Referensscenario	12
Territoriellt klimatmålsscenario	12
Beteende- och teknikscenario	13
Omfattande beteende- och teknikscenario	13
Referensscenario med omfattande beteendeförändringar	14
Överblick av antaganden i scenarioanalysen	15
Utfall och diskussion framtida konsumtionsbaserade utsläpp	16
Scenariernas temperaturpåverkan och konsekvenser för en målnivå i linje med Parisavtalet	16
Scenarioutfall - omvärlden utvecklas i linje med nuvarande trender och politik	19
Scenarioutfall - framtida utsläpp om omvärlden utvecklas i linje med Parisavtalet	20
Rekyleffekter och andra beteendeförändringar	22
Biobränsleanvändning i scenarierna	22
Fördjupad beskrivning av antaganden och utfall för enskilda konsumtionsområden	25
Persontransporter	25
Byggande och boende	42
Livsmedel	51
Övergripande antaganden	56
Jämförelse med konsumtionsbaserade siffror baserade på input-outputanalys	60
DEL 2 - Om utsläppsmål utifrån Parisavtalet och internationella rättvisepprinciper	62
Inledning och syfte	62
Globalt genomsnittliga utsläpp per person i linje med Parisavtalet	62
En rättvis fördelning går längre än jämlika utsläpp per person	65
Resultat för Sverige givet olika fördelningsprinciper för det globala utsläppsutrymmet	69

Sammanfattning

Denna rapport är resultatet av ett uppdrag från Sveriges parlamentariska miljömålsberedning och utgör ett underlag för diskussioner om Sveriges framtida klimatpolitik i allmänhet och om konsumtionsbaserade klimatmål i synnerhet. Arbetet har utförts av 13 forskare vid Chalmers tekniska högskola, IVL Svenska miljöinstitutet och KTH. Rapportens syfte är att analysera hur de klimatpåverkande utsläppen från vår konsumtion kommer att förändras under de närmaste 30 åren samt att översiktligt beskriva det vetenskapliga läget avseende globala utsläppsbanor som klarar Parisavtalet temperaturmål och vad de betyder för svenska konsumtionsbaserade utsläpp med hänsyn till olika rättvisepprinciper.

DEL 1 - Konsumtionsbaserade scenarier för svenska klimatpåverkande utsläpp 2050

Utsläppen i Sverige (så kallade territoriella utsläpp) var 5 ton koldioxidekvivalenter (CO₂e) per person 2019. I konsumtionsbaserade utsläpp så inkluderar man även utsläpp som uppstår utomlands vid produktionen av de varor och tjänster som vi i Sverige konsumerar, medan utsläpp i Sverige till följd av vår export räknas bort. Enligt Statistiska centralbyråns metod beräknades de konsumtionsbaserade utsläppen till 9 ton CO₂e per person för 2019. Tidigare analyser har visat att 36% av svenska konsumtionsbaserade utsläpp sker i Sverige, 22% i länder som ingår i EU:s system för handel med utsläppsrätter och resterande 42% i övriga länder, inklusive Ryssland, Kina, USA, och Indien, där klimatstyrmedlen i regel är svaga.

I den här rapporten görs en analys av specifika tekniska åtgärder och beteendeförändringar när det gäller flyg, bil, kollektivtrafik, livsmedel, uppvärmning samt investeringar i byggnader och transportinfrastruktur. I SCB:s statistik motsvarar dessa områden 63% av de totala konsumtionsbaserade utsläppen.

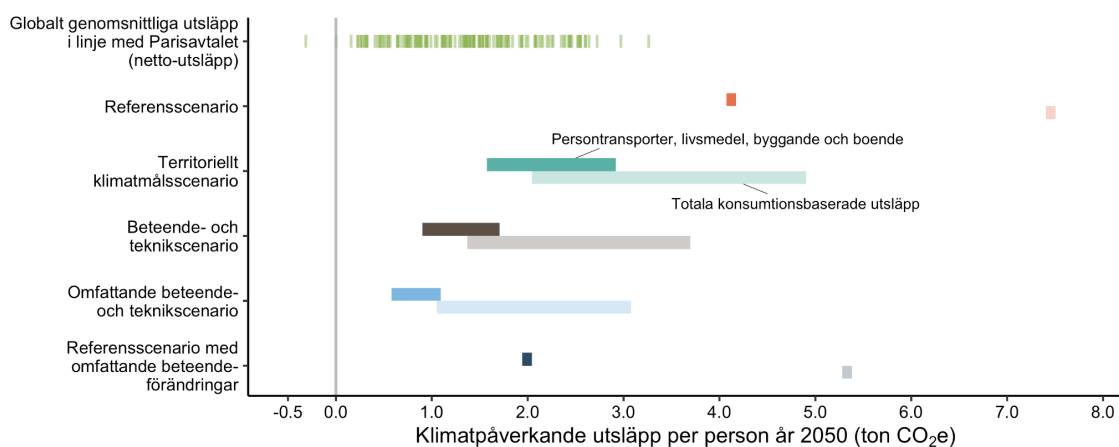
Fem scenarier har tagits fram baserat på olika klimatpolitiska inriktningar och utfallen från dessa beskrivs i figuren nedan. De framtida utsläppen påverkas naturligtvis kraftigt av vilken teknisk utveckling som sker i omvärlden. För att belysa detta redovisas ett spann från höga respektive låga utsläpp. Den högre nivån i spannet är resultatet av att omvärlden fortsatt utvecklas enligt *Nuvarande trender och politik*. Den lägre nivån i spannet bygger istället på en *Global klimatomställning i linje med Parisavtalet*.

I *Referensscenariot* utvecklas beteenden och teknik enligt nuvarande trender och beslutade politiska styrmedel i både Sverige och omvärlden. I det *Territoriella klimatmålsscenario*t kommer nödvändiga beslut för att nå de svenska klimatmålen att tas. Här sker till exempel en övergång till nollutsläppsfordon och byggsektorn använder delvis fossilfritt stål. I det lägre spannet antas hela världen ställa om i linje med Parisavtalet, vilket bland annat ger lägre utsläpp utomlands vid produktion av fordon och mat som vi importerar, samt att internationellt flyg i huvudsak drivs med förnybart flygbränsle. Den högre nivån i spannet illustrerar att Sveriges territoriella klimatmål nås, men världen för övrigt ställer inte om för att klara temperaturmålen i Parisavtalet.

I *Beteende- och teknikscenariot* genomförs ytterligare inhemska åtgärder för att bidra till lägre klimatpåverkande utsläpp från svensk konsumtion. Här antas utrikesflygandet och bilåkandet ligga kvar på 2019 års nivå. Självkörande bilar introduceras och regleras så att det inte leder till ökat bilåkande. Det sker ett skifte inom animaliekonsumtionen där hälften av nötköttet ersätts med kyckling eller växtbaserade proteinkällor. En annan skillnad är att nybyggnationen av bostäder halveras vilket möjliggörs bland annat genom att en del lokaler byggs om till bostäder.

I *Omfattande beteende- och teknikscenariot* illustreras effekten från kraftiga minskningar av flygande, bilåkande, konsumtion av nötkött och mejeriprodukter samt byggnation av vägar och bostäder, men med samma teknik som i föregående scenario. I *Referensscenario med omfattande beteendeförändringar* visas effekten i utsläpp av dessa omfattande beteendeförändringar, men i det här fallet i kombination med att avancerade tekniska förändringar uteblir både i Sverige och utomlands.

Det översta spannet i figuren nedan visar vilka genomsnittliga globala netto-utsläpp 2050 som kan anses vara i linje med Parisavtalet, givet att det kvarvarande utsläppsutrymmet fördelas jämligt per person. Studierna är utvalda av IPCC och streckens täthet visar på mängden studier som ger ett visst resultat. Den lägre utsläppsnivån i spannet motsvarar att den globala medeltemperaturökningen begränsas till under 1,5°C. Den högre utsläppsnivån motsvarar temperaturökning under 2°C med hög sannolikhet, eller att betydande negativa utsläpp efter 2050 för att långsiktigt nå 1,5°C. Notera att dessa är netto-utsläpp och därmed omfattar bidrag från negativa utsläpp enligt respektive studie, till skillnad från scenarierna i denna rapport.



De spann för scenarierna som redovisas i mörkare färg omfattar enbart de konsumtionsområden som har analyserats i den här rapporten (persontransporter, livsmedel, byggande och boende). Spannen i en ljusare färg är uppskattningar av de totala konsumtionsbaserade utsläppen (inkl. övrig konsumtion och näringslivets investeringar). Notera dock att inga beteendeförändringar antas för dessa områden samt att denna analys endast är avsedd att illustrera ett resultat för helheten och inte är lika väl underbyggt som övriga beräkningar.

Utfallet visar att *referensscenarierna*, både med och utan omfattande beteendeförändringar, beräknas resultera i totala konsumtionsbaserade utsläpp som ligger på en högre nivå 2050 än de studier som ligger i linje med Parisavtalets temperaturmål, givet studiernas uppskattade utsläppsnivå år 2050 och att utsläppsutrymmet fördelas jämligt per person. Resultaten indikerar också att de konsumtionsbaserade utsläppen i det *Territoriella klimatmålsscenario* ligger på en högre nivå 2050 än flertalet av dessa studier. *Beteende- och teknikscenario* motsvarar i stort studiernas uppskattade utsläppsnivå år 2050, men det är under förutsättningen att den svenska omställningen kombineras med en global klimatomställning. *Omfattande beteende- och teknikscenario* kan nå nivåer så låga att de motsvarar studier där globala medeltemperaturökningen begränsas till 1,5°C grader utan stora behov av negativa utsläpp, men också detta under förutsättningen att det sker en global klimatomställning.

En övergripande slutsats är att de sammantagna konsumtionsbaserade utsläppen som kan uppnås genom ett fokus på avancerad teknisk utveckling inte är tillräckliga för att med säkerhet ligga i linje

med Parisavtalet. Det gäller även om resten av världen också genomför en klimatomställning. Resultaten visar också att enbart omfattande beteendeförändringar, och ingen avancerad teknik, ligger ännu längre ifrån målen i Parisavtalet. En kombination av både avancerad teknik och vissa beteendeförändringar skulle däremot kunna ge en utveckling som ligger i nivå med de genomsnittliga utsläppen per person som Parisavtalets mål motsvarar år 2050.

Frågorna om ett land som till exempel Sverige bör besluta om ett konsumtionsbaserade klimatmål som ett komplement till det territoriella målet, och vilken ambitionsnivå som målet i så fall borde ligga på, är naturligtvis politiska och inte vetenskapliga. En viktig aspekt att ta hänsyn till är att dessa scenarier inte omfattar potentialen för negativa utsläpp. En möjlighet är att anta ett netto-noll mål även för konsumtionsbaserade utsläpp, där kompletterande åtgärder, såsom negativa utsläpp, kompenserar för en viss mängd kvarvarande utsläpp.

DEL 2 - Om utsläppsmål utifrån Parisavtalet och internationella rättvisepprinciper

Enligt Parisavtalet så ska nationella målsättningar gällande utsläppsminskningar uppnås med hänsyn taget till (i) att utvecklingsländer kan behöva mer tid för att vända sina respektive utsläppskurvor nedåt, (ii) rättvisa, och (iii) med hänsyn till en hållbar utveckling och fattigdomsbekämpning. Dessutom ska genomförandet vägledas av Klimatkonventionens övergripande princip om "rättvisa och gemensamma men olikartade ansvar och respektive förmågor, i ljuset av olika nationella förhållanden". Det finns dock ingen konsensus kring hur de mål som beskrivs på global nivå i Parisavtalet kan översättas till nationella målsättningar för utsläppsminskningar.

Det är i grunden en värderingsfråga och en politisk avvägning hur de globala utsläppsminskningarna ska fördelas över världens nationer samt hur Parisavtalet och Klimatkonventionens mål och principer bör tolkas för svenska målsättningar. Forskare och analytiker har däremot bidragit med konsekvensanalyser av olika metoder och principer för att fördela utsläppsutrymmet, som även har diskuterats inom klimatförhandlingarna.

Globala genomsnittliga netto-utsläpp av växthusgaser om -0,3 till 3,3 ton CO₂e per person år 2050 kan vara i linje med Parisavtalets temperaturmål, se första spannet i figuren ovan som är baserat på IPCC:s scenarier. Detta gäller dock under förutsättningen att utsläppen redan från 2020 minskar i linje med respektive scenario och att respektive scenarios behov av negativa utsläpp möts. En högre utsläppsnivå omkring 2050, och långsammare utsläppsminskningstakt fram till dess, förutsätter betydande netto-negativa utsläpp efter 2050 om ambitionen är att långsiktigt begränsa den globala medeltemperaturökningen till 1,5°C. Det är därför viktigt att ta hänsyn till utsläppskurvan från nu fram till ett eventuellt målar för utsläppen samt perioden efter när en utsläppsmålsättning övervägs.

Klimatkonventionens och Parisavtalets rättvisepprinciper ger dock argument för Sverige att anta en ambitiösare målsättning än globalt jämlika utsläpp per person, men ingen entydig nivå kan redovisas. En bedömning av potentialer för utsläppsminskningar och, i den utsträckning det är möjligt, analys av åtgärdernas kostnadseffektivitet ur ett globalt perspektiv, kan utgöra en miniminivå för faktiska minskningarna av de konsumtionsbaserade utsläppen. En ytterligare ökad ambitionsnivå som tar hänsyn till historiskt ansvar och nationell kapacitet för omställning skulle antingen kunna åstadkommas genom stöd till utsläppsminskande åtgärder i andra länder, negativa utsläpp, och/eller via snabbare utsläppsminskningar av de konsumtionsbaserade utsläppen.

Förord

Bakgrunden till den här rapporten är att Sveriges parlamentariska miljömålsberedning har [uppdraget](#) att "föreslå en samlad strategi för att minska klimatpåverkan från konsumtion i syfte att nå en klimatmässigt hållbar konsumtion på ett kostnadseffektivt och samhällsekonomiskt effektivt sätt. Med klimatpåverkan från konsumtion avses utsläpp av växthusgaser från Sveriges efterfrågan av varor och tjänster".

På basis av detta har Chalmers fått i uppdrag att ta fram en underlagsrapport som beskriver olika scenarier för de mest klimatintensiva konsumtionsområdena (del 1) och att beskriva vad som är den bästa tillgängliga vetenskapen om en utsläppsbana och nivå år 2050 för svenska konsumtionsbaserade utsläpp som är i linje med Parisavtalet och dess temperaturmål (del 2).

Uppdraget har letts av Jörgen Larsson (docent i hållbara konsumtionsmönster) och Johannes Morfeldt (doktor i energiteknik), båda verksamma på Chalmers tekniska högskola vid avdelningen för fysisk resursteori, institutionen för rymd-, geo- och miljövetenskap. Rapporten är ett resultat av ett samarbete mellan 13 forskare vid Chalmers tekniska högskola, IVL Svenska miljöinstitutet och KTH.

Scenarioanalyserna (del 1) bygger på att existerande modeller för olika konsumtionsområden som har harmoniserats och anpassats till uppdraget samt de scenarionarrativ som är utgångspunkten för den här rapporten. Jörgen Larsson och Johannes Morfeldt har arbetat med alla delar i analysen och övriga forskare har främst bidragit till enskilda delområden:

- flyg: Jonas Åkerman (doktor, KTH), Jonas Nässén (docent, Chalmers)
- personbilstrafik: Daniel Johansson (docent, Chalmers), Frances Sprei (docent, Chalmers)
- kollektivtrafik: Cecilia Hult (doktorand, Chalmers)
- boende och bygg: Johan Rootzén (doktor, IVL), Ida Karlsson (doktorand, Chalmers)
- livsmedel: Stefan Wirsenius (docent, Chalmers), Fredrik Hedenus (biträdande professor, Chalmers), Erik André (doktorand, Chalmers)
- bioenergiberäkningar: Markus Millinger (doktor, Chalmers)

Analysen av en utsläppsbana och nivå år 2050 för svenska konsumtionsbaserade utsläpp som är i linje med Parisavtalet (del 2) har gjorts av Johannes Morfeldt och Daniel Johansson.

Del 1 har granskats av professor Göran Finnveden (KTH) och del 2 av professor Christian Azar (Chalmers).

Forskarna har valt att göra en mer omfattande analys än vad uppdraget från miljömålsberedningen hade möjliggjort. Finansieringen av detta kommer från forskningsprogrammen Mistra Sustainable Consumption och Mistra Carbon Exit.

DEL 1 - Konsumtionsbaserade scenarier för svenska klimatpåverkande utsläpp 2050

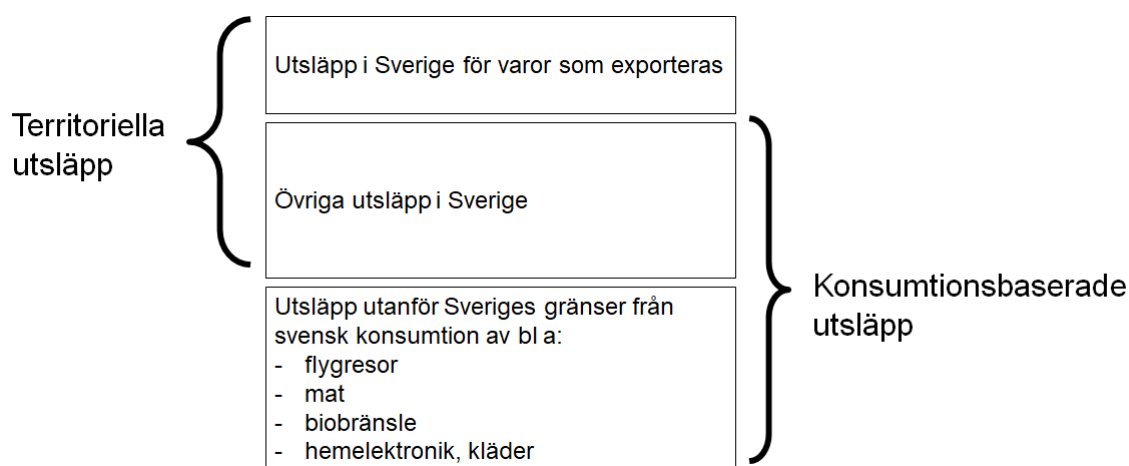
Inledning och scenarionarrativ

Hur kommer de klimatpåverkande utsläppen från vår konsumtion att utvecklas i framtiden - kommer de att vara kvar på en hög nivå eller finns det rejäla utsläppsminskningar i sikte under de närmaste 30 åren? Hur mycket minskar de konsumtionsbaserade utsläppen genom att de svenska territoriella klimatmålen uppnås? Vad skulle omfattande beteendeförändringar kunna bidra med i utsläppsminskningar inom speciellt klimatbelastande konsumtionsområden? Det är exempel på frågor som vi försöker belysa i den här rapporten men det är naturligtvis omöjligt att ge entydiga svar på framtidsfrågor som dessa. Den här rapporten har därför som ambition att måla upp ett antal olika framtidsbilder utifrån fem sammanhängande, förenklade scenarionarrativ för den klimatpolitiska utvecklingen i Sverige. Svaren på frågorna beror också på utvecklingen i omvärlden, till exempel hur en global omställning i linje med Parisavtalet kan komma att se ut.

Syftet med rapporten är att utgöra ett underlag för diskussioner om Sveriges framtida klimatpolitik i allmänhet och om konsumtionsbaserade klimatmål i synnerhet. Målet är att, på basis av bästa tillgängliga vetenskap, analysera framtida klimatpåverkande utsläpp ur ett konsumtionsperspektiv utifrån olika klimatpolitiska inriktningar i Sverige, med hänsyn tagen till tröghet i systemet och den klimatpolitiska utvecklingen globalt.

Var i världen sker utsläppen från svensk konsumtion?

Det mest etablerade sättet för att beräkna ett lands klimatpåverkande utsläpp är utifrån ett territoriellt perspektiv, dvs. de utsläpp som sker inom landets gränser. I den här rapporten används istället ett så kallat konsumtionsperspektiv. Det innebär att en lägger till de utsläpp som uppstår i andra länder vid produktionen av de varor och tjänster som vi konsumerar och räknar bort de utsläpp som sker i Sverige till följd av produktion för export. I ett konsumtionsperspektiv inkluderar en också utsläpp från internationella transporter med flyg och sjöfart.

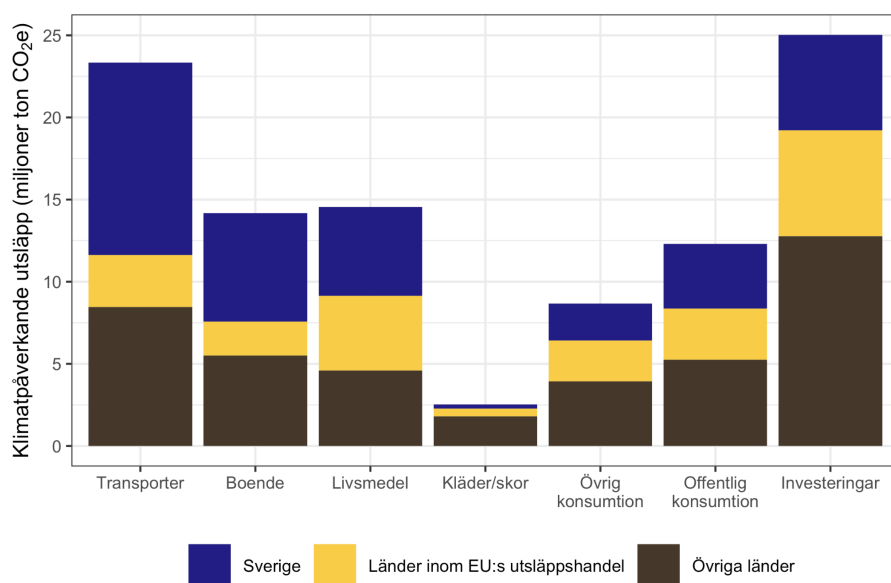


Figur 1 Territoriellt respektive konsumtionsbaserat perspektiv på utsläpp

Statistiska centralbyrån (SCB) gör årliga beräkningar av Sveriges konsumtionsbaserade utsläpp och de uppgick år 2019 till 93 miljoner ton CO₂e¹, vilket kan jämföras med de territoriella utsläppen som samma år var 51 miljoner ton CO₂e². Detta motsvarar 9 respektive 5 ton CO₂e per person och i båda fallen omfattas inte utsläpp och upptag i skog och mark (LULUCF).

I konsumtionsbaserade analyser tillskrivs slutkonsumenten utsläppen oavsett var i världen utsläppen sker. Nedan har en uppdelning av de svenska konsumtionsbaserade utsläppen gjorts avseende om utsläppen uppstår i Sverige, i länder som ingår i EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS), eller i övriga länder. Basen för att dela upp i dessa tre kategorier är skillnader i den klimatpolitiska styrningen.

Sammantaget för alla konsumtionsområden i figuren nedan visar denna analys att 36% av de konsumtionsbaserade utsläppen sker i Sverige och dessa utsläpp omfattas av Sveriges territoriellt baserade klimatmål. 22% av utsläppen sker inom länder som ingår i EU:s system för handel med utsläppsrätter och som även har andra nationella eller EU-reglerade klimatstyrmedel. Inom både EU och Sverige pågår också en kraftig förstärkning av klimatpolitiken som syftar till att uppnå skärpta utsläppsmål. Sammantaget innebär detta att 58% av de konsumtionsbaserade utsläppen sker i länder där det finns konkreta klimatmål och relativt starka styrmedel. Det ska dock noteras att bara för att länderna ingår i EU ETS, så betyder inte det att alla deras utsläpp gör det, exempelvis så ingår inte utsläpp från jordbruk och markbundna transporter i EU ETS.



Figur 2 Konsumtionsbaserade utsläpp uppdelat på var utsläppen sker. Källa: SCB³

Resterande 42% av de konsumtionsbaserade utsläppen sker i övriga länder, inklusive Ryssland, Kina, USA, och Indien, där klimatstyrmedlen i regel är svaga. Uppdelningen mellan olika konsumtionsområden visar att kläder/skor sticker ut och här uppstår hela 71% av utsläppen i länder med svag

¹ SCB, 2021. [Växthusgasutsläpp från inhemsk efterfrågan i Sveriges ekonomi minskade 2019](#).

² Naturvårdsverket, 2021. [Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser](#).

³ Redovisning av var utsläppen sker görs normalt inte av SCB. Det aktuella datasetet är speciellt framtagen för ett projekt inom Mistra Sustainable Consumption (2021). Siffrorna skiljer sig dock från den officiella statistiken om konsumtionsbaserade utsläpp. Exempelvis så visar resultaten att 36% av utsläppen sker i Sverige jämfört med 43% enligt [Naturvårdsverket](#).

eller obefintlig klimatpolitik (utsläppen är dock i absoluta tal låga för kläder/skor jämfört med andra konsumtionsområden).

Metod för analysen i den här rapporten

I den här rapporten används dock en annan metod för att uppskatta konsumtionsbaserade utsläpp än den som Statistiska centralbyrån använder⁴. Vi använder istället en så kallad bottom-up metod som är väl lämpad för scenarioanalyser. Vi utgår från statistik för att kartlägga klimatbelastning från dagens konsumtion. I scenarierna gör vi sedan detaljerade beräkningar över vilka förändringar i utsläpp som olika specifika tekniska åtgärder och beteendeförändringar kan ge i framtiden. Beräkningarna är baserade på tidigare studier av potentialer för utsläppsminskningar inom olika produktions- och konsumtionsområden och använder tidigare framtagna beräkningsmodeller:

- Personbilstrafik: prospektiv livscykelanalys utifrån en nationell bilparksmodell⁵.
- Flyg: scenarioanalys baserad på backcasting för att beskriva framtidsbilder för svenskt flygande⁶.
- Byggnad och boende: materialflödesanalys av byggprocessens värdekedja kombinerat med intressent-workshops för att identifiera utsläppsminskningspotentialer⁷.
- Livsmedel: systemanalys för jordbruks- och agroindustriella processer som fångar växthusgasutsläpp och resursanvändning längs livsmedels värdekedja^{8,9}.

Beräkningsmodellerna för uppvärmning av bostäder och lokaler samt kollektivtrafik har tagits fram specifikt för den här rapporten. Alla beräkningsmodeller har anpassats och harmoniserats utifrån den här rapportens förutsättningar och scenarionarrativ. Beräkningarna tar även hänsyn till trögheter i systemen när vi uppskattar hur fort införandet av nya utsläppsminskningståtgärder kan gå (se [här](#)).

Huvuddelen av alla konsumtionsbaserade utsläpp täcks in i den här rapporten; från flyg, personbilstrafik, kollektivtrafik, livsmedel, energi för uppvärmning av bostäder och lokaler samt investeringar i nya byggnader och transportinfrastruktur. En del av de konsumtionsbaserade utsläppen (37%) täcks dock inte in, det handlar framförallt om utsläpp från produktion av övriga konsumtionsvaror (exempelvis kläder, möbler, elektronik, blommor, läkemedel, skor, skönhetsprodukter och husdjursfoder) samt utsläpp relaterade till vissa av företagens investeringar¹⁰.

⁴ SCB använder så kallade multiregionala input-output modeller (MRIO), såsom [EXIOBASE](#), kombinerat med nationell statistik. Statistiken redovisas både av [SCB](#) och [Naturvårdsverket](#).

⁵ Morfeldt, m. fl., 2021. [Carbon footprint impacts of banning cars with internal combustion engines](#). Transportation Research Part D: Transport and Environment.

⁶ Åkerman m.fl. 2021. [Low-carbon scenarios for long-distance travel 2060](#). Transportation Research Part D: Transport and Environment

⁷ Karlsson, m. fl., 2020. [Roadmap for decarbonization of the building and construction industry—A supply chain analysis including primary production of steel and cement](#). Energies.

⁸ Searchinger, m. fl., 2021. [A Pathway to Carbon Neutral Agriculture in Denmark](#). World Resources Institute.

⁹ Wirsenius, m. fl., 2020. [Comparing the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Dairy and Pork Systems Across Countries Using Land-Use Carbon Opportunity Costs](#). World Resources Institute.

¹⁰ Skillnader mellan Statistiska centralbyråns metod och den som används i den här rapporten beskrivs [här](#).

Fem olika scenarionarrativ

Det finns många olika typer av scenarier. En del är av karaktären prognoser¹¹ medan andra är måluppfyllande till sin karaktär och beskriver olika sätt att uppnå ett på förhand definierat mål¹². De scenarier som analyseras i den här rapporten har istället karaktären att analysera olika klimatpolitiska inriktningar utifrån sammanhängande, förenklade narrativ om hur klimatbelastande konsumtion och produktion kan komma att hanteras i framtiden.

För vart och ett av dessa fem scenarier har specifika antagande om teknik- och beteendeförändringar gjorts och baserat på detta har klimatpåverkan beräknats. De fem scenarierna är:

1. *Referensscenario* - beteenden och teknik utvecklas enligt nuvarande trender och beslutade politiska styrmedel i både Sverige och omvärlden
2. *Territoriellt klimatmålsscenario* - Sveriges territoriella mål nås främst genom teknikförändringar och nödvändiga beslut tas för att nå målen
3. *Beteende- och teknikscenario* - utöver förändringar för att nå Sveriges territoriella mål genomförs ytterligare åtgärder (både tekniska och beteendemässiga) för att bidra till lägre klimatpåverkan även utanför Sveriges gränser
4. *Omfattande beteende- och teknikscenario* – omfattande minskningar av flygande, bilkörande, nötkött och mejeriprodukter samt av byggnation av nya vägar och bostäder
5. *Referensscenario med omfattande beteendeförändringar* - omfattande minskningar i kombination med att avancerade tekniska förändringar uteblir både i Sverige och utomlands.

Scenarioanalysen har gjorts för perioden 2019 - 2050. De framtida konsumtionsbaserade utsläppen påverkas naturligtvis kraftigt av vilken teknisk utveckling som sker i omvärlden, till exempel om flygplanen drivs med förnybara bränslen eller inte, och om stålet i våra nya bilar är fossilfritt producerat eller ej. För att beakta hur teknikutvecklingen och utvecklingen i omvärlden påverkar de konsumtionsbaserade utsläppsscenarierna så analyseras två olika globala utvecklingsvägar. Detta medför att scenarierna (förutom Referensscenariot, se nedan) redovisas i ett spann från höga till låga utsläpp. Den högre nivån i spannet är resultatet av att omvärlden fortsatt utvecklas enligt *Nuvarande trender och politik*. Den lägre nivån i spannet bygger istället på en *Global klimatomställning i linje med Parisavtalet*. Här antas hela världen sammantaget ställa om i en takt som motsvarar att begränsa temperaturökningen till 1,8 grader (eller 1,5 grader om även mycket omfattande negativa utsläpp förverkligas). Denna utveckling innebär att världen uppnår netto-noll för alla klimatpåverkande utsläpp år 2070. De två utvecklingsvägarna bygger i huvudsak på det internationella energiorganets¹³ (IEA - International Energy Agency) två scenarier: *Stated Policies Scenario* och *Sustainable Development Scenario*.

Nedan beskrivs de fem förenklade scenarionarrativen med fokus på klimatbelastande konsumtion, deras centrala idéer och hur de har konkretiserats i scenariernas antaganden. Efter detta redovisas [utfallen](#) av analysen. Därefter finns en detaljerad beskrivning av antaganden och utfall för [persontransporter](#), [byggnation och boende](#), samt [livsmedel](#).

¹¹ Till exempel Trafikverket, 2020. [Prognos för persontrafiken 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2020-06-15](#).

¹² Till exempel de framtidsbilder för att nå ett långväga resande som ligger i linje med målen i Parisavtalet som beskrivs i Åkerman m.fl. 2021. [Low-carbon scenarios for long-distance travel 2060](#). Transportation Research Part D: Transport and Environment.

¹³ IEA, 2019. [World Energy Outlook](#).

Referensscenario

Den centrala idén är att utvecklingen fortsätter på ett sätt som ligger i linje med den historiska förändringen samt beslutade politiska styrmedel. Logiken bakom detta scenario är att det globala och nationella politiska trycket för minskade utsläpp fortsätter att vara alltför svaga i förhållande till de mekanismer som upprätthåller fossilsamhället, till exempel de ekonomiska intressen som finns hos länder som äger fossila resurser och företag som tillverkar produkter som använder fossila bränslen, samt att konsumenter fortsätter efterfråga produkter såsom t.ex. bensin. Detta innebär att historiska trender mot ökad effektivisering och styrmedel som explicit reglerar utsläpp medför en viss minskning i genomsnittliga utsläpp per vara/tjänst, men å andra sidan så ökar volymen av varor och tjänster som konsumeras. Ett historiskt exempel på detta är att de svenska konsumtionsbaserade utsläppen idag ligger på ungefär samma nivå som i början på 1990-talet, något som kan förklaras av att utsläppen per vara/tjänst har minskat men att detta har kompensats av en ökande konsumtionsvolym¹⁴.

I Referensscenariot antas dock att redan tagna beslut kommer att fullföljas vilket bland annat medför att utsläppen från elproduktion minskar och att användningen av förnybara bränslen för både väg- och flygtransporter ökar¹⁵. Utsläppen per kilogram mat och per kvadratmeter ny bostad fortsätter att minska i samma (relativt långsamma) takt som tidigare. Volymen av nybyggnation av byggnader och infrastruktur ligger kvar på samma nivå som 2019 och inga förändringar när det gäller vad vi äter antas ske. Bilåkandet ökar i linje med Trafikverkets prognoser¹⁶ vilket motsvarar en ökning på 20% per person till år 2050. Flyget återgår till stabila nivåer 2023 enligt Transportstyrelsens prognos¹⁷. Vi antar att utrikesflyget 2023 ligger på samma nivå som 2019 och att det därefter ökar i samma takt som tidigare vilket innebär en fördubbling per capita till 2050. För inrikesflyget antar vi att nivån 2023 är 30% lägre än 2019 års nivå främst beroende på minskat flygande i tjänsten. Vi antar därefter att det ligger kvar på denna lägre nivå medan tågresandet istället fortsätter att öka.

Territoriellt klimatmålsscenario

I det här scenariot tar Sverige de beslut som behövs för att nå målet om netto-noll utsläpp av växthusgaser inom landet senast år 2045. Effekten av netto-noll-målet för olika samhällssektorer där utsläppen sker tolkas utifrån de indikationer¹⁸ som regeringen givit (ex. antas transport- och energirelaterade utsläpp inom Sverige nå nära noll 2045), vilket även påverkar utsläppsintensiteten för olika varor och tjänster inom respektive konsumtionsområde. Utsläppsminskningarna uppnås främst genom teknikförändringar, även om marginella beteendeförändringar, främst genom förändrade relativpriser, sker som en följd av till exempel EUs handelssystem.

De ökande volymerna när det gäller bilåkande och flygande antas här vara desamma som i Referensscenariot, men avancerad teknik antas få genomslag i Sverige. Huvuddelen av alla fordon

¹⁴ Även om det finns stora osäkerheter i beräkningarna så är den övergripande bilden att utsläppen ligger på ungefär samma nivå som tidigare. Tidsserie från 1993 samt en analys av underliggande förklaringsfaktorer finns i [Konsumtionsrapporten 2019](#) (sid 55)

¹⁵ Enligt taket inom EU:s utsläppshandel och beslutade revideringar av [reduktionsplikten](#) för [bensin och diesel](#) samt [flygfotogen](#).

¹⁶ Trafikverket, 2020. [Prognos för persontrafiken 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2020-06-15](#).

¹⁷ [Transportstyrelsen](#)

¹⁸ [Klimatpolitisk handlingsplan](#)

drivs av el och kvarvarande personbilar, lastbilar och arbetsmaskiner med förbränningsmotorer drivs uteslutande med förnybara bränslen efter 2040.

Byggnaderna av bostäder och infrastruktur ligger på samma nivå som 2019 men utsläppen från produktionen har minskat avsevärt i Sverige som en följd av bland annat användningen av fossilfritt stål och av koldioxidinfångning från cementframställning. När det gäller livsmedel så sker inga kostförändringar däremot genomför det svenska jordbruket en del klimatåtgärder när det gäller till exempel fossilfritt handelsgödsel, fodertillsatser, och minskade utsläpp av lustgas och metan från stallgödsel.

Hur stora de konsumtionsbaserade utsläppen blir i detta scenario beror också på utvecklingen i omvärlden. Spannets högre utsläppsnivå är ett resultat av att utvecklingen utomlands antas följa nuvarande trender och politik. Spannets lägre utsläppsnivå innebär att en global klimatomställning har inletts vilket till exempel antas innebära att ovan nämnda förändringar inom jordbruket också genomförs i de länder som vi importerar mat från (om än långsammare än i Sverige), och att utsläppen från flygandet minskar genom en omfattande användning av förnybara bränslen, att elflyg används för kortare resor och att flygets så kallade höghöjseffekter reduceras.

Beteende- och teknikscenario

Den centrala idén i det här scenariot är att Sverige går längre än vad som behövs för att nå de territoriella klimatmålen för att även begränsa de utsläpp som sker i andra länder till följd av svensk konsumtion och därigenom i större utsträckning bidra till Parisavtalet. Detta uppnås både genom vissa ytterligare teknikförändringar samt vissa måttliga beteendeförändringar - i huvudsak handlar om att de beteenden som idag är särskilt klimatbelastande inte fortsätter att öka. Detta innebär att bilkörande och flygande per person ligger kvar på 2019 års nivå (vilket kan jämföras med +20% bilkörande och +100% flygande i Referensscenariot). När det gäller livsmedel så innebär detta scenario ett skifte inom animaliekonsumtionen där hälften av nötköttet ersätts med kyckling (eller växtbaserad proteinkälla).

När det gäller teknikförändringar antas självkörande bilar ha slagit igenom och kraftfulla styrmedel används för att de inte ska leda till ökat bilkörande. Dessa fordon delas i storstäderna så att den totala fordonsflottan minskar och de används även i viss utsträckning för att möjliggöra delade bilresor. Tåg antas växa kraftigt både nationellt och till kontinenten. För livsmedel så antas tekniska åtgärder som t ex. fossilfritt handelsgödsel och fodertillsatser ha bidragit till utsläppsminskningar. När det gäller nybyggnation så används, förutom fossilfritt stål och cement där koldioxiden fångats in, en generellt mindre mängd material till följd av materialeffektiviserande åtgärder. Den största förändringen är dock att nybyggnationen av både byggnader och infrastruktur är hälften så hög år 2050 jämfört med 2019, vilket bland annat möjliggörs genom att en del lokaler byggs om till bostäder.

Omfattande beteende- och teknikscenario

Den centrala idén i det här scenariot är att illustrera vad omfattande beteendeförändringar kan innebära för framtida utsläpp. Fokus ligger på några konsumtionskategorier som idag är särskilt klimatbelastande (flyg, bil, nötkött, mejeri). Bilåkandet per person minskar här med 20 procent per person jämfört med 2019. En central del i detta är att visst bilresande ersätts med cykel och kollektivtrafik samt att arbetspendling minskar genom ökat distansarbete. Det totala flygandet halveras, med en ännu större minskning för inrikesflyget. För inrikesresor sker istället en kraftig ökning av tågresaerna, men även resor ner till kontinenten sker delvis med tåg. Resor till Medelhavet

sker mer sällan och interkontinentala resor blir något som människor normalt sett gör ett par gånger i livet. Nybyggnation av både byggnader och infrastruktur minskar drastiskt, vilket har möjliggjorts genom fokus på renovering och underhåll samt ombyggnation av lokaler till bostäder och att den genomsnittliga boytan minskar med 10%. När det gäller maten så omfattar det här scenariot en minskning av nöt- och lammkött, samt flytande mjölkprodukter, med 75%. Utöver detta antas en halvering av ostkonsumtionen. Konsumtionen av fläsk och kyckling ligger på samma nivå som 2019, medan växtbaserade proteinrika produkter ökar.

Den teknik som antas i det här scenariot är densamma som i föregående scenario. Avseende utvecklingen i omvärlden antas den antingen förändras enligt *Nuvarande trender och politik* eller i linje med en *Global klimatomställning i linje med Parisavtalet*. Det senare varianten illustrerar hur låga utsläpp som kan nås om omfattande beteendeförändringar kombineras med en så avancerad teknikutveckling som möjligt både i Sverige och utomlands (enligt den här rapportens antaganden).

Referensscenario med omfattande beteendeförändringar

Den centrala idén med det här scenariot är att illustrera en framtid där avancerade tekniska förändringar uteblir både i Sverige och i omvärlden, men där kraftfulla beteendeförändringar genomförs istället. Den teknik som antas här är densamma som i *Referensscenariot* och följer nuvarande trender och politik, vilket bland annat innebär att Sveriges territoriella klimatmål inte nås. De beteendeförändringar som antas är desamma som i *Omfattande beteende- och teknikscenario*.

Överblick av antaganden i scenarioanalysen

Nedan ger en överblick av några centrala antaganden och vad de innebär för år 2050. Längre fram i rapporten finns en detaljerad beskrivning av dessa och många fler antaganden.

Tabell 1 Centrala scenario-antaganden. Avser förändringar räknat per person mellan 2019 och 2050. Spalten visar skillnader i antaganden om omvärlden utvecklas enligt nuvarande trender och politik eller i linje med Parisavtalet. Siffror för elfordonsandel avser hela fordonsflottan och andel förnybart bränsle avser genomsnittlig användning för respektive område.

	Referensscenario	Territoriellt klimatmålscenario	Beteende- och teknikscenario	Omfattande beteende- och teknikscenario	Referensscenario med omfattande beteendeförändringar
Flyg	Förnybart bränsle 11% Andel Elflyg 0% Höghöjdseffekt, som 2019	Förnybart bränsle 26-63% Andel elflyg 0-30% av inrikes/EU-flyg Minskad höghöjdseffekt 0-60%	Förnybart bränsle 26-63% Andel elflyg 0-30% av inrikes/EU-flyg Minskad höghöjdseffekt 0-60%	Förnybart bränsle 26-63% Andel elflyg 0-30% av inrikes/EU-flyg Minskad höghöjdseffekt 0-60%	Förnybart bränsle 11% Andel Elflyg 0% Höghöjdseffekt, som 2019
	Flygresande: Inrikes -30% Utrikes +100%	Flygresande: Inrikes -30% Utrikes +100%	Flygresande: Inrikes -50% Utrikes, som 2019	Flygresande: Inrikes -70% Utrikes -50%	Flygresande: Inrikes -70% Utrikes -50%
Bil	Andel rena elbilar 50% Förnybart bränsle 59%	Andel rena elbilar 100% Förnybart bränsle 100%	Andel rena elbilar 100% Förnybart bränsle 100% Självkörande bilar 5% Andel bilåkandet i delade bilar/resor 34%	Andel rena elbilar 100% Förnybart bränsle 100% Självkörande bilar 5% Andel bilåkandet i delade bilar/resor 34%	Andel rena elbilar 50% Förnybart bränsle 59%
	Bilåkande +19%	Bilåkande +19%	Bilåkande som 2019	Bilåkande -20%	Bilåkande -20%
Tåg och buss	Andel elbussar för regionaltrafik: 68%	Andel elbussar för regionaltrafik: 93% Förnybart bränsle 100%	Andel elbussar för regionaltrafik: 93% Förnybart bränsle 100%	Andel elbussar för regionaltrafik: 93% Förnybart bränsle 100%	Andel elbussar för regionaltrafik: 68%
	Kollektivtrafik + 22% Fjärrtåg+buss: +37%	Kollektivtrafik + 22% Fjärrtåg+buss: +37%	Kollektivtrafik +35 % Fjärrtåg+buss: +121%	Kollektivtrafik +78% Fjärrtåg+buss: +245%	Kollektivtrafik+78% Fjärrtåg+buss: +245%
Värme till boende	Minskad energianvändning 21-64% Inga fossila bränslen används	Minskad energianvändning 21-64% Inga fossila bränslen används	Minskad energi-användning 6-71% 25% av småhus, 50% av flerbostadshus/lokaler byter till värmepump	Minskad energi-användning 6-71% 25% av småhus, 50% av flerbostadshus/lokaler	Minskad energianvändning 21-64% Inga fossila bränslen används
	Uppvärm yta som 2019	Uppvärm yta som 2019	Uppvärm yta som 2019 8% bor i ombyggda lokaler	Uppvärm yta -10% 20% bor i ombyggda lokaler	Uppvärm yta -10% 20% bor i ombyggda lokaler
Byggnader & infrastruktur	Materialeffektivisering 14% Energieffektivisering 14% Ökad andel biobränsle (men ingen elektrifiering) för arbetsmaskiner och tunga transporter.	Svenskproducerat: 100% cement med CCS 100% fossilfritt stål Importerat: 0-100% CCS cement 0-100% fossilfritt stål Arbetsmaskiner 100% el eller biobränslen Effektivisering som referensscenario	Svenskproducerat: 100% cement med CCS 100% fossilfritt stål Importerat: 0-100% CCS cement 0-100% fossilfritt stål Arbetsmaskiner 100% el eller biobränslen Materialeffektivisering 26%	Svenskproducerat: 100% cement med CCS 100% fossilfritt stål Importerat: 0-100% CCS cement 0-100% fossilfritt stål Arbetsmaskiner 100% el eller biobränslen Materialeffektivisering 26%	Materialeffektivisering 14% Energieffektivisering 14% Ökad andel biobränsle (men ingen elektrifiering) för arbetsmaskiner och tunga transporter.
	Byggvolym som 2019	Byggvolym som 2019	Nyproduktion av byggnader och infrastruktur -50%	Nyproduktion av byggnader och infrastruktur -70%	Nyproduktion av byggnader och infrastruktur -70%
Livsmedel	Högre produktivitet ger 14% lägre utsläpp	Teknikförändringar: 35-44% lägre utsläpp -fossilfritt handelsgödsel -fodertillsatser -minskade lustgasutsläpp -minskade stallgödselutsläpp	Teknik: som Territoriellt klimatmålscenario	Teknik: som Territoriellt klimatmålscenario	Högre produktivitet ger 14% lägre utsläpp
	Kost: som 2019	Kost: som 2019	Animalieskifte: hälften av nötköttet ersätts med kyckling (eller växtbaserat) Mjök - 50%	Köttminskning: 75% av nötkött ersätts med växtbaserade alternativ Mjök - 75% Ost -50%	Köttminskning: 75% av nötkött ersätts med växtbaserade alternativ Mjök - 75% Ost -50%

Utfall och diskussion framtida konsumtionsbaserade utsläpp

Här presenterar vi utfallen totalt för alla konsumtionsområden för de fem ovan beskrivna scenarierna. Fördjupade beskrivningar av antaganden och utfall finns längre fram i rapporten: [persontransporter](#), [byggnation och boende](#), samt [livsmedel](#). Som beskrivits ovan så påverkas de svenska konsumtionsbaserade utsläppen av klimatpåverkande ämnen kraftigt av vilken teknisk utveckling som sker i omvärlden. Vi redovisar därför scenarierna baserat på två olika antaganden om utvecklingen i omvärlden. Först presenteras utfallen under förutsättningen att omvärlden fortsatt utvecklas enligt *Nuvarande trender och politik*. Därefter redovisas utfallet om en *Global klimatomställning i linje med Parisavtalet* kommer till stånd.

Scenariernas temperaturpåverkan och konsekvenser för en målnivå i linje med Parisavtalet

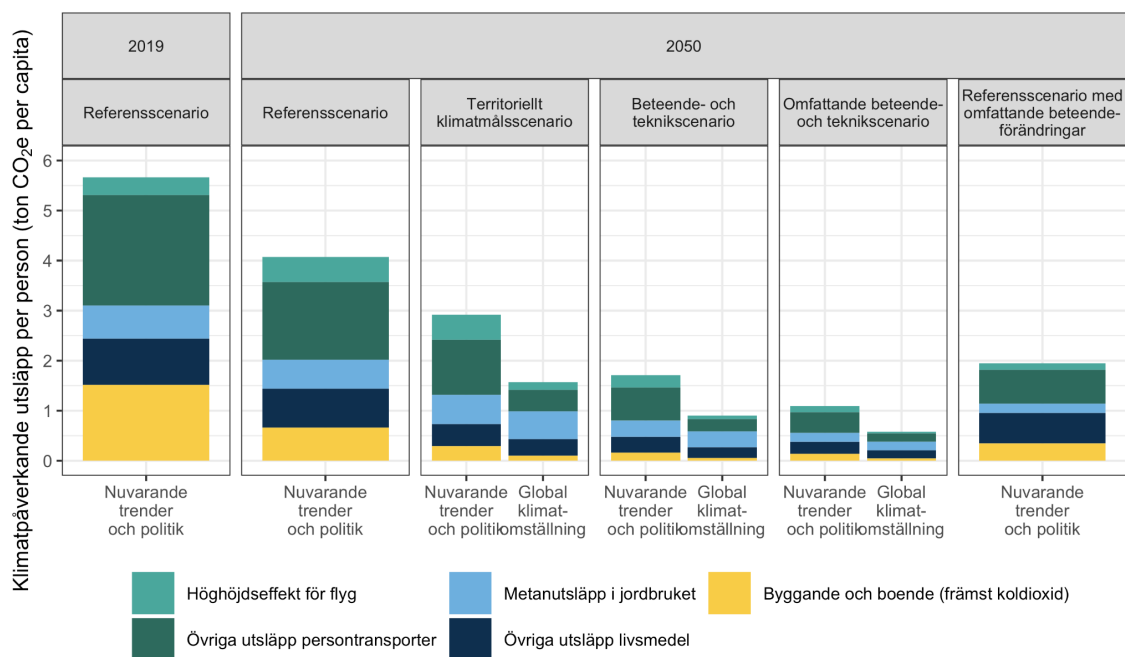
Förenklat kan en säga att det finns ett linjärt samband¹⁹ mellan kumulativa utsläpp av koldioxid och påverkan på den globala medeltemperaturen. En konsekvens av detta är att en stabilisering av den globala medeltemperaturen på en viss nivå (såsom 1,5°C eller 2°C över förindustriell nivå) kräver att utsläppen av koldioxid på sikt når netto-noll, läs mer om detta i [avsnitt](#). Det innebär att inte fler koldioxidmolekyler tillförs atmosfären än vad som tas upp med hjälp av negativa utsläpp, såsom vissa nettoupptag av koldioxid i skog och mark eller koldioxidinfångning och -lagring från förbränning av biomassa. På liknande sätt behöver även summan av alla långlivade växthusgaser (med en atmosfärisk livslängd över ca 100 år), t.ex. lustgas och koldioxid, nå en netto-noll nivå.

Utsläpp av kortlivade klimatpåverkande ämnen (såsom utsläpp av metan och uppkomsten av kondensstrimmor och annan flyginducerad molnighet som ingår i den så kallade höghöjdseffekten) behöver däremot inte nå en nollnivå för att den globala medeltemperaturen ska kunna stabiliseras. Därför kan vi behålla en viss mängd årliga utsläpp av kortlivade ämnen och ändå vara i linje med Parisavtalets temperaturmål. Dock är det förstaså att ju större dessa utsläpp är desto större är dess bidrag till den globala medeltemperaturen, och desto lägre måste de kumulativa utsläppen av koldioxid vara för att uppnå ett visst temperaturmål.

Konsekvenserna av utsläpp av olika typer av klimatpåverkande ämnen leder till att det är missvisande att endast analysera deras summa, presenterat i koldioxidekvivalenter (CO₂e), där varje bidrag summeras utifrån dess globala uppvärmningspotential sett över en 100-årsperiod (faktorer som kallas Global Warming Potential på 100 år - GWP-100). För att bedöma om mål om netto-utsläpp är i linje med Parisavtalet behöver vi också analysera mixen av kortlivade respektive långlivade utsläpp av olika ämnen samt eventuella negativa utsläpp.

Figur 3 visar hur utsläppen fördelar sig mellan kortlivade utsläpp från flyg (höghöjdseffekt) och från jordbruket (metanutsläpp), samt övriga utsläpp (främst koldioxid) från persontransporter, livsmedel och byggande och boende. Vi ser att andelarna är ungefär desamma 2050 som idag.

¹⁹ Detta samband kallas för Transient Climate Response to cumulative carbon Emissions (TCRE).



Figur 3 Klimatpåverkande utsläpp per person för respektive scenario år 2050 jämfört med basåret 2019 och fördelat på höghöjdseffekt för flyg, metanutsläpp i jordbruket och övriga utsläpp (främst koldioxid). Metanutsläpp i jordbruket och höghöjdseffekten för flyg bedöms vara de huvudsakliga bidragen till utsläpp av kortlivade växthusgaser för de analyserade konsumtionsområdena.

Resultaten från scenarioanalysen redovisas övergripande i Figur 4 nedan och relateras till de genomsnittliga globala netto-utsläppen 2050 som kan anses vara i linje med Parisavtalet (översta spannet) förutsatt globalt jämlika utsläpp av växthusgaser per person. Det resulterande spannet motsvarar år 2050 netto-utsläpp från -0,3 till 3,3 ton CO₂e per person och streckens täthet visar på mängden studier som visar ett visst resultat, se mer detaljerad beskrivning av hur Parisavtalet kan tolkas samt effekten av andra fördelningsprinciper i [del 2](#). Den lägre nivån i spannet motsvarar en begränsning av den globala medeltemperaturökningen till under 1,5°C (med 50-66% sannolikhet) och den övre nivån i spannet motsvarar en begränsning till 2°C (med över 66% sannolikhet). Utifrån principen om globalt jämlika utsläpp per person och den svenska befolkningsprognosen så skulle det innebära netto-utsläpp av växthusgaser om -3,5 till 39 miljoner ton CO₂e år 2050.

Spannen för scenarierna som redovisas i mörkare färg omfattar enbart de konsumtionsområden som har analyserats i den här rapporten (persontransporter, livsmedel, byggnade och boende). Spannen som redovisas i en ljusare färg omfattar totala konsumtionsbaserade utsläpp (inkl. övrig konsumtion och näringslivets investeringar).

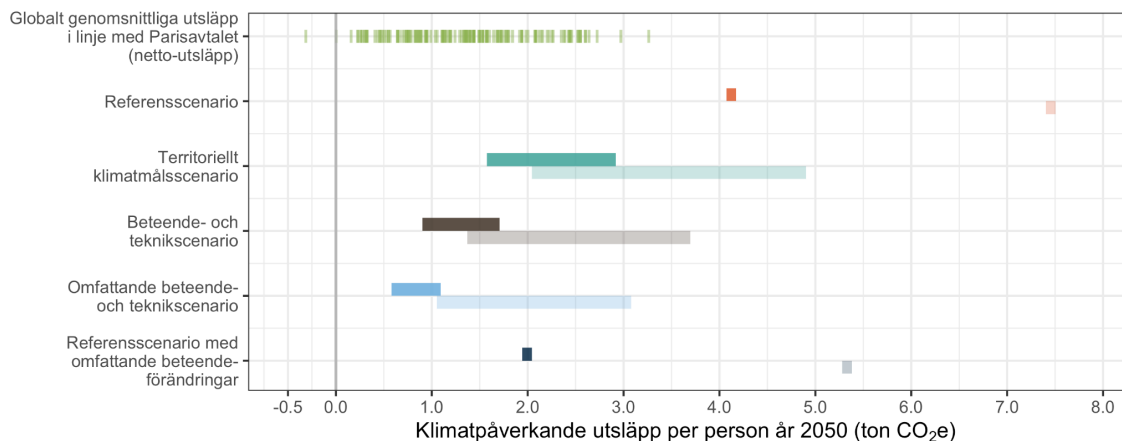
Utfallet år 2050 för de konsumtionsbaserade utsläppen inom övrig konsumtion²⁰ och för näringslivets investeringar har beräknats utifrån SCB:s statistik om utsläpp för dessa konsumtionsområden för 2019²¹. Dessa konsumtionsområden har skalats upp till år 2050 för att beakta prognostiserad ekonomisk tillväxt²² motsvarande 1,4% per person och år (motsvarar ca 1,9% när befolkningsökning inkluderas). För övrig konsumtion antas utsläppens minskningstakt att följa samma trend som den globala elmixen (se [här](#)). För näringslivets investeringar antas utsläppen minska i samma takt som för byggnader och transportinfrastruktur (se [här](#)). Det innebär att

²⁰ I den statistiska indelningen avser detta s.k. COICOP 03, 06, 08-10 och 12.

²¹ SCB, 2021. [Växthusgasutsläpp från inhemsk efterfrågan i Sveriges ekonomi minskade 2019](#).

²² Statens offentliga utredningar, 2019. [Långtidsutredningen 2019](#). SOU 2019:65

utsläppsintensiteten för respektive område följer antaganden om omvärldens omställning och redovisas därför som spann i figuren. Notera dock att inga beteendeförändringar antas för dessa konsumtionsområden och att volymen därmed antas öka i linje med den ekonomiska tillväxten samt att denna analys endast är avsedd att illustrera ett resultat för helheten och inte kan ses som lika väl underbyggt som övriga beräkningar.



Figur 4 Överst globala genomsnittliga utsläpp i linje med Parisavtalet förutsatt globalt jämlika utsläpp per person. Därefter svenska konsumtionsbaserade utsläpp för de fem scenarierna, först från de analyserade konsumtionsområdena persontransporter, livsmedel samt byggande och boende, och därefter för alla konsumtionsområden (ljusare färg). Högre nivå i spannen: omvärlden utvecklas i linje med nuvarande trender och teknik. Lägre nivå i spannen: en global klimatomställning i linje med Parisavtalet

De framtida utsläppen påverkas naturligtvis kraftigt av vilken teknisk utveckling som sker i omvärlden. För att belysa detta redovisas ett spann från höga respektive låga utsläpp. Den högre nivån i spannet är resultatet av att omvärlden fortsatt utvecklas enligt *Nuvarande trender och politik*. Den lägre nivån i spannet bygger istället på en *Global klimatomställning i linje med Parisavtalet*.

Utfallet visar att *referensscenarierna*, både med och utan omfattande beteendeförändringar, beräknas resultera i totala konsumtionsbaserade utsläpp som ligger på en högre nivå 2050 än de studier som ligger i linje med Parisavtalets temperaturmål, givet studiernas uppskattade utsläppsnivå år 2050 och att utsläppsutrymmet fördelas jämlikt per person. Resultaten indikerar också att de konsumtionsbaserade utsläppen i det *Territoriella klimatmålsscenario* ligger på en högre nivå 2050 än flertalet av dessa studier. *Beteende- och teknikscenario* motsvarar i stort studiernas uppskattade utsläppsnivå år 2050, men det är under förutsättningen att den svenska omställningen kombineras med en global klimatomställning. *Omfattande beteende- och teknikscenario* kan nå nivåer så låga att de motsvarar studier där globala medeltemperaturökningen begränsas till 1,5°C grader utan stora behov av negativa utsläpp, men också detta under förutsättningen att det sker en global klimatomställning. Notera dock att samtliga scenarier för svenska konsumtionsbaserade utsläpp inte tar hänsyn till eventuella nettoupptag av koldioxid i skog och mark eller negativa utsläpp, till skillnad från IPCC:s utsläppsbanor.

Om hänsyn tas till utsläpp i samtliga konsumtionsområden och beroende på tillämplig fördelningsprincip för det globala utsläppsutrymmet så kan de kvarvarande utsläppen år 2050 behöva kompenseras med negativa utsläpp. Detta skulle kunna göras på ett liknande sätt som för det nuvarande netto-noll målet för territoriella utsläpp där kvarvarande utsläpp ska täckas med kompletterande åtgärder. En strategi och mål för kompletterande åtgärder för de territoriella klimatmålen har föreslagits i Vägvalsutredningen²³. Ett nästa steg är att analysera effekten av

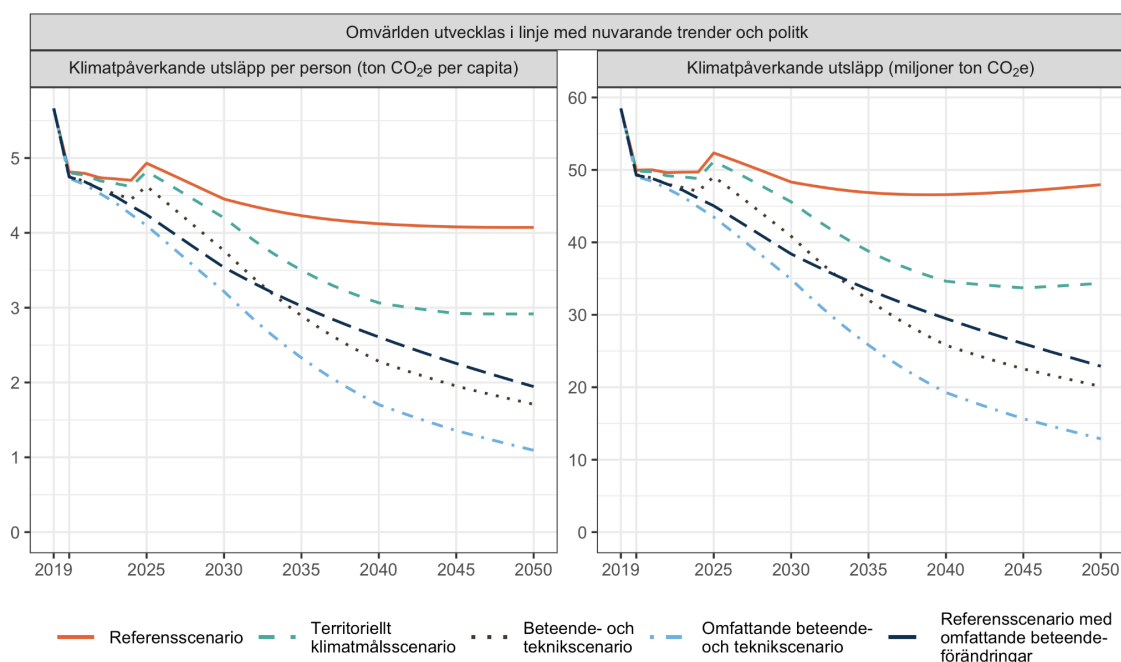
²³ Statens offentliga utredningar, 2020. [Vägen till en klimatpositiv framtid](#). SOU 2020:4

strategin och dess mål ur ett konsumtionsperspektiv och hur strategin skulle kunna justeras för att även fånga behov av kompletterande åtgärder för eventuella konsumtionsbaserade klimatmål.

Scenarioutfall - omvärlden utvecklas i linje med nuvarande trender och politik

Härifrån ligger fokus inte på den totala konsumtionen utan på de konsumtionsområden som har analyserats i detalj i den här rapporten. Alla siffror framåt i rapporten avser alltså persontransporter, livsmedel, byggande och boende, men är exklusive övrig konsumtion och näringslivets investeringar.

Basåret 2019 - Våra resultat visar att konsumtionsbaserade utsläpp från persontransporter, livsmedel samt bygg och boende står för 5,7 ton CO₂e per person år 2019. Detta kan jämföras med att de totala konsumtionsbaserade utsläppen, enligt officiell statistik, var 9,0 ton CO₂e för samma år²⁴. Vår analys omfattar dock inte övriga konsumtionsvaror (kläder, möbler, elektronik, etc.) och vissa privata investeringar (framförallt omfattas inte näringslivets investeringar). Vår analys och den officiella statistiken använder helt olika metoder men trots detta så ligger utfallen relativt nära varandra (se [mer](#)).



Figur 5 Svenska konsumtionsbaserade utsläpp för de fem scenarierna från persontransporter, livsmedel samt bygg och boende - under antagandet att omvärlden utvecklas i linje med nuvarande trender och politik.

Utvecklingen på kort sikt - Resultaten visar att utsläppen minskar drastiskt mellan 2019 och 2020, vilket framförallt beror på det radikalt minskade flygandet. Utsläppen ökar inte totalt sett 2020-2024 då förändringar i andra konsumtionsområden, framförallt minskade utsläpp inom personbilstransporter, ger en motverkande trend trots att flyget antas återhämta sig relativt snabbt. 2025 ökar dock utsläppen något till följd av ökat flygande. För *Referensscenariot* pågår minskningen under ytterligare ett årtionde innan den planar ut på en nivå om 4 ton CO₂e per person.

²⁴ [SCB](#)

Territoriellt klimatmålsscenario - Detta scenario belyser betydelsen för de konsumtionsbaserade utsläppen om Sveriges territoriella klimatmål nås. Utfallet visar att utsläppen per person halveras till år 2050, motsvarande en nivå om 2,9 ton CO₂e per person. Minskningen sker relativt snabbt fram till 2040, bland annat genom en övergång till nollutsläppsfordon inom personbilstrafiken och fossilfritt stål. Därefter sker ingen ytterligare minskning av de totala utsläppen, de ytterligare minskningar som sker motverkas av att utrikesflygandet antas fortsätta öka enligt historisk takt (+100% till 2050). Nivån ligger också högt på grund av att utvecklingen i omvärlden här antas följa nuvarande trender och politik vilket innebär att importen fortsätter att orsaka stora utsläpp utomlands.

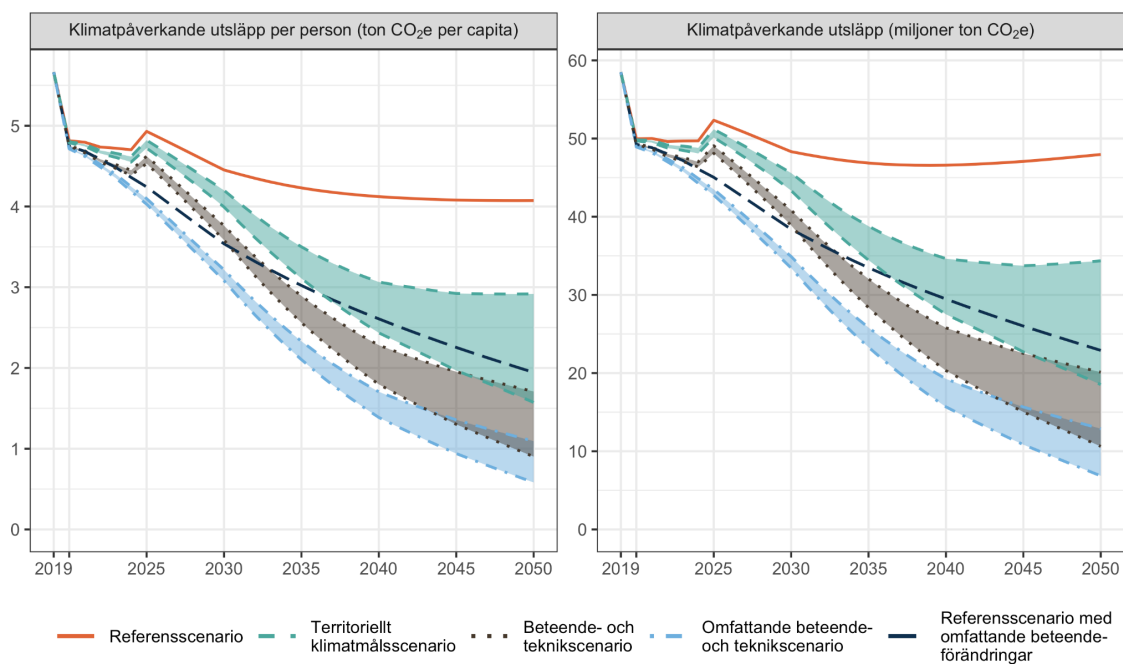
Beteende- och teknikscenario - Scenariot belyser effekten av ytterligare åtgärder som införs för att bidra till lägre klimatpåverkan även utanför Sveriges gränser. Utfallet visar att utsläppen under dessa antaganden kan nå 1,7 ton CO₂e per person år 2050. I det här scenariot ökar inte utrikesflygandet utan ligger kvar på 2019 års nivå och ett skifte inom animaliekonsumtionen sker där hälften av nötköttet byts ut mot kyckling (eller växtbaserad proteinkälla), för att ge några exempel på förändringarna jämfört med det Territoriella klimatmålsscenario. En annan skillnad är att nybyggnationen av bostäder halveras vilket möjliggörs bland annat genom att en del lokaler byggs om till bostäder.

Omfattande beteende- och teknikscenario - Det här scenariot illustrerar effekten av omfattande minskningar av flygande, bilkörande, konsumtion av nötkött och mejeriprodukter samt byggnation av vägar och bostäder. Dessa åtgärder antas här vara genomförbara på grund av att avancerade tekniska förändringar uteblir. De konsumtionsbaserade utsläppen når i det här scenariot 1,1 ton CO₂e per person år 2050. För *Referensscenario med omfattande beteendeförändringar* ser vi utsläpp 1,9 ton CO₂e per person.

Scenarioutfall - framtida utsläpp om omvärlden utvecklas i linje med Parisavtalet

Omvärldens tekniska utvecklingstakt påverkar naturligtvis de svenska konsumtionsbaserade utsläppen. Det handlar exempelvis om vilka typer av flygplan som används för utrikesresor, om fossila energikällor fortfarande används för produktionen av elbilar och hur produktionsmetoderna ser ut för importerad mat. I det här avsnittet redovisas effekterna av *Global klimatomställning i linje med Parisavtalet*, till skillnad från ovanstående avsnitt som beskrev utfallen om omvärlden inte gör någon klimatomställning. Omvärldens utveckling bygger i huvudsak på det internationella energiorganets (IEA) scenario²⁵ som innebär att de globala utsläppen når netto-noll för alla klimatpåverkande ämnen år 2070. Detta innebär att alla länders energisystem i stort sett blir fossilfria samt betydande åtgärder även gällande jordbrukets utsläpp och internationellt flyg och sjöfart. Nedan beskrivs vad effekten skulle bli av att omvärlden ställer om i linje med Parisavtalet för framtida svenska konsumtionsbaserade utsläpp enligt respektive scenarionarrativ. Som jämförelse redovisas även de utsläpp som följer en utveckling i linje med dagens trender och politik (den övre nivån i spannet).

²⁵ IEA, 2019. [World Energy Outlook](#).



Figur 6 Svenska konsumtionsbaserade utsläpp för de fem scenarierna från persontransporter, livsmedel samt bygg och boende. Övre nivån i spannen: omvärlden utvecklas i linje med nuvarande trender och teknik. Lägre nivån i spannen: en global klimatomställning i linje med Parisavtalet

Territoriellt klimatmålsscenario - Utfallet visar att en utveckling i Sverige som ligger i linje med det territoriella klimatmålet, kombinerat med en global klimatomställning, genererar utsläpp om 1,6 ton CO₂e per person år 2050. Utsläppen sjunker alltså från 2,9 ton om omvärlden utvecklas i linje med nuvarande trender och politik till 1,6 ton om det sker en utveckling i omvärlden som ligger i linje med Parisavtalet. Skillnaden beror bland annat på lägre utsläpp utomlands vid produktion av fordon och batterier samt mat som vi importerar, och även att förnybart bränsle används i flyget.

Beteende- och teknikscenariot - Om förändringarna i det här scenariot, bland annat en minskning av nybyggnationen och en utebliven ökning av flyg, kombineras med en utveckling i omvärlden som ligger i linje med Parisavtalet så uppskattas utsläppen att landa på 0,9 ton CO₂e per person år 2050.

Omfattande beteende- och teknikscenariot - Utfallet för de konsumtionsbaserade utsläppen når i det här scenariot 0,6 ton CO₂e per person år 2050. Scenariot kombinerar omfattande beteendeförändringar med en tekniskt avancerad utveckling i både Sverige och omvärlden som ligger i linje med Parisavtalet, och illustrerar hur lågt det går att nå genom en kombination av omfattande åtgärder både tekniskt och beteendemässigt. Denna kombination innebär dock stora utmaningar eftersom starka styrmedel behövs både för beteendeförändringarna och för att stimulera till nödvändig teknikutveckling och -spridning. Omfattningen av utmaningarna kan dock skilja sig mellan konsumtionsområden. Å ena sidan kan en lägre konsumtionsnivå av varor som också till stor del produceras inhemskt negativt påverka incitamenten för att investera i ny teknik, men å andra sidan så är många branscher globala och har en stor tillväxt. Ett exempel är att en hållbar och rättvis flygsektor kan omfatta ett dubblerat flygande globalt samtidigt som svenskt flygande halveras²⁶.

²⁶ Åkerman, m. fl., 2021. [Low-carbon scenarios for long-distance travel 2060](#). Transportation Research Part D: Transport and Environment

Rekyleffekter och andra beteendeförändringar

Beteendeförändringarna i form av minskat bilåkande, flygande, köttkonsumtion och boyta i *Beteende- och teknikscenariot* och *Omfattande beteende- och teknikscenario* innebär troligen sammantaget betydligt lägre utgifter för hushållen²⁷. Detta gäller framförallt *Omfattande beteende- och teknikscenariot* eftersom beteendeförändringarna där är betydligt större. En samhällsutveckling med förändrade normer och styrmedel i den här riktningen skulle sannolikt också vara förknippad med andra former av en resurssnål livsstil, såsom mer delande och lägre materiell konsumtion av t.ex. kläder, möbler och hemelektronik. Detta skulle i sin tur leda till ännu lägre utgifter för hushållen. Frågan är då hur dessa pengar skulle användas istället och vilken klimatpåverkan det skulle leda till. Då scenarierna med omfattande beteendeförändringar täcker alla de idag viktigaste klimatbelastande typerna av konsumtion så kan man anta att det inte nödvändigtvis sker någon omfattande rekyleffekt i form av att andra typer av klimatbelastande konsumtion ökar. Det finns istället tre andra tänkbara utvecklingsvägar:

- En sådan är ökad privat konsumtion av varor och tjänster med relativt låg klimatpåverkan²⁸ som t.ex. restaurangbesök, kultur, kurser, skönhetsvård, hushållstjänster, samt konsumtion av dyrare varianter av varor som kläder och möbler med både högre kvalitet och högre miljömässig och social hållbarhet.
- En annan utvecklingsväg är att den minskade privata konsumtionen genom en ökad skattekvot ersätts av en ökad offentlig konsumtion av bl.a. vård, skola och omsorg (som har en mycket lägre klimatbelastning per krona jämfört med genomsnittlig privat konsumtion).
- En tredje utvecklingsväg är att de minskade utgifterna för hushållen kombineras med en allmän arbetstidsförkortning. De minskade utgifterna skulle sannolikt för de flesta täcka upp för den uteblivna reallöneökning som en arbetstidsförkortning kan leda till. En sådan utveckling skulle leda till en absolut konsumtionsminskning (relativt Referensscenariot) och därigenom minskade utsläpp²⁹.

Biobränsleanvändning i scenarierna

Biobränsle är en av de åtgärder som förutses både för att nå de territoriella klimatmålen och för att minska klimatpåverkan från internationellt flyg. I en värld som ställer om i linje med Parisavtalet så antar vi att andra generationens biobränslen tar marknadsandelar och bidrar både till större tillgång till biobränslen och till lägre utsläpp i dess produktion. Även om andra generationens biobränslen ökar möjligheterna till biobränsleproduktion från en större variation av bioråvaror så är dess verkningsgrad (dvs. hur mycket flytande biobränsle som kan fås utav en enhet bioråvara) betydligt lägre (upp till 45%) jämfört med nuvarande produktion av flytande biobränslen (omkring 60%)³⁰. Med tanke på att tillgången på hållbart producerad bioråvara är begränsad och dess faktiska klimatpåverkan är omdiskuterad³¹ så bör scenarier som syftar till att nå Parisavtalets mål ta hänsyn till de analyserade åtgärdernas behov av bioråvara. I den här rapporten antas förenklat att de direkta

²⁷ Om reduktionen uppnås genom höga konsumtionsskatter så kan utgifterna vara kvar på liknande nivå, men då kan andra skatter sänkas (t.ex. moms) och då minskar hushållens totala utgifter.

²⁸ Larsson & Nässén, 2019. [Konsumtionens klimatpåverkan - trender, mål och styrmedel](#). Kapitel i Konsumtionsrapporten 2019.

²⁹ Holmberg, m. fl., 2011. [Klimatomställningen och det goda livet](#). Chalmers.

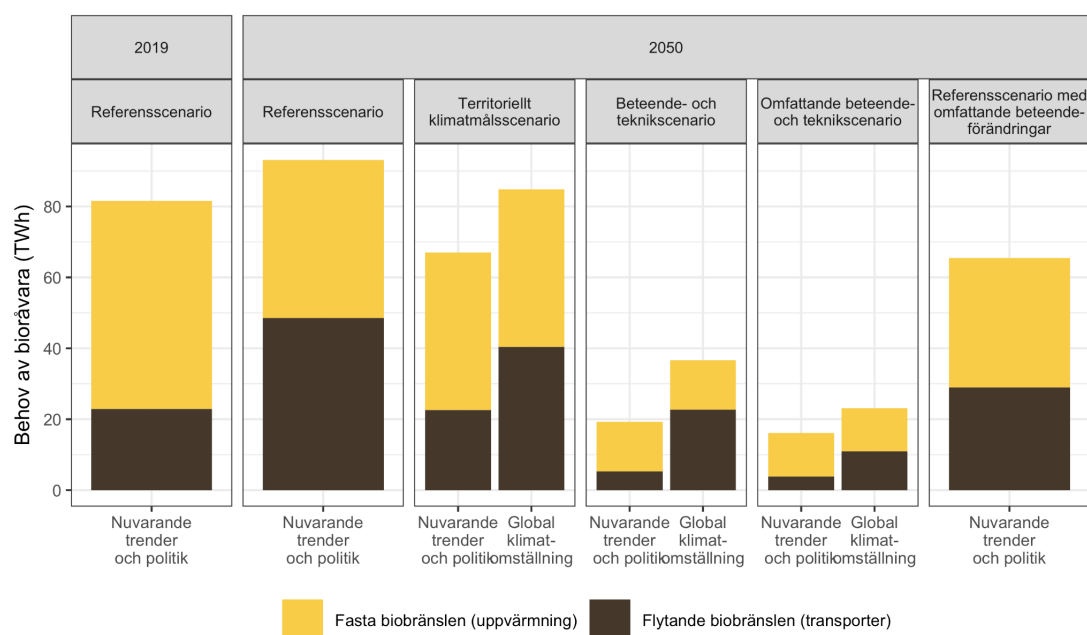
³⁰ Millinger, m. fl., 2017. [Competitiveness of advanced and conventional biofuels: Results from least-cost modelling of biofuel competition in Germany](#). Energy Policy.

³¹ Cintas, m. fl., 2016. [The climate effect of increased forest bioenergy use in Sweden: Evaluation at different spatial and temporal scales](#). Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment.

utsläppen från förbränning av biobränslen inte ger någon klimatpåverkan (se detaljer [här](#)). Notera dock att ett annat alternativ är förnybara elektrobränslen som produceras genom att man använder infångad koldioxid och el för att producera bränsle som går att använda i befintlig infrastruktur.

Idag används biobränsle främst till uppvärmning (vedeldning eller som bränsle i fjärrvärmeverk), men även i transportsektorn (främst HVO och etanol). Med hänsyn tagen till verkningsgraden för respektive användningsområde så uppgår 2019 års behov av bioråvara till drygt 80 TWh för de sektorer som vi inkluderar i analysen (motsvarande 50% av det totala svenska behovet av bioråvara³²), se Figur 7. Notera att bränsleanvändningen för arbetsmaskiner och tunga transporter (inkl. sjöfart) samt inom skogs- och tillverkningsindustrin för respektive scenario inte ingår i figuren.

I *Referensscenario* ökar biobränsleanvändningen främst inom personbilstrafiken och flyget till följd av den lagstadgade reduktionsplikten. I *Territoriellt klimatmålsscenario* får biobränsleanvändningen ett större genomslag i det europeiska flyget och även internationellt beroende på omvärldens omställning. Detta kompenseras dock genom elektrifieringen av personbilstrafiken och den regionala busstrafiken. I *Beteende- och teknikscenario* antas ett lägre behov av biobränslen för flyget givet den lägre flygvolymen och att biobränsle för uppvärmning minskar till förmån för värmepumpar (enskilda eller storskaliga för fjärrvärmeproduktion). Omvärldens omställning påverkar även här mängden biobränsle i det internationella flyget. *Omfattande beteende- och teknikscenario* visar effekten av antagna beteendeförändringar på biobränsleanvändningen givet en svag respektive stark teknisk utveckling i omvärlden. Avslutningsvis, för *Referensscenario med omfattande beteendeförändringar* ser vi en omfattande biobränsleanvändning, vilket är intressant i ljuset av att detta scenario resulterar i höga utsläpp 2050 och främst beror på den beslutade reduktionsplikten kombinerat med en begränsad elektrifiering inom personbilstrafiken.



Figur 7 Behov av bioråvara³³ för respektive scenario samt fasta och flytande biobränslen.

³² Fossilfritt Sverige, 2021. [Strategi för fossilfri konkurrenskraft - bioenergi och bioråvara i industrins omställning.](#)

³³ Biobränsleanvändningen i respektive konsumtionsområde har räknats om till behov av bioråvara utifrån verkningsgraden för respektive process för bränsleproduktion. I de fall värdena är osäkra har den högre verkningsgraden valts, vilket kan resultera i en viss underskattning av behovet av bioråvara.

Förutom den biobränsleanvändning som Figur 7 visar så bör även biobränsleanvändningen inom skogs- och tillverkningsindustrin samt arbetsmaskiner och tunga transporter (inkl. sjöfart) beaktas om det fullständiga behovet av bioråvara ska bedömas. Fossilfritt Sverige³⁴ uppskattar att behovet av bioråvara för svensk skogs- och tillverkningsindustri år 2045 kan vara 106 TWh samt ytterligare 35 TWh för sjöfartsbränsle som bunkras i Sverige och ca 5-30 TWh för arbetsmaskiner och vägtransporter beroende på graden av elektrifiering, där osäkerheten är som störst kring arbetsmaskinernas och lastbilars elektrifiering. Notera dock att Fossilfritt Sveriges uppskattningar gäller inhemsk produktion och därmed inkluderas produktion av exportvaror men inte biobränsleanvändning i andra länder för produktion av varor som importeras till Sverige.

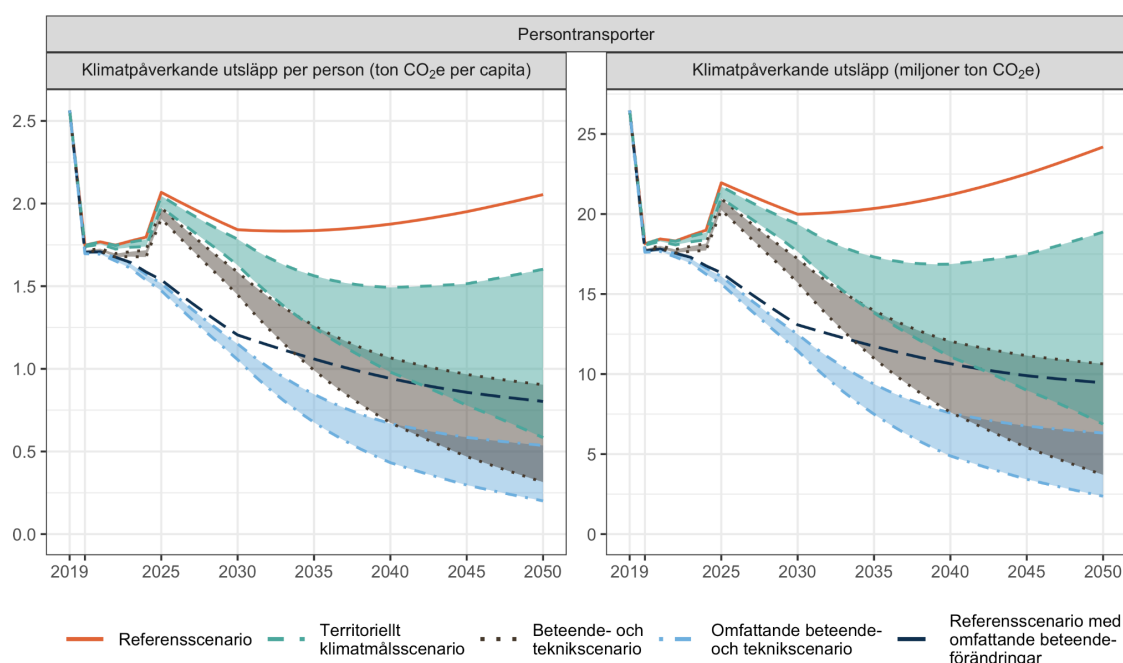
³⁴ Fossilfritt Sverige, 2021. [Strategi för fossilfri konkurrenskraft - bioenergi och bioråvara i industrins omställning](#).

Fördjupad beskrivning av antaganden och utfall för enskilda konsumtionsområden

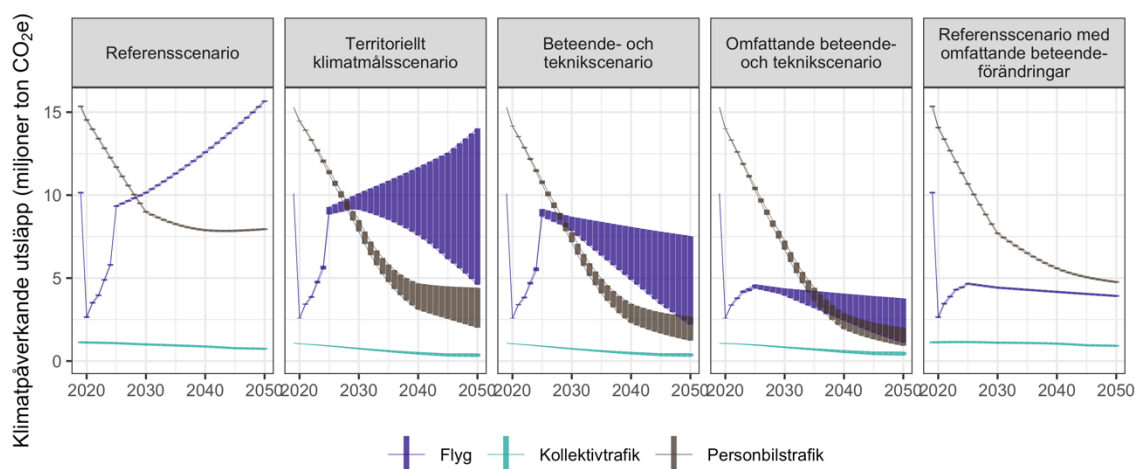
I det här avsnittet finns detaljerade beskrivningar för persontransporter, boende och infrastruktur och livsmedel, dvs. fördjupningar av de övergripande scenarier som ovan beskrivs i [löptext](#) och i Tabell 1.

Persontransporter

De framtida klimatpåverkande utsläppen från persontransporter i de fem olika scenarierna beskrivs i figurerna nedan. Kommentarer om dessa utfall finns i de efterföljande avsnitten som är uppdelade i flyg, bil och kollektivtrafik. I dessa avsnitt finns också detaljerad information om de olika antaganden som analysen bygger på.

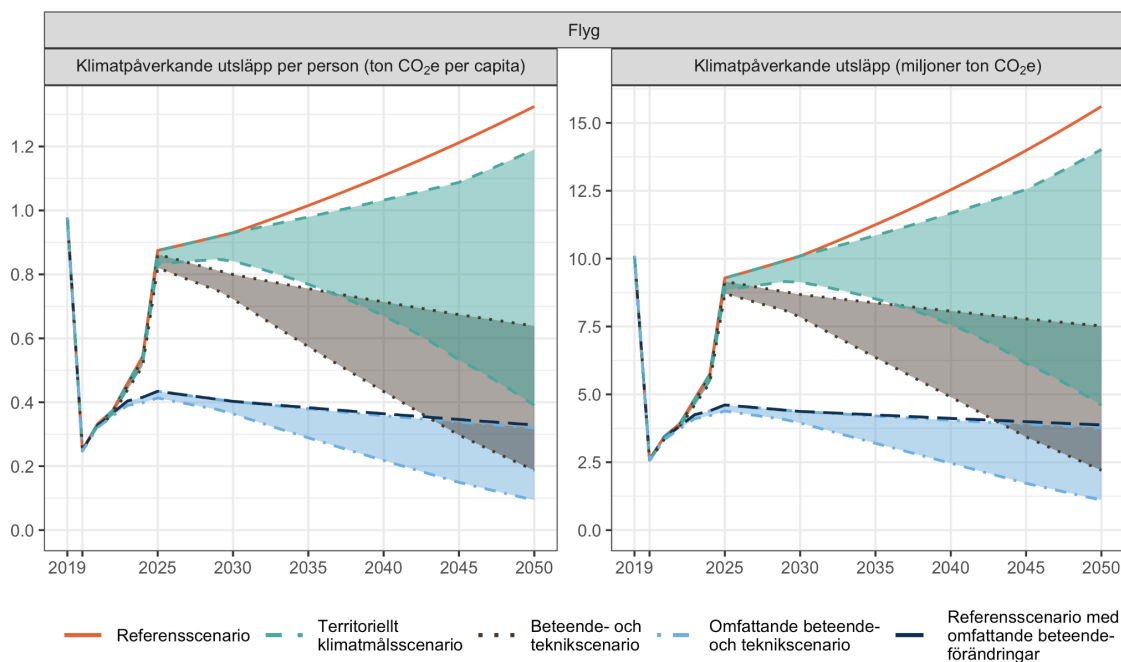


Figur 8 Svenska konsumtionsbaserade utsläpp från persontransporter i de fem scenarierna



Figur 9 Svenska konsumtionsbaserade utsläpp från flyg, bil och kollektivtrafik i de fem scenarierna

Flyg



Figur 10 Scenarier för framtida konsumtionsbaserade utsläpp för svenska befolkningens flygande

Den svenska befolkningens flygande orsakade 2019 klimatpåverkande utsläpp motsvarande 10 miljoner ton CO₂e. Vi antar att omfattningen av flygandet efter pandemin kommer att återhämta sig till år 2025. Utrikesflyget antas då nå 2019 års nivå medan inrikesflyget istället planar ut på en nivå som ligger 30% lägre på grund av färre tjänsteresor.

I *Referensscenariot* och det *Territoriella klimatmålsscenario* antas den historiska ökningstakten för utrikesflyget därefter att fortsätta vilket innebär en dubbling till år 2050. För *Referensscenariot* leder volymökningen till att utsläppen ökar med mer än 50% till år 2050 på grund av att endast måttliga tekniska förbättringarna införs.

Utfallet för det *Territoriella klimatmålsscenario* visar att denna kraftiga ökning av flygandet både kan leda till en ökning och en minskning av utsläppen till 2050. Den högre siffran, 14 miljoner ton CO₂e, bygger på att allt bränsle som tankas i Sverige är förnybart men att inget av det som tankas utomlands är det. Den lägre siffran, knappt 5 miljoner ton CO₂e, bygger å andra sidan på att förnybart bränsle står för huvuddelen av flygbränslet i hela världen, att elflyg delvis används för resor inom EU, samt att åtgärder för att minska höghöjdseffekterna har fått stort genomslag. Det stora spannet på 5-14 miljoner ton illustrerar osäkerheten avseende flygbranschens teknikutveckling och framtida klimatpåverkan.

I *Beteende- och teknikscenariot* antas samma alternativa teknikutvecklingsscenario som ovan men här antas volymen för utrikesflyget ligga kvar på 2019 års nivå under hela perioden. Detta medför att utsläppen skattas till mellan drygt 2 och 7 miljoner ton CO₂e år 2050. I scenarierna med omfattande beteendeförändringar antas istället utrikesflygets volym halveras jämfört med 2019 års nivå. Beroende på den teknik som används så beräknas *Omfattande beteende- och teknikscenariot* leda till utsläpp på mellan drygt 1 och knappt 4 miljoner ton CO₂e år 2050. I *Referensscenariot med omfattande beteendeförändringar* och mycket begränsad teknisk utveckling så beräknas utsläppen bli cirka 4 miljoner ton.

Utgångsläge 2019

Klimatpåverkande utsläpp från svenska befolkningens flygande utgår från en analys där bl.a. Swedavias resenärsundersökningar har använts³⁵. Dessa beräkningar omfattar utsläpp för hela resan till slutdestinationen, vilket skiljer dem från utsläppsstatistiken som bygger på tankning på svenska flygplatser³⁶. Den senaste beräkningen avser 2017 och dessa siffror har här justerats ned för att ta hänsyn till den senaste forskningen om flygets höghöjdseffekter³⁷. Då vi tillämpar ett livscykelperspektiv i den här rapporten (till skillnad från ovan beskrivna studie) ingår även utsläpp vid utvinning, raffinering och transport av flygbränslen³⁸, se mer [här](#). Utsläppssiffrorna för 2019 tar också hänsyn till de minskningar i flygande som skedde mellan 2017 och 2019, minskningen för inrikesflyget var sammanlagt 12% och för utrikesflyget 0,5%³⁹. Baserat på detta så beräknas utsläppen från svenska befolkningens flygande (privata resor och tjänsteresor) till cirka 10 ton CO₂e år 2019. Av detta är cirka 7% från inrikesflyg, 51% härrör från resor till destinationer inom EU, och 42% till destinationer utanför EU⁴⁰.

Bränslen och flygplanstyper i framtiden

De framtida utsläppen från flyget beror till stor del på den teknik som kommer att användas. Här går vi igenom de antagande som har gjorts avseende energieffektiviseringar, förnybara bränslen och nya flygplanstyper. Vi har antagit att den årliga energieffektiviseringen blir 1,0 eller 1,3 procent per år fram till 2050 (detta skiljer sig mellan olika scenarier). Siffrorna utgår från ICAO:s scenarier⁴¹ "moderate" och "advanced" men är justerade för att ta hänsyn till en viss höjning av kabinfaktorn, som inte hanteras explicit i beräkningarna.

Förnybara bränslen är en åtgärd för att minska flygets klimatpåverkan som omfattar en mängd olika möjliga råvarubaser och produktionssystem⁴². På kort sikt är det främst biobränslen med råvarubaser som liknar dagens HVO-diesel som är tillgängliga, i framtiden kan t.ex. cellulosebaserade bränslen bli aktuella. Ett annat alternativ är förnybara elektrobränslen som produceras genom att man använder infångad koldioxid och förnybar el för att producera flytande flygbränsle som går att använda i befintliga flygplan. På längre sikt kan vätgas som produceras med el från t.ex. vind användas i flygsektorn, men det kräver nya typer av flygplan vilket gör att implementeringen ligger längre fram i tiden. Olika förnybara bränslen innebär olika klimatpåverkan. Vi har antagit att förnybara bränslen i genomsnitt medför 78% lägre klimatpåverkan än fossila bränslen (i scenarier med global klimatomställning antas avancerade biobränslen få marknadsgenomslag, vilket innebär

³⁵ Kamb & Larsson (2018) [Klimatpåverkan från svenska befolkningens internationella flygresor 1990 – 2017](#), Larsson m.fl. (2018). [Measuring greenhouse gas emissions from international air travel of a country's residents](#). Environmental Impact Assessment Review.

³⁶ Här ingår alltså inte flygresor efter mellanlandning och inte heller höghöjdseffekten, däremot ingår även utsläpp från utländska besökare flygande.

³⁷ En sänkning av uppräkningsfaktor från 1,9 till 1,7, baserat på Lee m.fl. (2021) [The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018](#) Atmospheric Environment. (se vidare under rubriken Höghöjdsfaktorn nedan). Vi har även antagit att den historiska utsläppsminskningen per personkilometer fortsatte, vilket innebär en minskning på 1,9% per år.

³⁸ Klimatpåverkan från tillverkningen av flygplan och investeringar i flygplatser ingår dock inte, men de antas inte påverka utsläppen per personkilometer på något väsentligt sätt.

³⁹ Observera att dessa förändring bygger på förändringar i totalt antal passagerare vilket också inkluderar besökare från andra länder. Detta medför en osäkerhet för siffrorna. Källa Swedavia [2018](#) och [2019](#).

⁴⁰ Larsson m.fl. 2019. [International and National Climate Policies for Aviation: A review](#). Climate policy.

⁴¹ Dessa scenarier är 0.96% och 1.16% i ICAO (2019) Destination Green – The Next Chapter. 2019 Environmental Report.

⁴² För analys av alternativen och dess kostnader se [Dahal m.fl. 2021 Techno-economic review of alternative fuels and propulsion systems for the aviation sector](#). Renewable and Sustainable Energy Reviews.

att den genomsnittliga minskningen ökar till 90% jämfört med fossil motsvarighet år 2050), se mer [här](#).

Hur mycket förnybara bränslen som kommer att användas varierar i de olika scenarierna. För *Referensscenarierna* antas att andelen förnybara bränslen ökar till en relativt låg nivå, nämligen 34% till 2030 (vilket är den inblandning som krävs för att nå 27% utsläppsminskning vilket är kravet i den beslutade reduktionsplikten) och sedan hålls konstant. Reduktionsplikten gäller för flygbolagens tankning i Sverige. För EU-flygningar antas enbart utresan ske med biobränsleinblandning och för flygningar till resten av världen antas ingen biobränsleinblandning. Dessa antaganden innebär att 11% av svenska befolkningens flygande år 2030 sker med biobränsle.

För det *Territoriella klimatmålsscenario* och *Beteende- och teknikscenario* ökar andelen fortsatt efter 2030 för att nå 100% år 2045 i inrikesflyget då det omfattas av det territoriella klimatmålet. För utrikesflyget antar vi en andel förnybara bränslen som ligger på mellan 26% och 63% till 2050, beroende på omvärldens omställningstakt. Den lägre siffran bygger på att allt flygbränsle som tankas i Sverige är förnybart men att ingen nämnvärd ökning sker utomlands. Den högre siffran skall spegla en global klimatomställning i linje med klimatmålen och här antar vi att alla utrikesresor (tur och retur) sker med flygplan som i genomsnitt använder 63% förnybart bränsle. Siffran bygger på EU-kommissionens förslag på en kvotplikt på 63% förnybart bränsle i flyget till år 2050. Vi antar att denna nivå gäller för hela världen. Som jämförelse kan nämnas att flygutsläppen 2050 i Internationella energiorganets hållbara utvecklingsscenario är 62% lägre än i "stated policy" scenario⁴³.

Batteriflyg och *bränslecellsflyg* kan komma att slå igenom för kortare flygningar i framtiden. En utmaning är att batteriernas energiinnehåll per kilo behöver öka. En analys indikerade att om batteriernas energidensitet fyrdubblas kan marknadssegmentet för flygningar upp till 1100 km elektrifieras och därmed täcka 15% av det globala flygresandet år 2060⁴⁴. En annan teknisk lösning är att vätgas används i kombination med bränsleceller. Utöver utmaningen att få till dessa flygplan så behövs nya produktions- och distributionssystem för förnybart producerat vätgas. I Territoriella klimatmålsscenario och Beteende- och teknikscenario antar vi att 30% av antalet passagerarkilometer för resor inrikes och i EU år 2050 antingen sker med batteriflyg eller med bränslecellsflyg. Det sannolika är att batteridrivna elflyg kommer igång först och att vätgas/bränsleceller kommer först i slutet av perioden. För elanvändning i elflyg antar vi att den minskar med 1,3% per år.

Höghöjdseffekter

Höghöjdseffekten är mycket osäker. Det största bidraget utöver CO₂ för flygets totala klimatpåverkan är kondensstrimmor och annan inducerad påverkan på molnigheten. I denna rapport använder vi den mest etablerade skattningen som innebär att flygets totala klimatpåverkan, utifrån beräkningsgrunden *global warming potential* över 100 års tidshorisont (GWP-100), är cirka 1,7 gånger högre än påverkan från endast koldioxidutsläpp⁴⁵. Den uppvärmande effekten av kondensstrimmor och annan påverkan på molnigheten revideras dock kontinuerligt. En nyligen

⁴³ IEA, 2019. [World Energy Outlook](#).

⁴⁴ Schäfer m.fl. 2019. [Technological, economic and environmental prospects of all-electric aircraft](#). Nature energy.

⁴⁵ Lee m.fl. 2021. [The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018](#) Atmospheric Environment.

publicerad observationsbaserad studie, som analyserade förändringar i flygets aktivitet innan och under corona som underlag, indikerar att höghöjdseffekten skulle kunna vara betydligt svagare⁴⁶.

Ett sätt att minska höghöjdseffekterna är att ändra flygrutterna så att luftrum med förutsättningar för att bilda persistenta kondensstrimmor, gällande temperatur, tryck och luftfuktighet, undviks. Studier indikerar att detta kan halvera höghöjdseffekterna men med nackdelen att koldioxidutsläppen ökar med ett par procent⁴⁷. Ett kompletterande sätt, som lyfts fram i en rapport från EU-kommissionen/EASA, är att minska aromathalten i flygbränslet⁴⁸. I scenarierna som innebär en global omställning i linje med Parisavtalet antas höghöjdseffekterna minska med 60% till år 2050, för övriga scenarier antas ingen minskning.

Volym av flygande i framtiden

Osäkerheten kring hur flygvolymer kommer att utvecklas under de närmaste åren är naturligtvis mycket stor. Flygbolagens branschorganisation IATA är de som tror på den snabbaste återhämtningen; de bedömer att flygtrafiken i Västeuropa redan 2024 kommer att ligga på samma nivå som 2019⁴⁹. Eurocontrol och Swedavia uppskattar att detta kommer att ske någon gång efter 2025⁵⁰. Den prognos som innebär långsammast återhämtning är från Transportstyrelsen⁵¹. Deras prognos innebär att antalet avresande från svenska flygplatser efter pandemin planar ut på en nivå som ligger hela 35% lägre än 2019. Därefter antar de en ökning på ca 3% per år vilket innebär att volymerna inte skulle nå 2019 års nivå förrän år 2038⁵². Vi använder inte denna prognos då de inte redovisar tillräckliga förklaringar till dessa kraftiga minskningar⁵³.

Alla prognosmakare tar upp att det är övergången till digitala möten i arbetslivet som främst kommer att påverka framtida flygvolymer. Detta innebär att det framförallt är tjänsteresandet som kommer att påverkas, vilket får en större effekt på inrikesflyget än på utrikesflyget. Analyser av data från Tillväxtverket/SCB visar att andelen tjänsteresor totalt är ca 30%⁵⁴, medan de är ca 60% för inrikesflyget och ca 20% för utrikes⁵⁵.

⁴⁶ Digby m.fl. 2021 [An Observational Constraint on Aviation-Induced Cirrus from the COVID-19-Induced Flight Disruption](#). Geophysical research letters

⁴⁷ Teoh, R. (2020). [Climate forcing of aircraft contrails: uncertainty quantification and mitigation potential](#). Yin, F., m.fl (2018). [Verification of the ozone algorithmic climate change functions for predicting the short-term NOx effects from aviation en-route](#).

⁴⁸ EU kommissionen 2020. [Updated analysis of the non-CO2 effects of aviation](#)

⁴⁹ IATA 2021 [Air Traffic Movement Outlook – Europe August 2021](#)

⁵⁰ Beskrivet i Ds 2021:25. [Bromma flygplats – underlag för avveckling av drift och verksamhet](#)

⁵¹ Transportstyrelsen 2021. [Passagerarprognos 2021–2027 – Trafikprognos för svensk luftfart](#)

⁵² Beskrivet i Ds 2021:25. [Bromma flygplats – underlag för avveckling av drift och verksamhet](#)

⁵³ Den orsak till den lägre nivån som Transportstyrelsen pekar på är framförallt ut att fysiska möten ersätts med virtuella. Då tjänsteresandet är större för inrikes behöver en fördelning göras av denna minskning på 35%, t.ex. att minskningen för inrikes är 50% och utrikes 25%. En halvering av inrikesresandet skulle innebära att tjänsteresandet i stort sett upphör. Något motiv för en kraftig minskning av utrikesresandet (som till 80% är privata resor) anges inte heller. Ökad klimatengagemang bland privatpersoner kan dock bidra till en förändring. Detta var också starkt 2018 och 2019 innan pandemin och bidrog till minskat flygande, dock i mycket mindre omfattning än vad som finns i Transportstyrelsens prognos. Mellan 2017 och 2019 minskade inrikesresandet med 12%, och utrikesresandet med 0,5%. Källor: [2018](#) och [2019](#).

⁵⁴ OBS tjänsteresorna är i genomsnitt kortare än de privata resorna vilket innebär att tjänsteresorna står för ca 20% av antalet personkilometer. Källa: Kamb m.fl. 2019. [Flygresorna och klimatet](#).

⁵⁵ Egen analys av flygresor baserat på undersökningen [Svenskars resande](#).

Luftfartsverket gör en analys specifikt för inrikesflyget och bedömer att den kommer att plan ut på en nivå som ligger 30% lägre än innan pandemin⁵⁶. Om detta främst skulle realiseras genom minskat tjänsteresande så innebär det att tjänsteresandet ungefär skulle halveras. Det ligger i linje med en analys baserat på aktiviteten under tjänsteresor och som finner att två tredjedelar av flygresorna i tjänsten skulle kunna ersättas med resfria möten. Referensscenariot antar vi ett inrikesflygande som ligger 30% under 2019 års nivå från och med 2025.

För utrikesflyget står tjänsteresorna för en relativt liten del av antalet personkilometer så en minskning här har inte lika stor effekt. Vi antar att utrikesflyget 2025 når samma nivå som 2019. Det kan nämnas att detta är cirka 20% lägre än prognoserna som gjordes innan pandemin. En analys⁵⁷ av svenska resenärer visar på en realistisk potentiell utsläppsminskning på cirka en fjärdedel baserat på resenärers acceptans för ändrade destinationsval (flyg till närmare destinationer) och/eller transportslag (framförallt tåg istället för flyg).

Vi gör olika antaganden för hur stort flygandet är 2050 i de olika scenarierna. I Referensscenariot och det Territoriella klimatmålsscenarioet antar vi det som beskrivs ovan, att inrikesflyget från 2025 och framåt ligger på en nivå som är 30% lägre per person än 2019 års nivå, och att utrikesflyget 2025 har samma nivå per person som 2019. Vi antar att utrikesflyget därefter ökar med 2,9% per år och person vilket är den ökningstakt som gällde mellan 1990 och 2017⁵⁸. För utrikesflyget innebär detta att flygvolymen per person år 2050 är dubbelt så stor som år 2019.

I *Beteende- och teknikscenariot* antas volymerna vara lägre för att därigenom bidra till möjligheterna att nå klimatmålen i Parisavtalet. Inrikesflyget antas stabiliseras på halva den nivå som rådde 2019, och utrikesresorna antas under 2025 - 2050 ligga på samma nivå som år 2019. Förverkligandet av ett sådant scenario, i kombination med stigande reallöner, förutsätter sannolikt normförändringar, kraftfulla styrmedel och att alternativen till flyg blir bättre (ökning av tåg i detta scenario beskrivs längre fram i rapporten som en del av [kollektivtrafiken](#)).

I *Omfattande beteende- och teknikscenariot* och *Referensscenariot med omfattande beteendeförändringar* antas utrikesflygandet per person år 2050 vara hälften av 2019 års nivå, medan inrikesflyget antas ligga 70% under 2019 års nivå. I detta scenario sker en fjärdedel av resorna inom EU med tåg. För att realisera en halvering av flygandet krävs dock en begränsning av antalet interkontinentala resor då de idag står för ca 40% av antalet personkilometer. När denna halverade flygvolymer kombineras med en mycket avancerad teknisk utveckling så är det ett scenario som ligger nära de scenarier som identifierats som förenliga med målen i Parisavtalet i en nyligen publicerad studie⁵⁹. I studien analyseras olika varianter av avancerad teknisk utveckling och resultaten visar att flygandet behöver minska med 38-59% för att klimatpåverkan ska minska i linje med Parisavtalet.

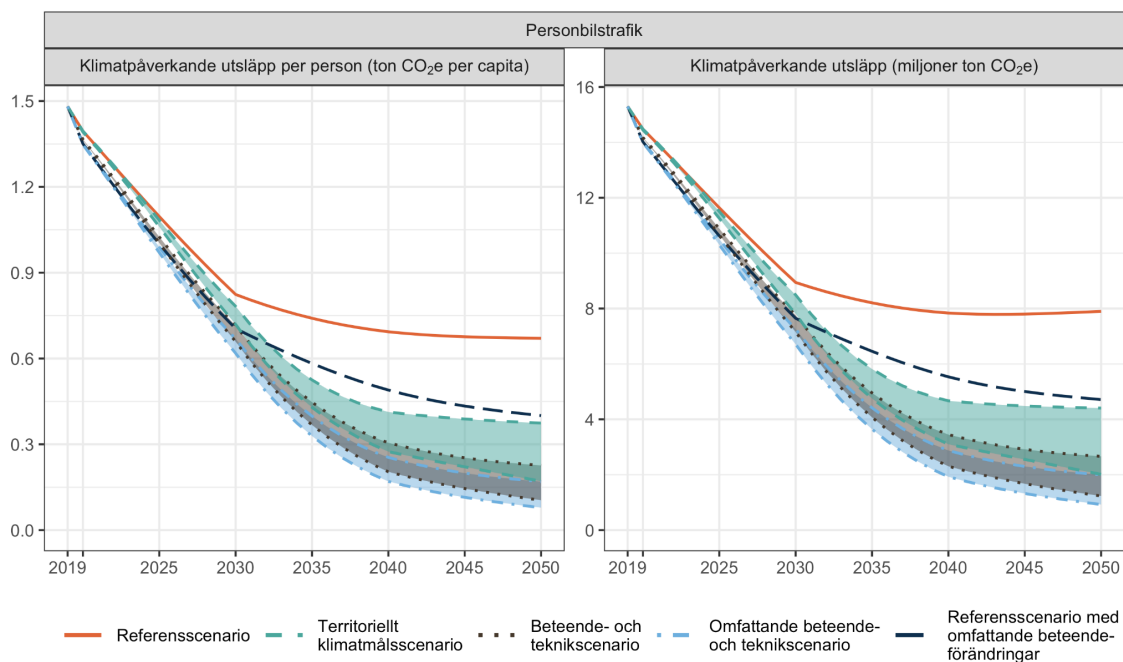
⁵⁶ Beskrivet i Ds 2021:25. [Bromma flygplats – underlag för avveckling av drift och verksamhet](#)

⁵⁷ Kamb m.fl. 2019. [Flygresorna och klimatet](#) och 2020 [Potentials for reducing climate impact from tourism transport behavior](#). Journal of Sustainable Tourism. OBS. Analysen gjordes innan pandemin.

⁵⁸ Kamb & Larsson J (2018) [Klimatpåverkan från svenska befolkningens internationella flygresor 1990 – 2017](#)

⁵⁹ Åkerman m.fl. 2021. [Low-carbon scenarios for long-distance travel 2060](#). Transportation Research Part D: Transport and Environment

Bil



Figur 11 Scenarier för framtida konsumtionsbaserade, klimatpåverkande utsläpp för svenska befolkningens bilåkande.

Personbilstrafiken stod för direkta utsläpp om 10,1 miljoner ton CO₂e år 2019, alltså utsläpp från personbilars avgasrör till följd av förbränning av fossila bränslen. Utöver de direkta utsläppen omfattas dessutom utsläpp om 2,1 miljoner ton CO₂e i fordons- och batteritillverkning samt 3,1 miljoner ton CO₂e i produktionen av bränslen och el som används för framdrivning.

I *Referensscenariot* minskar de totala utsläppen för svenskt bilåkande till 2030 och stabiliseras omkring 7,9 miljoner ton CO₂e. Det ökande bilåkandet kompenseras av en ökad inblandning av biobränslen enligt den beslutade revideringen av reduktionsplikten till 2030. Personbilstrafikens elektrifiering antas vara långsam och endast driven av EU:s utsläppskrav på personbilar. Bilar med förbränningsmotor säljs även 2050.

Territoriella klimatmålsscenario bygger på att Utfasningsutredningens förslag⁶⁰ genomförs vilket leder till en snabb elektrifieringstakt - att bilar med förbränningsmotor inte längre säljs efter 2030 - samt att fossila bränslen är helt utfasade 2040. Utsläppen minskar till mitten av 2030-talet och börjar sedan plana ut på en nivå mellan 2,0-4,4 miljoner ton CO₂e beroende på omvärldens omställning.

I *Beteende- och teknikscenariot* minskar utsläppen snabbare och stabiliseras på en lägre nivå än territoriella klimatmålsscenario till följd av en dämpad ökning av transportarbete med personbil samt introduktion av självkörande bilar som möjliggör både bil- och resedelning i storstadsregioner. Utsläppen stabiliseras på en nivå mellan 1,2-2,7 miljoner ton CO₂e beroende på omvärldens omställning.

⁶⁰ Statens offentliga utredningar, 2021. [I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040 - SOU 2021:48](#)

I scenarierna med omfattande beteendeförändringar antas ett minskat bilåkande och bildelning i storstadsregioner. I *Omfattande beteende- och teknikscenariots* antas samma teknikutveckling som i Beteende- och teknikscenariot och här minskar utsläppen kontinuerligt över perioden och når ett spann om 0,9-2,0 miljoner ton CO₂e år 2050. I *Referensscenariot med omfattande beteendeförändringar* och mycket begränsad teknisk utveckling så blir utsläppen istället ca. 4,7 miljoner ton.

Utgångsläge 2019

Beräkningen av personbilstrafikens livscykelutsläpp bygger på en bilparksmodell och utsläppsberäkning omfattande både personbilars drift, fordon- och batteritillverkning och bränsleproduktion. Modellen finns beskriven i detalj i Morfeldt m.fl.⁶¹. Modellen simulerar den svenska bilparken från 1950 och framåt utifrån årligt transportarbete, genomsnittlig livslängd och årlig körsträcka, beläggningsgrad (genomsnittligt antal i bilen) samt andel bilar med förbränningsmotor, plug-in-hybrider och elbilar i nybilsförsäljningen. Den simulerade sammansättning av bilparken är avstämd mot statistik för 2019. Andelen biobränsle som används är baserad på en uppskattning av den totala andelen biobränsle i flytande bränsle för år 2019.

Antaganden kring nya biltyper och bränslen i framtiden

Både bilar med förbränningsmotor och elmotor antas bli effektivare i framtiden. Fram till 2030 antas energianvändningen i nya bilar med förbränningsmotor minska med 30% per kilometer, och för nya elbilar med 10%.

När det gäller introduktionen av nya biltyper, bränslen samt bil- och resedelning görs följande antagande för respektive scenario.

Referensscenario (både det med och utan omfattande beteendeförändringar)

- Elbilar och plug-in-hybrider introduceras i linje med redan tagna beslut inom EU⁶². För Sverige innebär det en ökning av andelen laddbara bilar i nybilsförsäljningen från 31% 2020 till 39% 2030 och att andelen elbilar i sålda laddbara bilar ökar från 30% till 50% under samma period. Ingen ytterligare ökning antas efter 2030.
- Andelen biobränslen i användningen av flytande bränslen ökar i linje med den beslutade reduktionsplikten, vilket ger en ökande genomsnittlig andel från 23% 2019 till 59% år 2030. Ingen ytterligare ökning antas efter 2030.
- Självkörande bilar samt bil- och resedelning antas inte få något genomslag i detta scenario.

Territoriellt klimatmålsscenario

- Andelen nollutsläppsfordon - Utfasningsutredningens förslag om målsättning för nollutsläppsfordon antas bli införd och inga bilar med förbränningsmotor säljs därför efter 2030. Andelen laddbara bilar⁶³ i nybilsförsäljningen ökar från 31% år 2020 och är 100% från år 2030.
- Andelen biobränslen i användningen av flytande bränslen antas öka i linje med Utfasningsutredningens ambition om att fasa ut fossila bränslen från transportsektorn till

⁶¹ Morfeldt, m. fl., 2021. [Carbon footprint impacts of banning cars with internal combustion engines](#). Transportation Research Part D: Transport and Environment.

⁶² EU reglering [2019/631](#) avseende utsläpp per km för flottan i genomsnitt.

⁶³ Andra typer av nollutsläppsfordon kan komma att ta vissa marknadsandelar men det bedöms inte ha betydande påverkan på utfallet.

2040. Det implementeras som att den genomsnittliga andelen biobränslen i flytande bränslen ökar från 23% år 2019 till 100% år 2040.

- Självkörande bilar samt bil- och resedelning antas inte få något genomslag i detta scenario.

Beteende- och teknikscenario

- Andelen noll-utsläppsfordon - som Territoriellt klimatmålscenario
- Andelen biobränslen - som Territoriellt klimatmålscenario
- Självkörande bilar introduceras i början av 2030-talet och omfattar 44% av bilparken 2050. Det finns stora osäkerheter rörande tekniken bakom självkörande bilar och hur den kommer tas emot bland användare men antas expandera relativt snabbt om den kommer ut på marknaden^{64,65}. Självkörande teknik kan också få en rad potentiella konsekvenser genom att göra bilåkande mer attraktivt. Vi utgår från att det finns styrmedel och regleringar på plats så att bilåkande inte ökar utan snarare minskar. För personer boende i storstadsregioner sker en övergång från individuellt ägande av bil till delad mobilitet, inkl. resedelning. År 2050 beräknas ca 5% av den nationella bilparken att vara delade bilar och dessa täcker ca 34% av det nationella transportarbetet. Vi antar att en delad bil ersätter i genomsnitt 6,25 individuellt ägda eller leasade bilar, och vi antar vidare att de delade självkörande bilarna kör 20% extra för att plocka upp passagerare och parkera m.m.

Omfattande beteende- och teknikscenario

- Övre nivån i spannet
 - Elbilar och plug-in-hybrider - som Referensscenario
 - Andelen biobränslen - som Referensscenario
 - Bildelning antas öka i storstadsregioner och år 2050 beräknas ca 6% av bilparken vara delade bilar, vilket resulterar i att ca 34% av det nationella transportarbetet görs med delade bilar. Vi antar att en delad bil i genomsnitt ersätter 5 individuellt ägda eller leasade bilar. Självkörande bilar antas inte få något genomslag i detta scenario.
- Nedre nivån i spannet
 - Alla antaganden utom volym som Beteende- och teknikscenario

Volymen av bilåkande i framtiden

Transportarbetet antas i *Referensscenario* och *Territoriellt klimatmålscenario* följa utvecklingen i Trafikverkets basprognos⁶⁶. Basprognosen motsvarar en ökning av bilåkandet om 36% år 2050 jämfört med 2019. Om man tar hänsyn till befolkningsutvecklingen motsvarar det en ökning om 19% i antalet person-km per person.

Beteende- och teknikscenario utgår från bibehållet bilåkande (motsvarande konstant antal person-km per person). Med hänsyn tagen till prognostiserad befolkningsökning så motsvarar det en ökning av bilåkandet om 14% år 2050⁶⁷. Antagandet har sin utgångspunkt i en observerad historisk trend

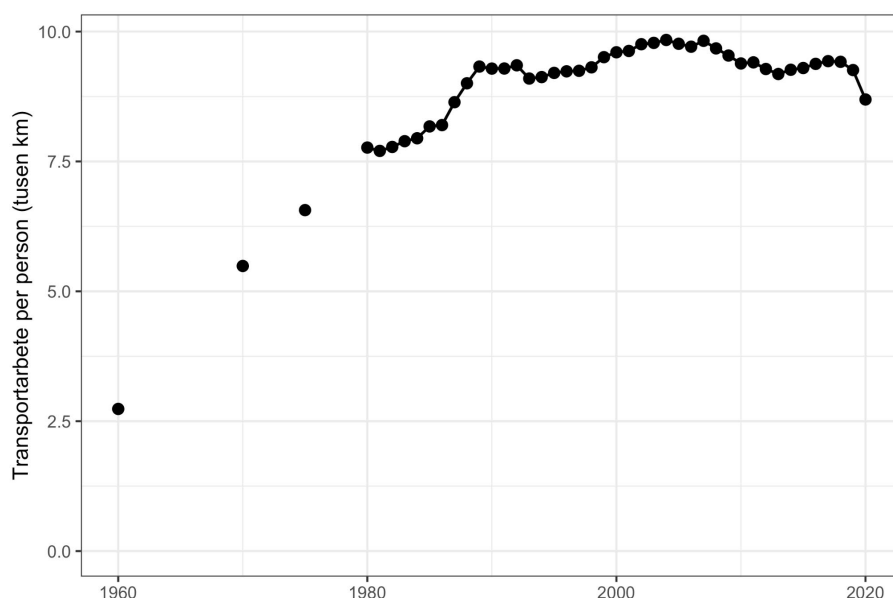
⁶⁴ Quarles, m. fl., 2021. [America's fleet evolution in an automated future](#). Research in Transportation Economics.

⁶⁵ Pernestål, m. fl., 2019. [2 - Where will self-driving vehicles take us? Scenarios for the development of automated vehicles with Sweden as a case study](#). Autonomous Vehicles and Future Mobility.

⁶⁶ Trafikverket, 2020. [Prognos för persontrafiken 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2020-06-15](#)

⁶⁷ Den här utvecklingen motsvarar en utveckling mittemellan Trafikverkets basprognos (motsvarar en ökning av transportarbetet om 36% år 2050 jämfört med 2019) och Utfasningsutredningens lågfall (motsvarar konstant transportarbete från 2018 och framåt).

som visar på en frikoppling mellan den ekonomiska tillväxten och bilåkandet. Bilåkandet per person har varit mer eller mindre konstant sedan tidigt 1990-tal trots stark ekonomisk tillväxt⁶⁸, se Figur 12. Trots det är ett samband mellan ekonomisk tillväxt och ökat transportarbete en av utgångspunkterna i Trafikverkets basprognos⁶⁹. I det här scenariot antas den historiska utvecklingen bestå trots prognostiserad fortsatt ekonomisk tillväxt och utgår därför från att transportarbetet per person är fortsatt konstant från 2019 och framåt. Detta scenario förutsätter bibehållna eller ökade generella kostnader för bilåkande, något som kan komma att innebära behov av nya skatter i takt med att elbilar och självkörande bilar tar marknadsandelar.



Figur 12 Bilåkande per person. Källa: Trafikanalys⁷⁰ och SCB⁷¹

Omfattande beteende- och teknikscenario och Referensscenario med omfattande beteendeförändringar går ett steg längre och förutsätter att stark politisk styrning för att realisera potential för minskat bilåkande. Scenariot antar ett minskat bilåkande, i person-km per person, på 20% år 2050 jämfört med 2019. Med hänsyn tagen till befolkningsökningen motsvarar det en minskning av bilåkandet om 7% över samma period⁷². Antagandet motiveras baserat på potentialer som identifieras i nedanstående analys av bilresornas syfte och längd. Figur 13 nedan visar hur nuvarande personbilstransporter är fördelade mellan olika syften. Merparten (66%) av transportarbetet utförs för fritid, nöje och semester samt pendlning.

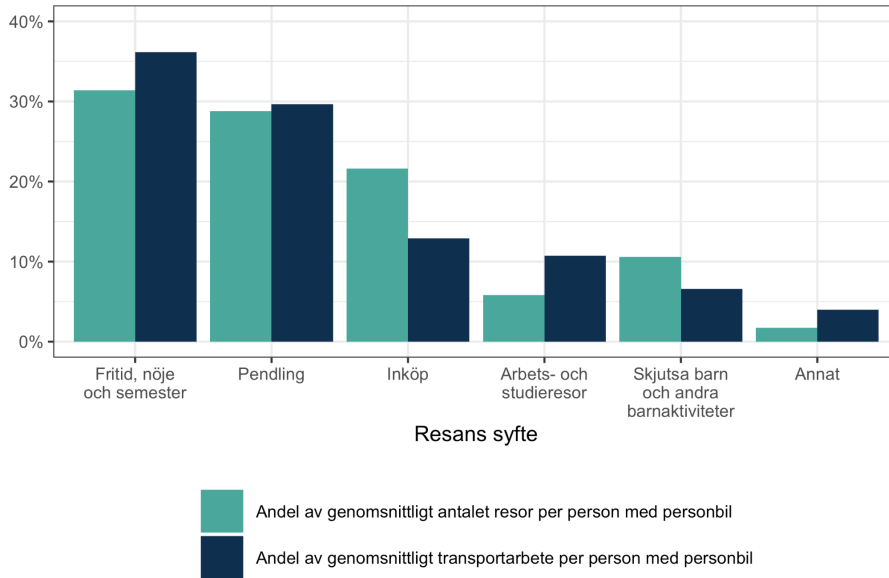
⁶⁸ SCB, 2021. [BNP per capita](#)

⁶⁹ Trafikverket, 2020. [Prognos för persontrafiken 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2020-06-15](#)

⁷⁰ Trafikanalys, 2021. [Transportarbete](#)

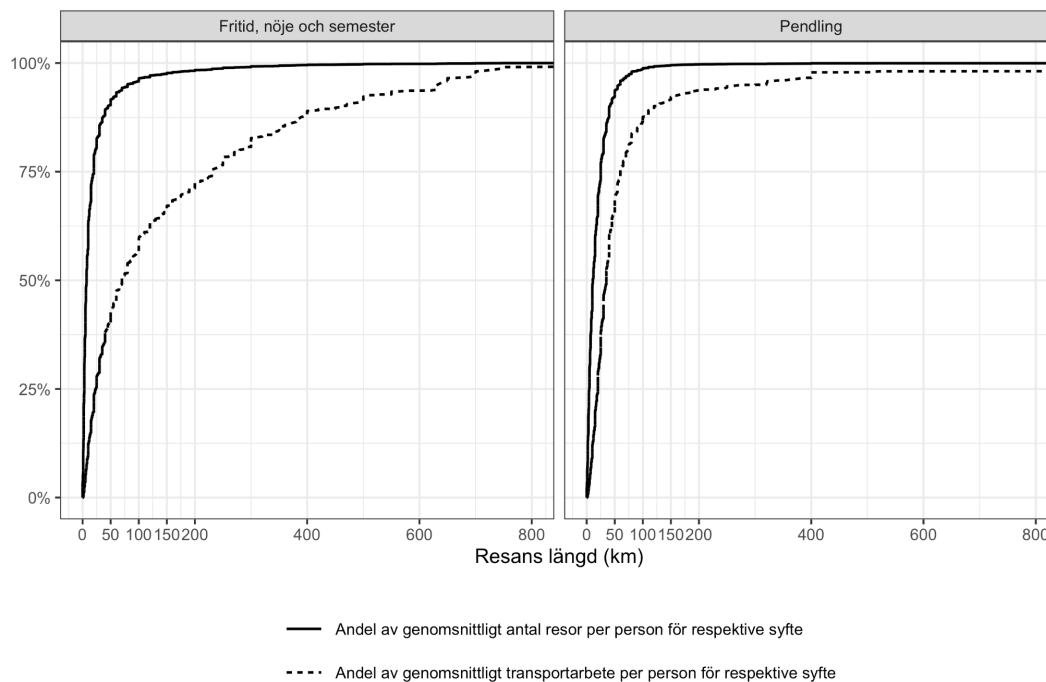
⁷¹ SCB, 2021. [Befolkningsstatistik](#)

⁷² Den här utvecklingen motsvarar en större minskning av transportarbetet för personbilar än Utfasningsutredningens lågfall.



Figur 13 Andel resor och andel transportarbete för personbilar fördelat på olika användningsområden. Källa: Trafikanalys⁷³

Figur 14 visar att en relativt stor del av transportarbetet när det gäller fritid-, nöje- och semesterresor sker i form av relativt långa resor. Över 25 procent av transportarbetet i denna kategori är i form av resor som är längre än 200 km. Detta står i kontrast till pendlingsresor där även en stor del av transportarbetet är korta resor. Hälften av transportarbetet för pendlingsresor sker med resor kortare än 25 km och ca 75% sker med resor kortare än 50 km.



Figur 14 Andel resor och andel transportarbete med personbil för fritid, nöje och semester respektive pendling fördelat över resans längd. Källa: Resvaneundersökningen

⁷³ Trafikanalys, 2021. [Resvaneundersökningen 2011-2016](#).

Minskat transportarbete för fritid-, nöje- och semesterresor skulle alltså antingen innebära att resorna inte genomförs eller att de i stor utsträckning flyttar till långväga kollektivtrafik. Givet att det här scenariot även antar en betydande dämpning av flygresor utomlands (se [här](#)) och att en del av dessa kan antas flytta till inrikes resor så är potentialen för överflyttning av personbilstransporter med syftet fritid, nöje och semester till långväga kollektivtrafik begränsat. Om vi illustrativt antar att resor med syftet fritid, nöje och semester som är längre än 200 mil halveras (det handlar bara om 1,5% av antalet resor i kategorin) så kan det genomsnittliga totala bilåkandet per person minska med 9% jämfört med 2019.

När det gäller pendling så är resorna så pass korta att en del kan flyttas till kortväga kollektivtrafik och i viss mån cykel. Om regionalt kollektivtrafikåkning antas öka med 50% och om omkring 30% av bilpendlingen övergår till cykel så skulle det resultera i att det totala bilåkandet per person kan minska med 10% jämfört med 2019. Läs mer om överflyttning till kollektivtrafik i Faktaruta 1.

Det finns även förbättrade tekniska och organisatoriska möjligheter samt större acceptans för distansarbete till följd av pandemin. Om vi antar att hälften av de svenskar som bilpendlar har möjlighet att jobba hemifrån samt att de gör det 2 dagar i veckan så kan det ge en minskning av 5% av det genomsnittliga totala bilåkandet per person jämfört med 2019.

Även om det finns betydande potential för överflyttning av bilåkande till kollektivtrafik samt eliminering av vissa nöjesresor och pendling så är dessa åtgärder utmanande att genomföra. Vi ger ovan olika beräkningsexempel som kan leda till en minskning av bilåkandet per person i storleksordningen 20% jämfört med 2019, notera dock att de individuella åtgärderna inte är fullt ut summerbara utan en djupare analys. Genomförandet skulle dock kräva stark politisk styrning med hänsyn till den tröghet som finns i personbilssystemet, både sett till nuvarande infrastruktur och normer som formats av relativt konstant bilåkande per person under den senaste 30-årsperioden.

FAKTARUTA 1 - Myndigheters analyser av överflyttning från personbil till kollektivtrafik

Hur stor potentialen är för överflyttning av resande från bil till kollektivtrafik är omdiskuterad. Med utgångspunkt i FFF-utredningen⁷⁴ har Trafikverket i omgångar uppdaterat den potential för överflyttning till kollektivtrafik som kan uppnås genom olika åtgärder inom kollektivtrafiken. Trafikverket⁷⁵ skattade potentialen till en 8% minskning av trafikarbetet med bil 2030 jämfört med basprognosen. Med 2020 års basprognos för bil skulle det innebära en minskning motsvarande ungefär 9 miljarder personkilometer år 2030⁷⁶. En sådan överflyttning skulle innebära en drygt 40 procentig ökning av transportarbetet med kollektivtrafik, jämfört med basprognosen. Trafikverkets skattade potential har dock kritiserats för att vara för hög, inte ta hänsyn till dubbelräkningseffekter, inte ha utvärderats på genomförbarhet utan främst utgå från att beslutade mål uppnås (framförallt det så kallade fördubblingsmålet) samt vara dåligt underbyggt när det gäller hur mycket som är överflyttning från bil och hur mycket av trafikökningen som är tillkommande trafik.^{77,78}

Eftersom transportarbetet med bil är betydligt större än transportarbetet med kollektivtrafik innebär även små överflyttningar från bil att transportarbetet med kollektivtrafik ökar mer procentuellt sett. En överflyttning av 1% av det regionala transportarbetet med bil till kollektivtrafik motsvarar en ökning med 5% av transportarbetet med kollektivtrafik. I Trafikverkets scenarier för klimatmålet 2030⁷⁹ exemplifieras överflyttning till kollektivtrafik istället genom trafikprognos C, där transportarbetet med kollektivtrafik 2040 ökar med ca 7% mer än i prognos A och B⁸⁰. Trafikutvecklingen i prognos A och B antas motsvara basprognosen. Givet sambandet ovan, om hela trafikökningen kommer från bil, skulle en 7%-ig ökning av transportarbetet med kollektivtrafik motsvara ungefär en 1,5 %-ig minskning av transportarbetet med bil. Om en viss del av ökningen kommer från ökat resande eller från gång och cykel, är minskningen av bilresande mindre.

⁷⁴ Statens offentliga utredningar, 2013. [Fossilfrihet på väg](#). SOU 2013:84

⁷⁵ Trafikverket, 2016. [Styrmedel och åtgärder för att minska transportsystemets utsläpp av växthusgaser - med fokus på transportinfrastrukturen](#) (Publikationsnummer: 2016:043).

⁷⁶ Antaget en beläggningsgrad i bil på 1,5.

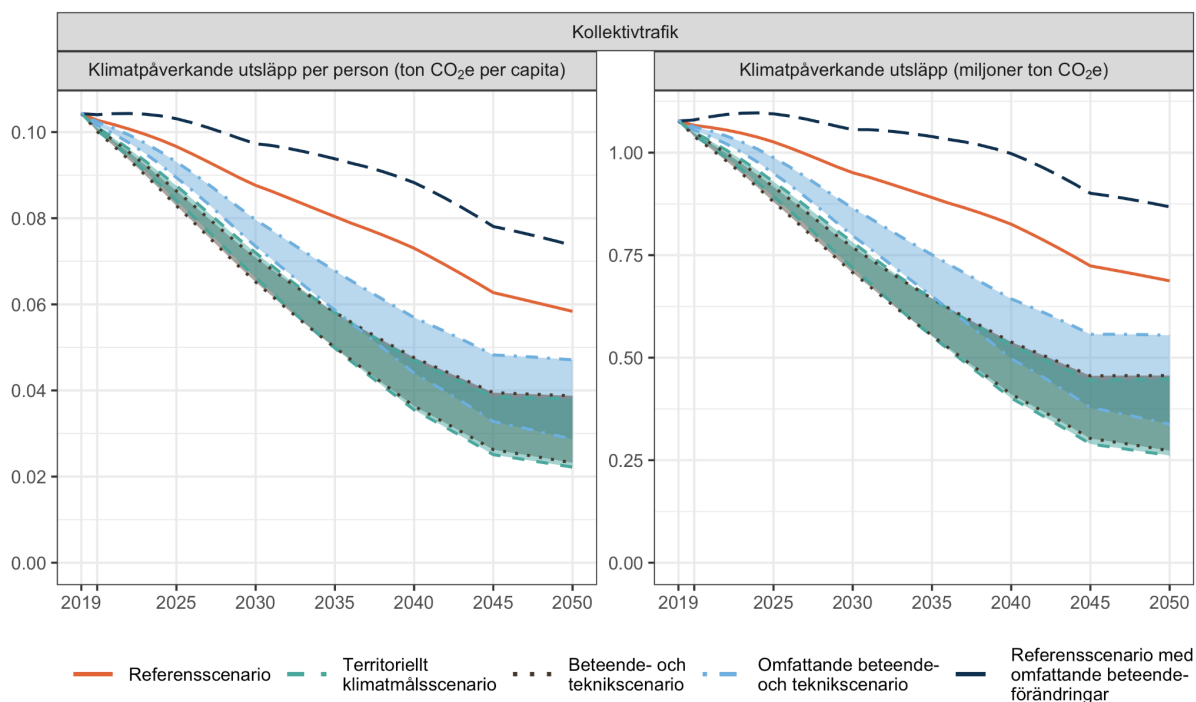
⁷⁷ Merkel, 2020. [Bygger transportsektorns utsläppsmål på välgrundade antaganden om framtidens trafikarbete på väg?](#) VTI Working Paper

⁷⁸ Kågeson, 2019. [Klimatmål på villovägar? En ESO-rapport om politiken för utsläppsminskningar i vägtrafiken](#). (Rapport till Expertgruppen För Studier i Offentlig Ekonomi 2019:5).

⁷⁹ Trafikverket, 2020. [Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter](#). (Publikationsnummer: 2020:080).

⁸⁰ I prognos A och B ökar transportarbetet med kollektivtrafik 2040 med 50 procent jämfört med 2014 och i prognos C med 60 procent jämfört med 2014.

Kollektivtrafik



Figur 15 Scenarier för framtida konsumtionsbaserade, klimatpåverkande utsläpp för svenska befolkningens kollektivtrafikresande.

Kollektivtrafikens utsläpp är relativt små i jämförelse med andra konsumtionsområden och uppskattas vid utgångsåret 2019 till 1,0 miljoner ton CO₂e. I *Referensscenariot* antas utsläppen minska till följd av en kontinuerlig, men långsam, elektrifiering av regionala bussflottan och når 0,6 miljoner ton CO₂e år 2050. I *Territoriellt klimatmålsscenario* samt *Beteende- och teknikscenariot* minskar utsläppen ytterligare till följd av en snabbare elektrifieringstakt och ökad biobränsleblandning för inhemska bussresor. Minskningen uppnås trots en högre nivå av kollektivtrafikresande till följd av överflyttning från flyg och bil. Utsläppen når 0,3-0,4 miljoner ton CO₂e år 2050, beroende på omvärldens omställning.

I det *Omfattande beteende- och teknikscenariot* ökar kollektivtrafikåkandet ytterligare till följd av en ännu större överflyttning från flyg och bil. Detta leder därför till högre utsläpp från just kollektivtrafiken och de når 0,3-0,6 miljoner ton CO₂e år 2050, beroende på omvärldens omställning. I *Referensscenariot med omfattande beteendeförändringar* blir utsläppen högre, 0,9 miljoner ton CO₂e, på grund av den mer måttliga elektrifieringen, biobränsleanvändningen och effektiviseringstakten.

Utgångsläge 2019

Regional kollektivtrafik (<10 mil)

Uppskattad utgångsnivå 2019 är baserad på inhämtade data^{81,82} över trafik- och transportarbetet med buss, spårväg, regionaltåg och färja, samt uppskattat genomsnittligt utbud⁸³ och belägningsgrad. Data över andelen eldrift samt andel biodrivmedel per trafikslag baseras på FRIDA-

⁸¹ Trafikanalys, 2020. *Regional linjetrafik 2019*.

⁸² Trafikverket, 2020. [Prognos för persontrafiken 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2020-06-15](#).

⁸³ Antalet plats-kilometer per fordons-kilometer.

databasen för 2019⁸⁴, dit länstrafikbolagen rapporterar in uppgifter, kombinerat med data från SL:s årsredovisning. Energianvändningen för spårtrafik samt bussar med förbränningsmotor baseras på FRIDA och SL, medan energianvändningen för elbussar baseras på ett datamaterial⁸⁵ över norska elbussar, som bedöms representativt för svenska förhållanden.

Långväga kollektivtrafik (>10 mil, exkl. flyg)

Inrikes långväga kollektivtrafik med tåg är baserad på Transportstyrelsens statistik⁸⁶ för 2018 tillsammans med en framskrivning till år 2019 utifrån Trafikanalys kvartalsstatistik⁸⁷. Resulterande utgångspunkt år 2019 är en efterfrågan på 755 person-km inrikes långväga tåg per person. Den långväga busstrafiken är enligt Trafikverket 290 person-km per person⁸⁸. Utrikeståg och utrikesbuss har uppskattats till 20 respektive 129 person-km per person för 2019 utifrån antalet⁸⁹ resor som gjordes 2018 och en uppskattad genomsnittlig reslängd på 2 000 km respektive 1 200 km. Utgångspunkten för resor med färjor (55 person-km) är baserad på egen bearbetning av data från en resvaneundersökning⁹⁰.

Antaganden kring nya fordon och bränslen i framtiden

Regional kollektivtrafik (<10 mil)

Introduktionen av elbussar i regional kollektivtrafik utgår från en lägstanivå⁹¹ om 22,5% 2021-2025 och 32,5% 2026-2030. I Referensscenariot ökar andelen elbussar för att nå fullskaligt genomslag år 2070, vilket innebär att cirka 70% av bussar som köps in år 2050 är elbussar. I Territoriellt klimatmålsscenario och Beteende- och teknikscenariot ökar andelen elbussar snabbare och når fullskaligt genomslag redan år 2040. Effekten av introduktionen av elbussar bedöms utifrån en förenklad modell av bussflottan baserad på en genomsnittlig buss livslängd på 12 år.

I Referensscenarierna antas ingen effektivisering per fordons-km (eventuell effektivisering av motorn antas motverkas av större och längre bussar). I Territoriellt klimatmålsscenario och Beteende- och teknikscenariot antas 1% årlig effektivisering per fordons-km. Det är en lägre nivå än EU-kraven på tunga fordon, men flera av de planerade åtgärderna för lastbilar⁹² handlar om aerodynamik och påverkar inte bussar i samma utsträckning då de framförs i lägre hastigheter. Ingen effektivisering antas för elbussar per fordonskilometer.

Andel biobränslen antas i Referensscenarierna vara konstant på dagens nivå för bussar och färjor, motsvarande 80% respektive 14%. I Territoriellt klimatmålsscenario och Beteende- och teknikscenariot ökar andelen till 100% år 2040 i linje med Utfasningsutredningens förslag.

En förenklad beräkning av utsläpp i tillverkning och underhåll av fordon är gjord där tillverkning av buss, tåg/tunnelbana och spårvagnar antas ge upphov till 0,11, 1,5 respektive 1,0 tusen ton CO₂e per

⁸⁴ Svensk kollektivtrafik, 2020. [FRIDA-databasen](#). Hämtad 2021-08-18.

⁸⁵ Hjelkrem, m.fl., 2021. [A battery electric bus energy consumption model for strategic purposes: Validation of a proposed model structure with data from bus fleets in China and Norway](#). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.

⁸⁶ Transportstyrelsen 2020. [Transportmarknaden i siffror 2019](#)

⁸⁷ Statistik från [Trafikanalys](#).

⁸⁸ Trafikverket. [Prognos för persontrafiken 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2020-06-15](#). Tabell 3.

⁸⁹ Trafikverket 2020:113. [Underlagsrapport till Nattågstrafik till Europa](#), sid 34

⁹⁰ Trafikanalys nationella [resvaneundersökning](#), data från 2016.

⁹¹ https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en

⁹² Meszler, m. fl., 2018. [European Heavy Duty Vehicles: Cost Effectiveness of Fuel Efficiency Technologies for Long Haul Tractor Trailers in the 2025-2030 timeframe](#). International Council on Clean Transportation.

fordon utifrån tillgänglig litteratur^{93,94,95}. Antal fordon som behövs per år för spårtrafik uppskattas utifrån respektive fordons livslängd⁹⁶. Antalet nya bussar uppskattas med den förenklade modellen av den svenska bussflottan. Utsläppen beräknas minska för fordonstillverkning beroende på omvärldens omställning enligt samma kurvor som för personbilar⁹⁷. För elbussar antas ett batteri om 400 kWh och även här beräknas utsläppen i batteritillverkning enligt samma antaganden som för personbilar⁹⁸.

Långväga kollektivtrafik (>10 mil, exkl. flyg)

I Referensscenarierna antas den historiska effektiviseringstakten för tunga fordon på 0,6% per år fortsätta⁹⁹. I scenarier med avancerad teknisk utveckling istället dubbelt så hög effektiviseringstakt. För långväga tåg antas ingen effektivisering.

Andel biobränslen antas i Referensscenariot öka i linje med den senaste beslutade reduktionsplikten för inrikes bussar och färjor, vilket innebär en ökning till 59% år 2030. I Territoriellt klimatmålsscenario och Beteende- och teknikscenariot ökar andelen till 100% år 2040 i linje med Utfasningsutredningens förslag¹⁰⁰. För buss- och färjetrafik utomlands antas ingen biobränsleinblandning.

Volymen av kollektivtrafik i framtiden

Regional kollektivtrafik

Utgångspunkten för volymen av persontransporter med regional kollektivtrafik är Trafikverkets basprognos för hela tidsperioden 2019-2050. Det innebär också att pandemieffekterna på kollektivtrafiken (lägre resande och lägre beläggning) inte syns i beräkningarna. Pandemin har däremot inte påverkat själva trafiken i någon större utsträckning och utbudet (sittplats-km) var ungefär detsamma 2020 som 2019¹⁰¹, vilket också innebär att utsläppen var i princip oförändrade.

I *Referensscenariot* och det *Territoriella klimatmålsscenariot* baseras resandeutvecklingen per trafikslag på Trafikverkets basprognos¹⁰² för regionala buss-, tåg- och övriga spårtransporter, vilket motsvarar 6%, 43% och 29% ökning av kollektivtrafikåkandet per person till 2050 för respektive trafikslag. Sammantaget ökar kollektivtrafikresandet per person med 22% 2050 jämfört med 2019. Basprognosen saknar en prognos för persontransport med fartyg och istället så samma ökning som för buss antagits. I Beteende- och teknikscenariot antas kollektivtrafikåkandet per person istället öka med 35% till 2050.

⁹³ Chester & Horvath, 2009. [Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains](#). Environmental Research Letters.

⁹⁴ Lie, m. fl., 2021. [The carbon footprint of electrified city buses: A case study in Trondheim, Norway](#). Energies.

⁹⁵ del Pero, m. fl., 2015. [Life Cycle Assessment of a heavy metro train](#). Journal of Cleaner Production.

⁹⁶ Vilket resulterar i genomsnittliga inköp av 15 nya pendeltåg, 15 nya spårvagnar samt 10 nya tunnelbanevagnar antas köpas in per år för Sverige som helhet.

⁹⁷ Morfeldt, m. fl., 2021. [Carbon footprint impacts of banning cars with internal combustion engines](#). Transportation Research Part D: Transport and Environment.

⁹⁸ Morfeldt, m. fl., 2021. [Carbon footprint impacts of banning cars with internal combustion engines](#). Transportation Research Part D: Transport and Environment.

⁹⁹ International Energy Agency, 2008. [Energy technology perspectives 2008](#).

¹⁰⁰ Statens offentliga utredningar, 2021. [I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040 - SOU 2021:48](#)

¹⁰¹ Trafikanalys, 2021. [Regional linjetrafik 2020](#).

¹⁰² Trafikverket, 2020. [Prognos för persontrafiken 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2020-06-15](#).

I det *Omfattande beteende- och teknikscenariot* och *Referensscenariot med omfattande beteendeförändringar* minskar transportarbetet med kollektivtrafik med 5 procent per capita på grund av åtgärder för ett transportsnålt samhälle, exempelvis digitala möten för minskat tjänsteresande, distansarbete och minskad pendling samt e-handel för minskat inköpsresande. För enkelhetens skull antas det att minskningen är densamma för alla färdslag. Det minskade resandet motverkas av en överflyttning av resor från bil till kollektivtrafik. Sammantaget antas det regionala resandet kollektivtrafik öka med 78% per person i det *Omfattande beteende- och teknikscenariot* till 2050 jämfört med 2019. Trafikarbetet fördelas proportionerligt efter trafikslagets nuvarande andelar i *Beteende- och teknikscenariot*, medan tillväxten är något högre för buss i det *Omfattande beteende- och teknikscenariot* och något lägre för tåg- och spårtrafik. Det beror på att reseökningen för spår- och kollektivtrafik begränsas av tillgång på spår.

Trots det ökande kollektivtrafikresandet i *Beteende- och teknikscenariot* och det *Omfattande beteende- och teknikscenariot* så antas antalet fordonskilometer inte öka i samma takt. Det beror på att resandet dels innebär en ökning av trafiken, men också en gradvis ökning¹⁰³ av beläggningsgraden för alla fordonslag. I *Beteende- och teknikscenariot* och *Omfattande beteende- och teknikscenariot* ökar beläggningsgraden därför med 1% per år jämfört med 2019, vilket motsvarar ungefär samma beläggningsgrad 2030 som 2013 och 2050 som 2009. I övriga två scenarier är beläggningsgraden oförändrad¹⁰⁴.

Långväga kollektivtrafik (exkl. flyg)

I Referensscenariot och Territoriellt klimatmålsscenario antas långväga resor inrikes med tåg öka i samma takt enligt Trafikverkets basprognos för långväga tåg, dvs med 1,3% per person och år¹⁰⁵. Utrikes resor med tåg antas öka från 20 till 100 person-km per person och år till 2050 på grund av den politiska satsningen med upphandlad trafik Stockholm-Hamburg från och med 2022¹⁰⁶.

I *Beteende- och teknikscenariot* antas långväga inrikes tågresande och bussresande, samt utrikes bussresande, dubblas till 2050 och utrikes tåg antas öka till 300 person-km per person och år (motsvarande 10% av nuvarande flygande inom EU). I *Omfattande beteende- och teknikscenario* antas långväga inrikes tågresande, bussresande och utrikes bussresande tredubblas till 2050 och utrikes tåg ökar till 600 person-km per person och år (motsvarande 20% av nuvarande flygande inom EU). I båda dessa scenarier antas utvecklingen vara en konsekvens av överflyttning från flyg (se [här](#)).

¹⁰³ Antagandet om ökad beläggningsgrad motiveras av att det under 2019 finns en varierande beläggningsgrad mellan svenska län mellan ca 15-30% (Trafikanalys, 2020) vilket indikerar en potential för ökad genomsnittlig beläggningsgrad (även län av delvis landsbygdskaraktär har beläggningsgrader i den högre delen av spannet). Dessutom har de ökande kollektivtrafikresandet under 2000-talet till stor del skett genom ökat utbud och oförändrad eller minskad beläggningsgrad (Trafikanalys (2020), Transportstyrelsen (2019)), vilket understryker att en potential för ökad beläggningsgrad finns.

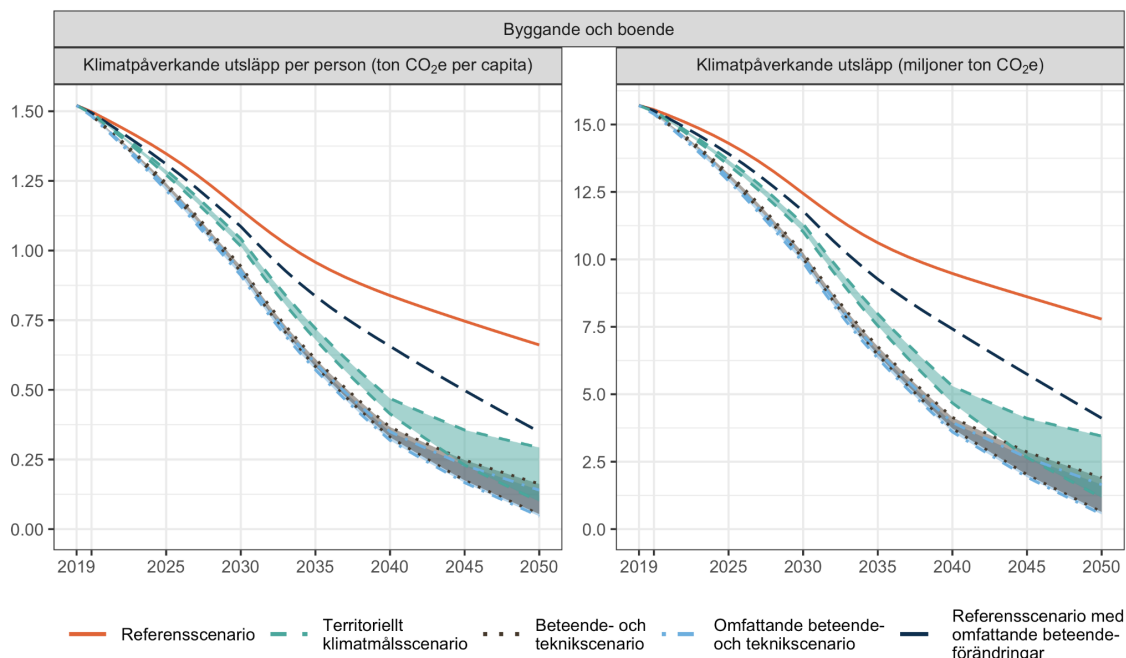
¹⁰⁴ Basprognosen innehåller inte en prognos för trafikarbetet för buss (och därmed för beläggningsgraden), men antagandet om samma tillväxt för trafikarbetet som transportarbetet används i andra sammanhang.

¹⁰⁵ Ökningstakten för långväga tåg är enligt Tillväxtverkets basprognos 1,8%/år fram till 2040 och därefter 1,0%. Mellan 2019 och 2050 innebär detta en ökning med 61%. Då befolkningen under denna period antas öka med 14% så är det en nettoökning per person 47%, dvs. med ca 1,3% per år.

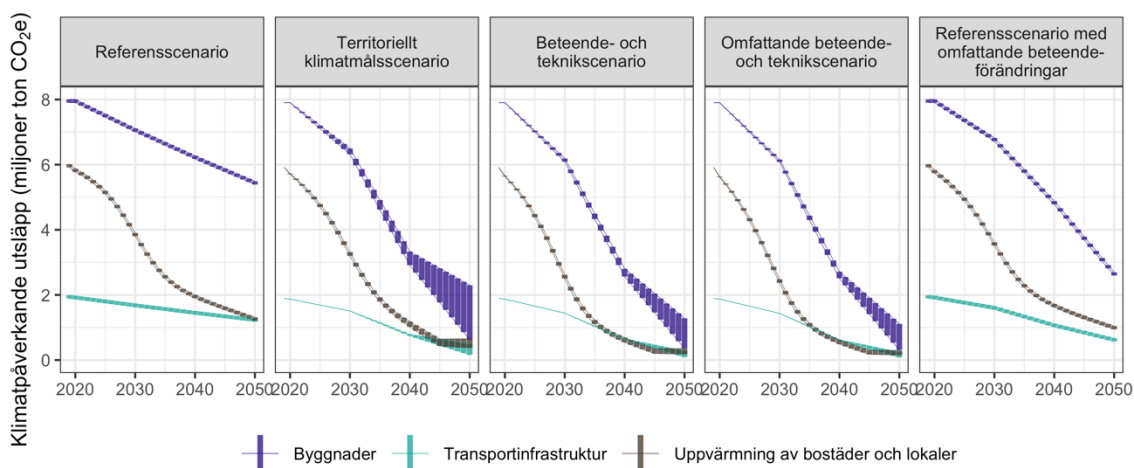
¹⁰⁶ Trafikverket 2020:113. [Underlagsrapport till Nattågstrafik till Europa](#)

Byggande och boende

De framtida klimatpåverkande utsläppen från bygg och boende i de fem olika scenarierna beskrivs i figurerna nedan. Kommentarer om dessa utfall finns i de efterföljande avsnitten som är uppdelade i dels uppvärmning av boende och lokaler, dels byggnader och infrastruktur. I dessa avsnitt finns också detaljerad information om de olika antaganden som analysen bygger på.

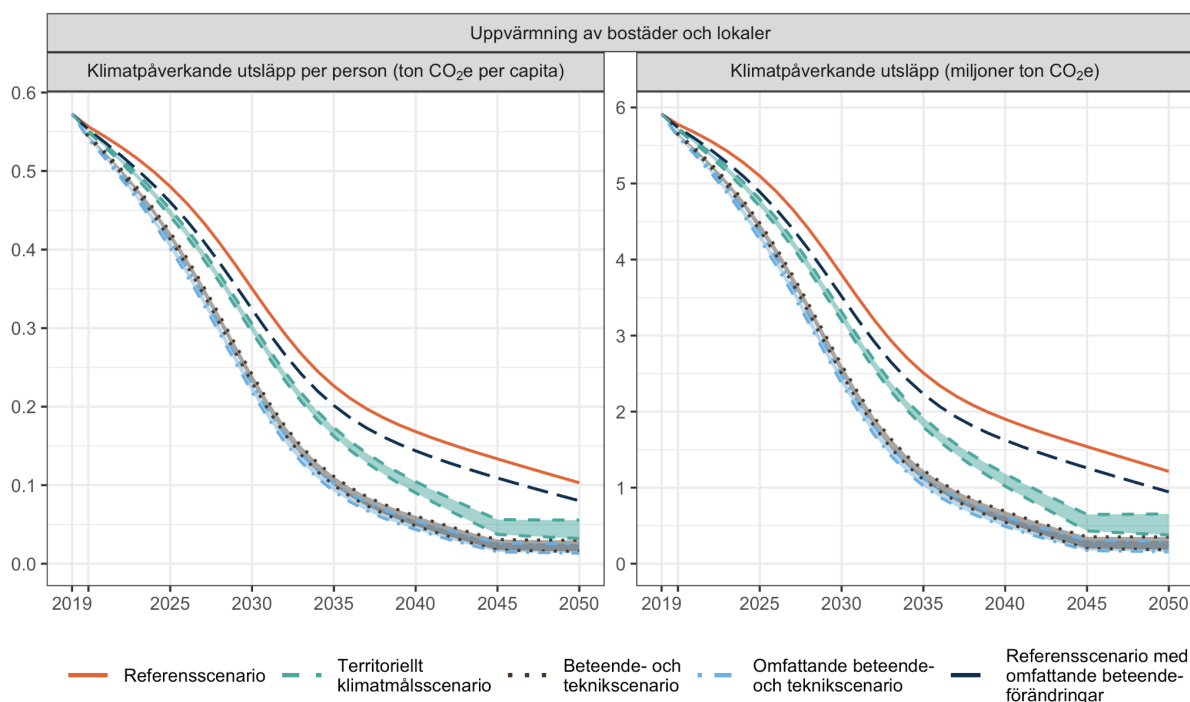


Figur 16 Svenska konsumtionsbaserade utsläpp från bygg och boende i de fem scenarierna



Figur 17 Svenska konsumtionsbaserade utsläpp från byggnader, transportinfrastruktur samt uppvärmning av bostäder och lokaler

Uppvärmning av boende och lokaler



Figur 18 Scenarier för framtida konsumtionsbaserade, klimatpåverkande utsläpp för uppvärmning av svenska bostäder och lokaler.

Uppvärmningen av boende och lokaler uppskattas ha gett upphov till 6 miljoner ton CO₂e år 2019. Utsläppsutvecklingen framöver beror till stor del på omställningen av el- och fjärrvärmeproduktionen som i *Territoriellt klimatmålsscenario* och *beteende- och teknikscenarierna* minskar drastiskt och når nära-noll-utsläpp år 2045. I *Referensscenariot* antas utsläppsutvecklingen istället utvecklas i linje med EU ETS nuvarande beslutade utsläppstak som beräknas nå noll-utsläpp omkring 2058.

Utgångsläge 2019

Analysen är baserad på 2019 års statistik¹⁰⁷ om energianvändning för småhus, flerbostadshus och lokaler, genomsnittlig bostadsyta¹⁰⁸ per person för småhus respektive flerbostadshus och antal personer¹⁰⁹ boende i småhus respektive flerbostadshus. Fjärrvärme stod för majoriteten av energianvändningen för uppvärmning av flerbostadshus och lokaler år 2019 medan småhus främst värmdes upp med el (direkt eller värmepump) samt biobränsle, se Figur 19.

Antaganden kring ny teknik i framtiden

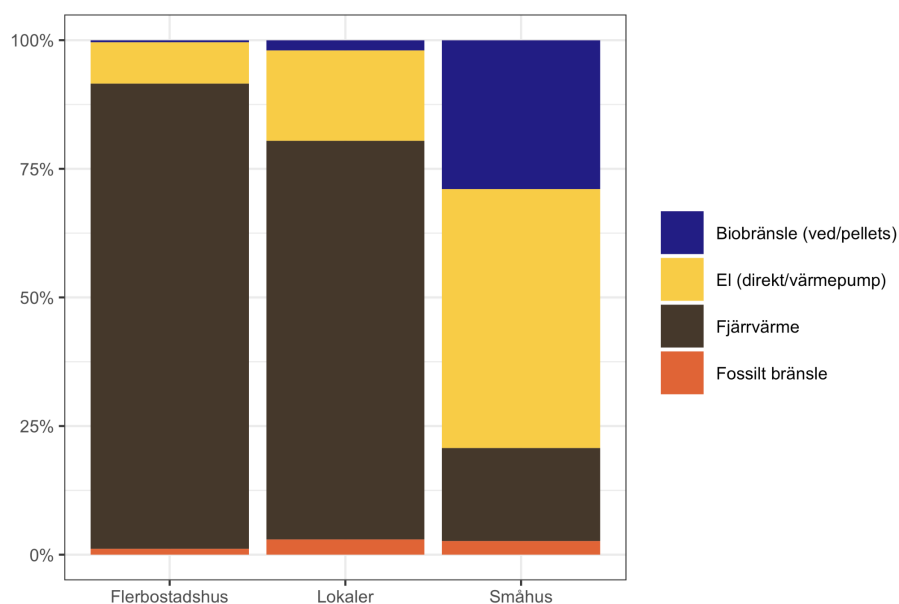
I *Referensscenariot* antas den genomsnittliga energianvändningen gradvis minska för att nå nivåerna som beslutats i Boverkets byggregler år 2050, vilket motsvarar 55 kWh/m² för småhus, 90 kWh/m² för flerbostadshus och 80 kWh/m² för lokaler. I *Territoriellt klimatmålsscenario* och *Beteende- och teknikscenariot* antas den genomsnittliga energianvändningen minska mer drastiskt i linje med de

¹⁰⁷ Energimyndigheten, 2021. [Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler](#).

¹⁰⁸ SCB, 2021. [Genomsnittlig bostadsarea per person efter region, hushållstyp och boendeform](#).

¹⁰⁹ SCB, 2021. [Antal personer efter boendeform, ålder och kön](#).

nivåer som Boverket har uppskattat som möjliga att nå för nära-nollenergibyggnader, vilket motsvarar 45 kWh/m² för småhus, 50 kWh/m² för flerbostadshus och 45 kWh/m² för lokaler.¹¹⁰



Figur 19 Typ av uppvärmning för småhus, flerbostadshus och lokaler för år 2019. Källa: Energimyndigheten¹¹¹.

Alla scenarier utgår från att direkt fossilbränsleanvändning för uppvärmning av bostäder och lokaler är helt utfasad år 2045 i linje med den trend som pågått sen 1990-talet¹¹². I Referensscenariot fortsätter nuvarande trender av fjärrvärme- och elvärmeanvändning. Andelen ökar något för fjärrvärmeanvändning i småhus och lokaler samt andelen elvärme i flerbostadshus och lokaler, i båda fall för att kompensera för den utfasade fossilbränsleanvändningen.

I *Territoriellt klimatmålsscenario* och *Beteende- och teknikscenariot* samt den lägre nivån av *Omfattande beteende- och teknikscenario* antas utfasningen av fossila bränslen ske parallellt med en drastisk minskning av andelen biobaserad fjärrvärme och direkt förbränning av biobränslen för uppvärmning. Det antas ske till följd av den stora efterfrågan av biobränslen i andra sektorer i dessa scenarier, introduktionen av andra generationens flytande biobränslen och den låga verkningsgraden i produktionen av andra generationens flytande biobränslen¹¹³ - faktorer som alla antas bidra till ökade priser för biomassa och därmed ökade kostnader för både vedeldning och fjärrvärme som uppvärmningsmetoder. Istället antas elvärme öka, främst genom användning av värmepumpar - både direktverkande i fastigheter och storskaliga värmepumpar för fjärrvärmeproduktion¹¹⁴ som också kan bidra till att stabilisera elnätet vid hög introduktion av sol- och vindkraft¹¹⁵.

¹¹⁰ Boverket, 2015. [Förslag till tillämpning av nära-nollenergibyggnader - Definition av energiprestanda och kvantitativ linje](#). Rapport 2015:26.

¹¹¹ Energimyndigheten, 2021. [Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler](#).

¹¹² Naturvårdsverket, 2021. [Utsläpp av växthusgaser från egen uppvärmning av bostäder och lokaler](#).

¹¹³ Millinger, m. fl., 2017. [Competitiveness of advanced and conventional biofuels: Results from least-cost modelling of biofuel competition in Germany](#). Energy Policy.

¹¹⁴ David, m. fl., 2017. [Heat Roadmap Europe: Large-scale electric heat pumps in district heating systems](#). Energies.

¹¹⁵ Helin, m. fl., 2018. [Improving district heat sustainability and competitiveness with heat pumps in the future Nordic energy system](#). Energy Procedia.

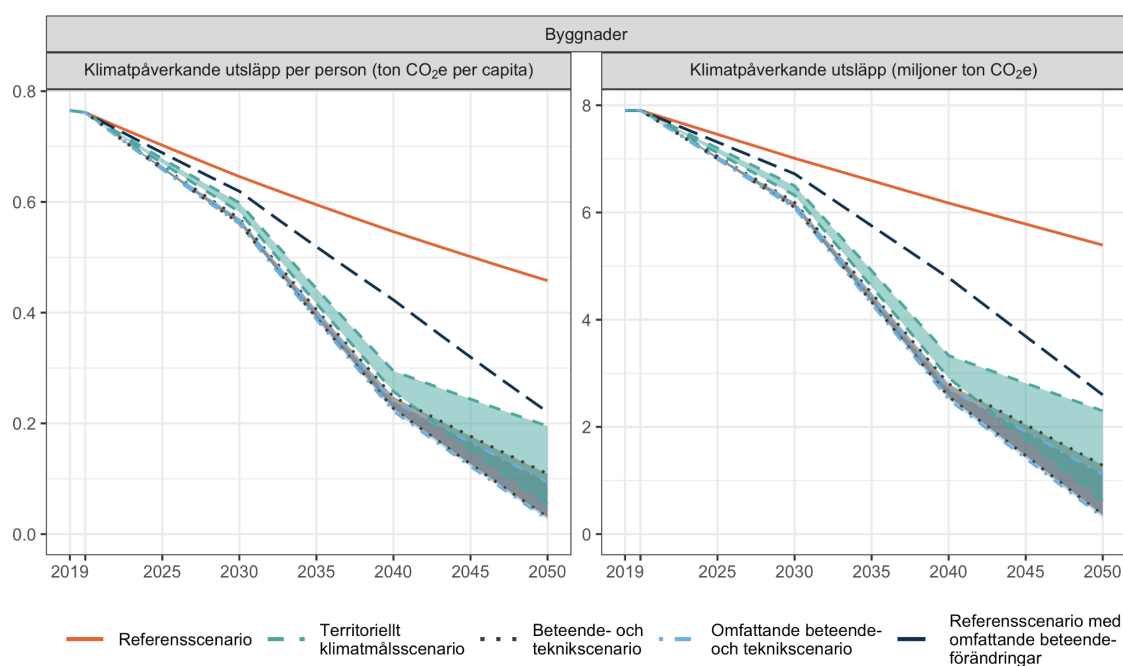
Volymen av yta att värma upp i framtiden

Referensscenariot och Territoriella klimatmålsscenario utgår från en konstant boyta (42 m² per person, vilket har varit konstant under den senaste 10-årsperioden) och lokalyta (20 m² per person) samt att andelen boende i småhus respektive flerbostadshus är konstant (52% respektive 48%). Det innebär att den totala uppvärmda boytan och lokalytan ökar med befolkningsökningen, vilket motsvarar en ökning om 14% jämfört med 2019.

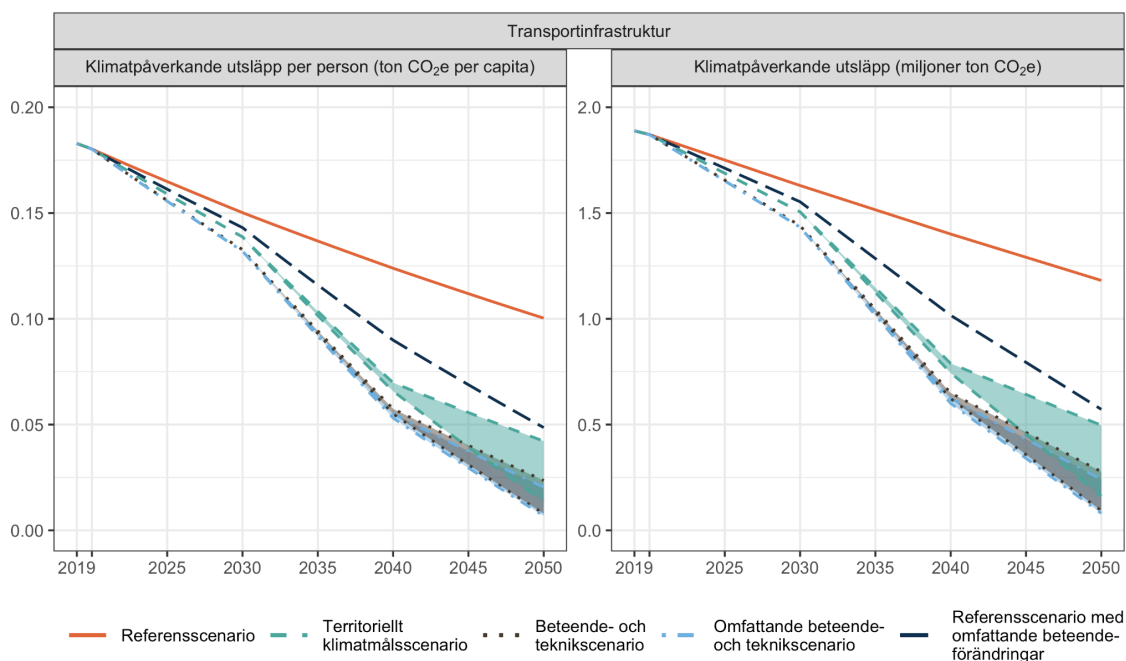
Även i Beteende- och teknikscenariot är boytan per person konstant. Befolkningstillväxtens bostadsbehov tillgodoses delvis genom ombyggda lokaler då nybyggnationen är hälften så stor i detta scenario som i Referensscenariot. 8% av boendet antas vara i ombyggda lokaler år 2050.

I Omfattande beteende- och teknikscenariot och Referensscenariot med omfattande beteendeförändringar antas nybyggnationen minska med 70% samtidigt som den totala mängden boyta bibehålls på dagens nivå. För att tillgodose befolkningstillväxtens bostadsbehov behöver både boytan och lokalytan per person minska med 10% till år 2050 och andelen som antas bo i ombyggda lokaler år 2050 antas vara 20%. Vi antar att det ökade distansarbetet frigör lokaler som tidigare har varit kontor. Lokalytan minskar med 34% jämfört med idag (inkl. industrilokaler) och med 43% jämför med Referensscenariot.

Byggnader och transportinfrastruktur



Figur 20 Scenarier för framtida konsumtionsbaserade, klimatpåverkande utsläpp för konstruktion av byggnader i Sverige.



Figur 21 Scenarier för framtida konsumtionsbaserade, klimatpåverkande utsläpp för konstruktion av transportinfrastruktur i Sverige.

Slutanvändaren i bygg- och infrastruktursektorn (den enskilda bostadsinnehavaren eller användaren av transportinfrastruktur) har ofta begränsad möjlighet att påverka de växthusgasutsläpp som nybyggnation och återinvesteringar i byggnader och infrastruktur ger upphov till. Hur mycket, vad och med vilka material och metoder som byggs påverkas av bredare samhällsliga trender (befolkningstillväxt, urbanisering osv) och samhällsliga och politiska prioriteringar. Men samtidigt finns en betydande potential, kanske framförallt i beställarledet, för att minska klimatbelastningen från byggande t.ex. genom att prioritera ombyggnation framför nybyggnation och genom att ställa krav på hur och vilka material som används (se t.ex. Pauliuk m.fl.¹¹⁶).

Utgångsläge 2019

De samlade utsläppen från bygg- och anläggningssektorn i Sverige beräknas uppgå till omkring cirka 10 miljoner ton koldioxidkvalenter per år (inklusive utsläpp relaterade till importerade byggvaror) varav byggsektorn uppskattas stå för cirka 75 % och anläggningssektorn för cirka 25%. De scenarier som tagits fram här för utvecklingen av växthusgasutsläpp förknippade med nyproduktion och renovering/återinvesteringar i byggnader och infrastruktur är baserade på ett scenarioverktyg som utvecklats av Karlsson m.fl.¹¹⁷ som en del av forskningsprogrammet Mistra Carbon Exit.

Fördelningen mellan inhemsk produktion och import antas vara konstant i samtliga scenarier under den studerade perioden. Följande antagande har gjorts för respektive byggmaterial:

- cement¹¹⁸: 80% inhemsk produktion, 20% import från EU, 0% import från resten av världen,

¹¹⁶ Pauliuk, m. fl., 2021. [Global scenarios of resource and emission savings from material efficiency in residential buildings and cars](#). Nature Communications.

¹¹⁷ Karlsson, m. fl., 2020. [Roadmap for decarbonization of the building and construction industry—A supply chain analysis including primary production of steel and cement](#). Energies.

¹¹⁸ Uppskattning baserad på data från [The Global Cement Report](#) (2019)

- stål¹¹⁹ (både järnmalmsbaserat och återvunnet): 20% inhemska produktion, 40% import från EU, 40% import från resten av världen,
- övriga material: 50% inhemska produktion, 40% import från EU, 10% import från resten av världen.

Effektiviseringsåtgärder i produktionen för samtliga byggmaterial antas resultera i minskade specifika utsläpp (t CO₂/t produkt) med 0,5% per år¹²⁰.

Antaganden kring nya byggmetoder och material i framtiden

I de scenarier som presenteras här görs skillnad på tekniska förändring (teknisk förändring i produktion av byggmaterial, arbetsmaskiner och fordon som används för transport av byggmaterial) och beteendeförändringar hos byggherrar och beställare som resulterar i en materialeffektivisering.

Tekniska förändringar

- Cement/betong: Huvuddelen av växthusgasutsläppen relaterade till betong härrör från produktion av cement som fungerar som bindemedel i betongen. Drygt hälften av de direkta utsläppen från cementproduktionen är processrelaterade (koldioxid avgår när man bränner kalksten) och knappt hälften kommer från bränsleförbränning. För att minska koldioxidutsläppen till noll räcker det därför inte hantera de bränslerelaterade utsläppen utan för att komma åt även de processrelaterade krävs investering i koldioxidavskiljning och lagring (CCS)¹²¹. Cementa (del av Heidelbergkoncernen), som är den enda cementproducenten i Sverige, har annonserat planer på att införa CCS från år 2030 och flera andra cementproducenter inom och utanför Europa har liknande planer. Viktigt för att minska utsläppen relaterade till cement- och betonganvändning är också åtgärder för att minska andelen cement i betong¹²² och för att minska användningen av betong per funktionell enhet, t.ex. genom att slimma konstruktioner (se beskrivning av Materialeffektiviseringsåtgärder nedan)¹²³.
- Stål (järnmalmsbaserat och återvunnet): Två produktionsprocesser står för huvuddelen av stålproduktionen idag, järnmalmsbaserad produktion (där järnmalm reduceras i en masugn med kol/koks som bränsle och reduktionsmedel) och skrotbaserad produktion (där skrot och stålämnen smälts i ljusbågsugnar med elektricitet som den primära energibäraren)¹²⁴. För järn- och stålindustrin diskuteras i huvudsak fyra tekniska utvecklingsvägar som skulle kunna

¹¹⁹ Grov uppskattning. Det finns idag ingen samlad offentlig statistik som beskriver stålanvändningen i svensk bygg- och anläggningssektor (volym, stålqualiteter, produktkategorier, slutanvändning osv.). Huvuddelen av den inhemska stålproduktionen går idag på export och huvuddelen av det stål som importeras kommer från EU, se <https://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/branschfakta-och-statistik/utrikeshandel/>.

¹²⁰ I nivå med vad som brukar användas i litteraturen (se t.ex. Philipsen m. fl., 2002. [Benchmarking the energy efficiency of Dutch industry: an assessment of the expected effect on energy consumption and CO2 emissions](#). Energy Policy.

¹²¹ Se t.ex. Hasanbeigi, m. fl., 2012. [Emerging energy-efficiency and CO2 emission-reduction technologies for cement and concrete production: A technical review](#). Renewable and Sustainable Energy Reviews.

¹²² t.ex. genom att bättre anpassa betongreceptet för den specifika tillämpningen eller genom att öka andelen alternativa bindemedel (t.ex. flygaska eller granulerat masugnsslagg)

¹²³ Se t.ex. Habert, m. fl. 2020. [Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries](#). Nature Reviews Earth & Environment.

¹²⁴ Morfeldt, m. fl., 2014. [The impact of climate targets on future steel production – an analysis based on a global energy system model](#). Journal of Cleaner Production.

leda till noll- eller nära-noll-utsläpp av växthusgaser¹²⁵: (i) Ersättning av fossilt kol med biokol/biokoks, (ii) Koldioxidavskiljning och lagring (CCS), (iii) Direkt elektrifiering antingen genom ökad återvinning och ökad andel skrotbaserad stålproduktion¹²⁶ eller Electrowinning (där järnmalm reduceras genom elektrolys, och, (iv) indirekt elektrifiering av stålproduktionen baserat på direktreduktion av järnmalm med vätgas (t.ex. genom HYBRIT-processen¹²⁷). SSAB har nyligen investerat i en pilotanläggning direktreduktion av järnmalm med vätgas och har som ambition att fasa ut sina masugnar successivt för att bli klimatneutrala till 2045¹²⁸. Flera europeiska och internationella ståltillverkare har liknande planer¹²⁹.

- Övriga material (isolering, gips, asfalt, m.m.) - Eftersom cement/betong och stål står för huvuddelen av de materialrelaterade utsläppen i bygg- och anläggningssektorn¹³⁰ så har ingen detaljerad beskrivning gjorts av teknikutvecklingen i övriga byggmaterialindustrier. I det scenarioroverktyg som använts i analysen beskrivs teknikutvecklingen för dessa övriga material endast på aggregerad nivå. Här antas att utsläppen successivt kunna minska genom att bränsleskiften och elektrifiering.
- Arbetsmaskiner - För arbetsmaskiner är diesel idag den helt dominerande energibäraren och förbränningsmotorn dominerar nästan uteslutande som teknik¹³¹. Infasning av biobränsle (på kort till medellång sikt) och elektrifiering (inkl. drift med bränsleceller och vätgas) av arbetsmaskinparken¹³² (på medellång till lång sikt) bedöms dock med rätt styrmedel kunna bidra till betydande utsläppsminskningar under den analyserade perioden.
- Tunga transporter - Lastbilstransporter står för huvuddelen av dom transportrelaterade utsläppen kopplade till bygg- och anläggningssektorn. Precis som för arbetsmaskiner är diesel idag den helt dominerande energibäraren och förbränningsmotorn dominerar nästan uteslutande. I lastbilssegmentet har infasningen av biobränslen redan påbörjats men biobränslen förväntas spela en fortsatt viktig roll för att minska växthusgasutsläppen från tunga transporter på medellång till lång sikt och på lite längre sikt kan elektrifierade lastbilar (inkl. lastbilar med bränsleceller) bidra till att radikalt minska utsläppen från tunga transporter.¹³³

Det finns en också betydande potential för minskad klimatpåverkan genom beteendeförändringar hos byggherrar och beställare. Det handlar bland annat om minskat spill och minskad mängd material per byggd kvadratmeter eller byggd kilometer transportinfrastruktur¹³⁴. Det finns också en

¹²⁵ Se t.ex. Fishedick, m. fl., 2014. [Techno-economic evaluation of innovative steel production technologies](#). Journal of Cleaner Production.

¹²⁶ Se t.ex. Milford, m. fl., 2013. [The roles of energy and material efficiency in meeting steel industry CO₂ targets](#). Environmental Science & Technology.

¹²⁷ Se t.ex. Pei, m. fl., 2020. [Toward a Fossil Free Future with HYBRIT: Development of Iron and Steelmaking Technology in Sweden and Finland](#). Metals.

¹²⁸ [SSAB](#)

¹²⁹ Se <https://www.industrytransition.org/green-steel-tracker/>

¹³⁰ Med undantag för plastindustrin där råvaran också måste bytas ut är det rimligt att anta en ganska stor del av den 'övriga' byggmaterialindustrin kan bli klimatneutral genom elektrifiering (eller introduktion av biobränslen). Se t.ex. Madeddu, m. fl., 2020. [The CO₂ reduction potential for the European industry via direct electrification of heat supply \(power-to-heat\)](#). Environmental Research Letters.

¹³¹ WSP, 2017. [Fossilfrihet för arbetsmaskiner](#). På uppdrag av Energimyndigheten.

¹³² SMED, 2006. [Kartläggning av eldrivna arbetsmaskiner](#). På uppdrag av Naturvårdsverket.

¹³³ Se t.ex. Fossilfritt Sverige, 2020. [Färdplan Tunga fordon](#). och Fossilfritt Sverige, 2020. [Åkerinäringen](#).

¹³⁴ Se t.ex. World Green Building Council, 2019. [Bringing embodied carbon upfront - Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon](#).

stor potential genom att öka andelen material med en låg klimatpåverkan, framförallt genom att trä ersätter stål och betong. I denna rapport är dock endast en mindre del av detta inräknad i scenarierna (och då som en del av den antagna materialeffektiviseringen). Den sammantagna materialeffektiviseringen till år 2050 är 14-26% i de olika scenarierna jämfört med 2019. Nedan beskrivs de antaganden om byggmetoder och material som har gjorts i de olika scenarierna.

I *Referensscenarierna* (både med och utan omfattande beteendeförändringar) antas inga teknikskiften i byggmaterialindustrin (endast viss energieffektivisering om 0,5% per år och materialeffektivisering om 0,5% per år). Gradvis ökad andel biobränsle (men ingen elektrifiering) för arbetsmaskiner och tunga transporter antas.

Territoriellt klimatmålsscenario utgår från att svensk produktion av cement använder 100% CCS och att stålproduktionen är 100% fossilfri från 2030 och framåt. I EU och resten av världen utvecklas industrin (cement, stål och övriga material) beroende på omvärldens omställning. Om omvärlden följer nuvarande trender och politik så sker inga teknikskiften i byggmaterialindustrin. Arbetsmaskiner och tunga transporter går i stor utsträckning över till biobränslen, men elektrifieringen är begränsad. Om omvärlden följer klimatomställning i linje med Parisavtalet så antas byggmaterialindustrin i resten av EU följa efter Sverige och introducera 100% CCS för cement 100% fossilfritt stål från 2040 och framåt. Arbetsmaskiner och lastbilar antas elektrifieras efter 2030.

Beteende- och teknikscenariot följer samma tekniska utveckling som Territoriellt klimatmålsscenario samt antar bättre hushållning med material (minskat spill, minskad mängd material per ytenhet) som resulterar i ökad materialeffektivisering (1% per år).

Omfattande beteende- och teknikscenariots högre utsläppsnivå följer samma begränsade tekniska utveckling som i Referensscenariot men även här antas bättre hushållning med material (minskat spill, minskad mängd material per ytenhet) som resulterar i ökad materialeffektivisering (1% per år). Omfattande beteende- och teknikscenariots lägre utsläppsnivå följer samma tekniska utveckling som Territoriellt klimatmålsscenario.

Volymen av byggandet i framtiden

Referensscenariot och *Territoriella klimatmålsscenariot* utgår från konstant byggvolym under hela perioden, dvs. det byggs ungefär lika mycket byggnader, väg och järnvägsinfrastruktur 2050 som under referensåret (2019).

När det gäller bostäder (som står för den största andelen av bygginvesteringarna) så låg bygginvesteringarna 2019 på en nivå som är jämförbar med nivån under 1970- och 1980-talen, efter en betydande nedgång under 1990-talet och en långsam återhämtning under början av 2000-talet. För den kommande tioårsperioden har Boverket uppskattat byggbehovet till ungefär motsvarande bibehållen nybyggnation och ombyggnad under perioden 2020-2029¹³⁵. Ett antaganden om konstant byggvolym på 2019 års nivå gällande bostäder bedöms därför som rimligt i närtid och även om det skulle kunna vara lite högt på längre sikt så kan det ta höjd för den eventuellt fortsatt ökande trenden gällande bygginvesteringar i lokaler. Bygginvesteringar i lokaler har ökat kontinuerligt sedan tidigt 1990-tal, med några få undantag.¹³⁶ Notera dock att bygginvesteringar inte är direkt översättbara till materialanvändning och klimatpåverkan, men kan ge en indikation om de historiska trenderna.

¹³⁵ Boverket, 2020. [Bostadsbyggnadsbehov 2020-2029](#). Rapport 2020:32.

¹³⁶ Byggföretagen, 2021. [Totala bygginvesteringar](#).

Det är naturligtvis svårt att sja om hur investeringarna i infrastruktur kommer att se ut tre decennier fram i tiden och även historiskt har betydande svängningar förekommit. Både de totala investeringarna i väg och järnväg samt fördelningen mellan väg och järnväg har varierat över tid¹³⁷. Under perioden 2010-2017 minskade nyinvesteringarna¹³⁸ och växthusgasutsläpp relaterade till järnvägsetablering medan investeringar i statliga och kommunala vägnäten varit mer stabil. Denna utvecklingstrend kan dock förväntas vända om satsningarna på nya stambanor mellan de tre storstadsregioner - Stockholm, Göteborg och Malmö - blir en realitet¹³⁹. I en studie av Liljenström m.fl.¹⁴⁰ uppskattas de totala växthusgasutsläppen från investeringar (inklusive nyinvesteringar, återinvesteringar och underhåll) i infrastruktur (väg, järnväg, flygplatser och hamnar) till 2,8 miljoner ton CO₂ varav väginvesteringar beräknas stå för 66% av utsläppen och järnvägsinvesteringar för 22%¹⁴¹. Uppskattningarna bygger på data från perioden 2010-2015.

I *Beteende- och teknikscenariot* minskar byggvolymen 2030-2050. Fokus ligger på ombyggnation, renovering och underhåll av befintligt bestånd och endast hälften så mycket nyproduktion (byggnader och infrastruktur) sker 2050 jämfört med 2019.

För *Omfattande beteende- och teknikscenariot* och *Referensscenariot med omfattande beteendeförändringar* antas ännu kraftigare minskningar i byggvolym 2030-2050 som en följd av att renovering/ombyggnad/återinvestering ersätter nybyggnation, förlängd livslängd genom renovering/underhåll samt minskad boyta (och lokalyta) på 10% per person år 2050¹⁴². 70% lägre nyinvesteringar (byggnader och infrastruktur) 2050 jämfört med 2019.

Antagandena om minskade nyinvesteringar (-50% respektive -70%) gäller alltså även för infrastruktur. Då vi har antagit dubblerat tågresande men oförändrat bilåkande i Beteende- och teknikscenariot och tredubblat tågresande och minskat bilåkande (-20%) i de omfattande beteendescenarierna kan dessa antaganden antas spegla en utveckling där huvuddelen av de kvarvarande nyinvesteringarna utgörs av järnvägsinvesteringar.

¹³⁷ Se t.ex. Konjunkturinstitutet, 2012. [Nivån på infrastrukturinvesteringarna i Sverige](#).

¹³⁸ Den offentliga sektorns investeringar och kapitalstock PROP. 2017/18:100 Bilaga 4

¹³⁹ De kommande tolv åren (2022-2033) vill [regeringen](#) satsa nästan 900 miljarder kronor på väg och järnväg. Omkring hälften föreslås gå till investeringar i ny väg och järnväg och av det avsätts det mesta, 85 procent, till ny järnväg.

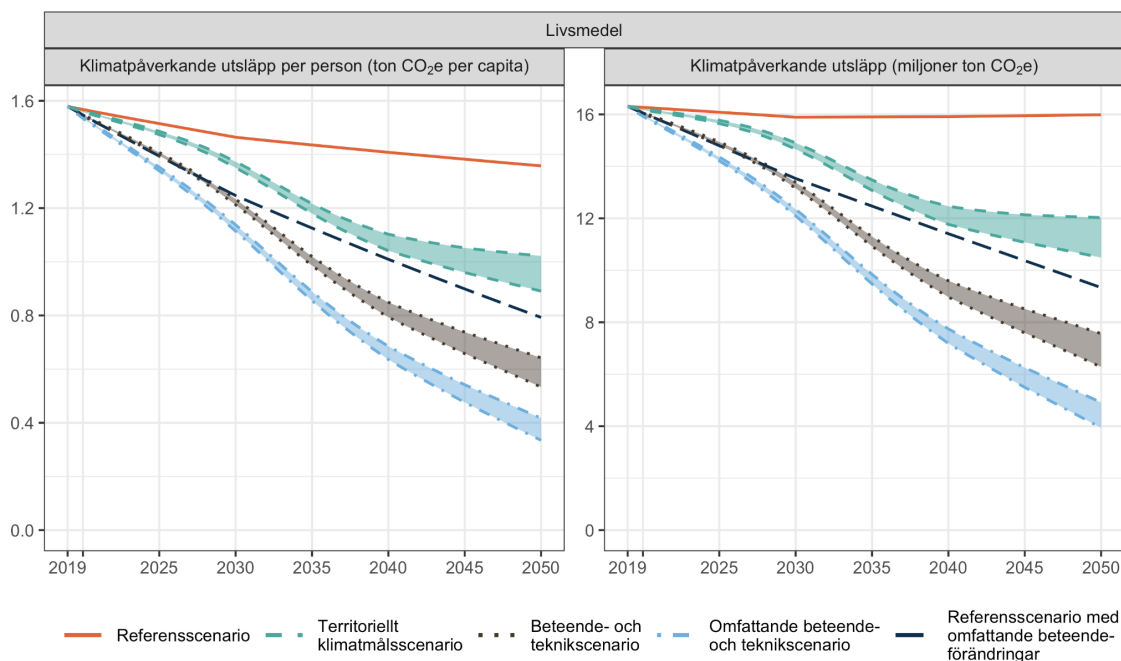
¹⁴⁰ Liljenström, m. fl., 2019. [Annual climate impact and primary energy use of Swedish transport infrastructure](#). European Journal of Transport and Infrastructure Research.

¹⁴¹ Resterande utsläpp kommer från investeringar i flygplatser, hamnar och maritima farleder.

¹⁴² Kan jämföras med Hagbert, m.fl., 2018. [Framtider bortom BNP-tillväxt](#). KTH, som i ett av sina scenarier antar en halvering av bostadsyta och kontorsyta per person till 2050 jämfört med i dag.

Livsmedel

Vi har analyserat hur utsläppen från den svenska befolkningens konsumtion av livsmedel kan komma att utvecklas baserat på de fem olika scenarier som övergripande beskrivs [ovan](#). I det här avsnittet beskrivs utfall och antaganden i detalj.



Figur 22 Scenarier för framtida konsumtionsbaserade utsläpp för svenska befolkningens konsumtion av livsmedel.

Utfallet för *Referensscenariot* visar att klimatpåverkan från den svenska livsmedelskonsumtionen ligger relativt konstant runt ca 16 miljoner ton CO₂e under hela perioden. Här kompenseras effekten av den ökande befolkningen av den förväntade effektiviseringen inom jordbruket.

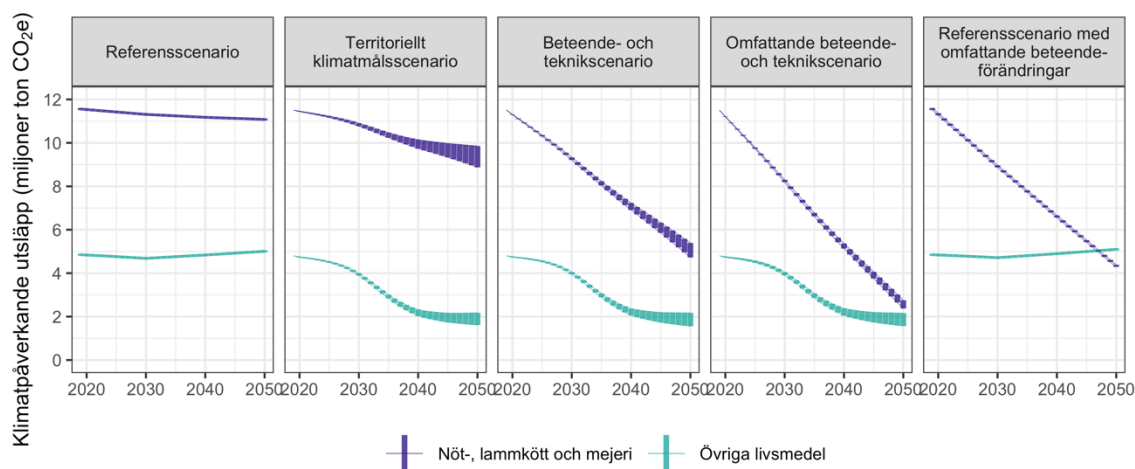
Utsläppen i det *Territoriella klimatmålsscenario* uppskattas till 10-12 miljoner ton CO₂e år 2050. För svenskproducerade livsmedel bygger detta på en större effektivisering jämfört med *Referensscenariot*, att jordbruket och transportererna är helt fossilfria samt att fossilfritt konstgödsel används. Minskningen i klimatmålsscenario (för svenskproducerade livsmedel) är i samma storleksordning som det målskenario som togs fram inför beslutet om dagens territoriella miljömål där jordbrukets utsläpp antogs minska med 35% till år 2045¹⁴³.

Beteende- och teknikscenariot ger lägre utsläpp på 6,3-7,6 miljoner ton CO₂e år 2050. Här kombineras ovan nämnda tekniska åtgärder med ett skifte inom animaliekonsumtionen där hälften av nö- och lammköttkonsumtionen ersätts med kyckling (eller växtbaserad proteinkälla), och hälften av mjölken ersätt med växtbaserade alternativ.

I det *Omfattande beteende- och teknikscenariot* uppnås lägre utsläpp genom kostförändringar, 3,9-4,9 miljoner ton CO₂e år 2050, beroende på vilka tekniska åtgärder för att minska utsläppen som har satts in. Här har nö- och lamm, samt konsumtionen av flytande mjölkprodukter minskat med 75% och ersatts med proteinrika växtbaserade produkter. Ostkonsumtionen är här halverad.

¹⁴³ SOU 2016:47 [En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige. Del 1](#), sid 337, samt bilaga 7 i [del 2](#).

Referensscenariot med omfattande beteendeförändringar och mycket begränsad teknisk utveckling så beräknas utsläppen bli cirka 9,3 miljoner ton.



Figur 23 Svenska konsumtionsbaserade utsläpp från nöt/lamm/mejeri respektive övriga livsmedel i de fem scenarierna.

Utgångsläge 2019

Beräkningarna utgår från dagens konsumtion av livsmedel i Sverige enligt Jordbruksverket¹⁴⁴. Utsläppen från olika typer av mat beräknas med en konsekvent metod för att modellera livscykelutsläppen från gård till butikshylla. Det betyder att utsläppen för transport av mat till hemmet, förvaring och tillagning i hemmet inte ingår i beräkningarna. Utsläppen från dessa delar återfinns inom kategorierna boende och transporter. Maten delas in i kategorier som t.ex. nötkött och mjölk och volymerna multipliceras med representativa värden på kg koldioxidkvivalenter/kg matprodukt för att beräkna de totala utsläppen av livsmedelskonsumtionen. Vår metod ger klimatpåverkan på nästan 1,6 ton CO₂e/person år 2019. Det kan jämföras med de konsumtionsbaserade analyser som redovisas av Naturvårdsverket¹⁴⁵ och som visar på 1,3 ton.

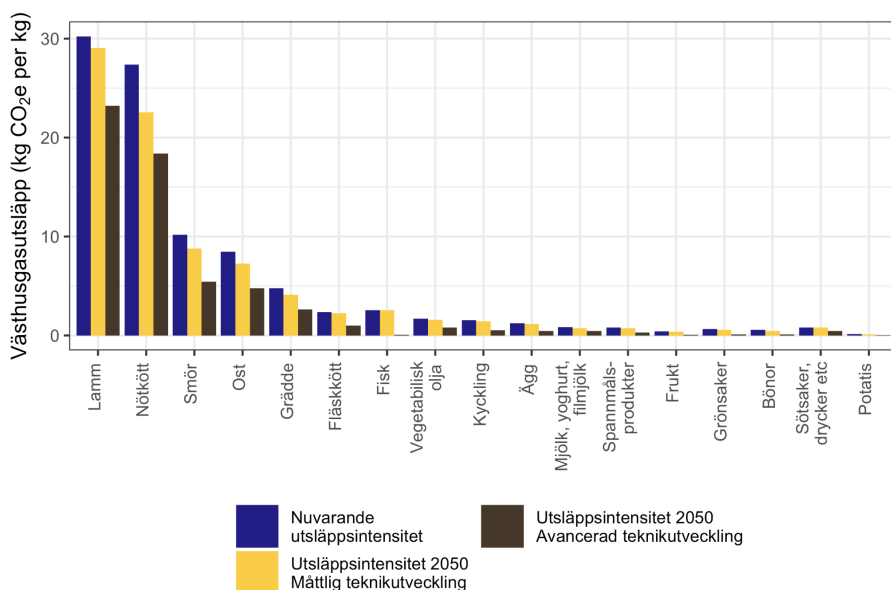
Antaganden kring nya tekniska åtgärder i framtiden

De tekniska åtgärder som antas för de olika scenarierna beskrivs nedan kortfattat. I alla scenarierna utom referensscenariot använder vi två olika nivåer på teknisk utveckling: måttlig och avancerad. Nedanstående diagram visar utsläppen per kilo mat idag och med måttlig respektive avancerad teknisk utveckling fram till 2050.

Sammantaget ger de måttliga tekniska förändringarna 14% minskade växthusgasutsläpp per person, vilket syns i Referensscenariot. I det Territoriella klimatmålsscenario antas också kosten vara densamma 2050 som 2019, men här har avancerade tekniska åtgärder antagits för mat producerad i Sverige och för importerad mat har två siffror tagits fram beroende på om omvärldens matproduktion följer nuvarande trender och politik eller om en global klimatomställning genomförs. Dessa två alternativ resulterar i 35-44% minskade växthusgasutsläpp per person.

¹⁴⁴ Jordbruksverket [statistik](#)

¹⁴⁵ Naturvårdsverket [Konsumtionsbaserade växthusgasutsläpp per person och år](#)



Figur 24 Växthusgasutsläpp per kilo produkt 2019 och 2050 baserat på måttliga respektive avancerade tekniska åtgärder

De måttliga tekniska förändringarna omfattar framförallt högre produktivitet i nötköttsproduktion och det handlar bl.a. om:

- förbättrad foderkvalitet
- förbättrad djurhälsa och lägre dödlighet
- högre kalvningsfrekvens
- framavling av djur som växer snabbare och därför kräver mindre foder per mängd kött.

Den avancerade tekniska utvecklingen bygger i huvudsak på de tekno-ekonomiska potentialer för ett klimatneutralt jordbruk som beskrivs i en rapport av World Resources Institute¹⁴⁶.

- En del är här en ännu högre produktivitetssökning, bl.a. handlar det om högre mjölkavkastning hos mjölkkor och avancerad växtförädling. Utöver detta antas att en lång rad specifika åtgärder för att minska växthusgasutsläppen delvis har kommit igång.
- Lustgasutsläppen från åkermark minskas dels genom ökad kväveeffektivitet samt genom generell användning av nitrifikationshämmare som blandas i handelsgödsel. Vi antar att teknik för att minska lustgasutsläppen börjar introduceras nu, och når 90 % av sin potential 2070 i världen såväl som i Sverige.
- Produktion av handelsgödsel sker idag med naturgas och ger också utsläpp av lustgas. Vi antar i linje med våra generella [energiantaganden](#) att denna naturgas ersätts med fossilfria alternativ såsom koldioxidfri vätgas eller el. Denna förändringsprocess antas börja 2030 och får fullt genomslag för all handelsgödselanvändning i Sverige 2050, och till 2070 i resten av världen.
- Metanutsläppen från idisslande djur antas kunna minskas med 50% genom fodertillsatser. Det finns en mängd olika tillsatser som för närvarande utvärderas avseende hur mycket de kan minska utsläppen av metan. Vi antar att tekniken börjar användas 2030 och når 90 % av sin potential 2070 (både i Sverige och globalt). Utsläppen av metan och lustgas från stallgödselhantering kan också minskas genom förändrad gödselhantering. Vi antar att

¹⁴⁶ Searchinger, m. fl., 2021. [A Pathway to Carbon Neutral Agriculture in Denmark](#). World Resources Institute.

åtgärder börjar introduceras 2030 och når 90 % av sin potential 2070 (både i Sverige och globalt).

- När det gäller de energirelaterade utsläppen i jordbruket så antas fossila bränslen ersättas med biobränslen och elektricitet i samma takt som för gäller för [transportbränsle](#) i andra delar i denna rapport. När det gäller energi för uppvärmning och torkning antas en övergång till elektricitet, och att detta får fullt genomslag i Sverige 2050 och 2070 i resten av världen.

Gemensamt för många åtgärderna som antas för de biogena utsläppen i jordbruket är att det är förhållandevis enkla tekniker som inte kräver stora investeringar (till skillnad mot vad som ofta är fallet inom energi och transportsystemen). Dock finns flera av dessa åtgärder inte på marknaden idag (t.ex. fodertillsatser för att minska metanutsläpp), och det saknas i de flesta fall planer och styrmedel för att introducera dessa åtgärder. Generellt har jordbruket också varit i stort undantaget från konkreta styrmedel för att minska utsläpp av växthusgaser. I vissa fall kan teknik introduceras centralt, som nitrifikationshämmare, medan exempelvis förändring av gödselhantering behöver ske genom specifika anpassningar hos en stor mängd små aktörer. Dessa faktorer sammantaget gör det väldigt svårt att bedöma om, och hur snabbt, dessa åtgärder kan tänkas introduceras. Vi bedömer att våra antaganden är realistiska givet att det finns en tydlig politiskt vilja att införa åtgärderna. Huruvida den politiska viljan kommer att finnas, i Sverige och globalt, gör vi i denna rapport dock ingen bedömning av.

Konsumtion i framtiden

Över lång tid har trenden varit ökande konsumtion av kött och ost, men sjunkande när det gäller konsumtion av mjölk. De senaste åren har dock köttkonsumtionen sjunkit något. Mot bakgrund av detta har vi inte funnit någon rimlig grund för att anta några kostförändringar baserat på trender. I *Referensscenariot* och det *Territoriella klimatmålsscenario* har vi därför antagit att konsumtionen av olika livsmedel per person i framtiden är samma som 2019¹⁴⁷.

I *Beteende- och teknikscenariot* antas ett skifte inom animaliekonsumtionen där hälften av nöt- och lammkonsumtionen ersätts med kyckling (eller växtbaserad proteinkälla). Detta ligger i linje med de senaste årens trend med minskande nötköttkonsumtion. Minskningstakten i det här scenariot är hälften så snabb som under perioden 2016 till 2020.¹⁴⁸ Mjölkkonsumtionen har sjunkit stadigt sjunkit i flera årtionden¹⁴⁹ och vi antar att denna trend fortsätter i ungefär samma takt vilket resulterar i en halvering till 2050. För övriga typer av livsmedel, inklusive ost¹⁵⁰, antar vi att konsumtionen ligger på samma nivå som 2019.

I det *Omfattande beteende- och teknikscenariot* och *Referensscenariot med omfattande beteendeförändringar* antar vi att förändringen går längre och att konsumtionen av nöt- och lammkött samt flytande mjölkprodukter istället minskar med 75% jämfört med nivån 2019, samt att

¹⁴⁷ Vi antar även att andelen import för olika matprodukter är samma 2050 som 2019.

¹⁴⁸ Konsumtionen minskade från 28 kg per capita år 2016 till 24 kg 2020, dvs. en minskning med 1 kg per år. En halvering resulterar i 13 kg nöt- och lammkött per person år 2050, vilket ger en genomsnittlig minskningstakt på 0,4 kg per år. Siffrorna är hämtade från Jordbruksverket och avser totalkonsumtionen som omfattar kött i slaktad vikt, vilket innebär att även ben och andra delar av djuret som vi inte äter ingår. Även svinn och förluster mellan slakteri och gaffel ingår.

¹⁴⁹ Avser flytande mjölkprodukter. Källa: [Naturvårdsverket/Jordbruksverket](#).

¹⁵⁰ Ost innebär stora utsläpp av växthusgaser och anledningen till att scenariot inte omfattar en minskning av detta är att ersättningsprodukterna för ost inte har slagit igenom på samma sätt som har skett för flytande mjölkprodukter och nötkött. Detta scenario omfattar bara marginella beteendeförändringar och om ersättningsprodukterna fortsätter att vara mindre attraktiva så skulle en minskning här inte ses som marginell.

konsumtionen av ost halveras. Detta kan jämföras med den så kallade Eat Lancet analysen om hälsomässigt- och miljömässigt hållbar matkonsumtion som går betydligt längre¹⁵¹. Deras rekommendation innebär för Sverige en minskning av både fläsk- och nötkött med 85%. Vi tycker dock inte att man i klimatanalyser bör behandla fläsk- och nötkött på samma sätt då fläskkött ligger närmare kyckling t i klimatpåverkan (se Figur 24 ovan).

Tabell 2 Konsumtion av livsmedel per person i de olika scenarierna (kg/person)

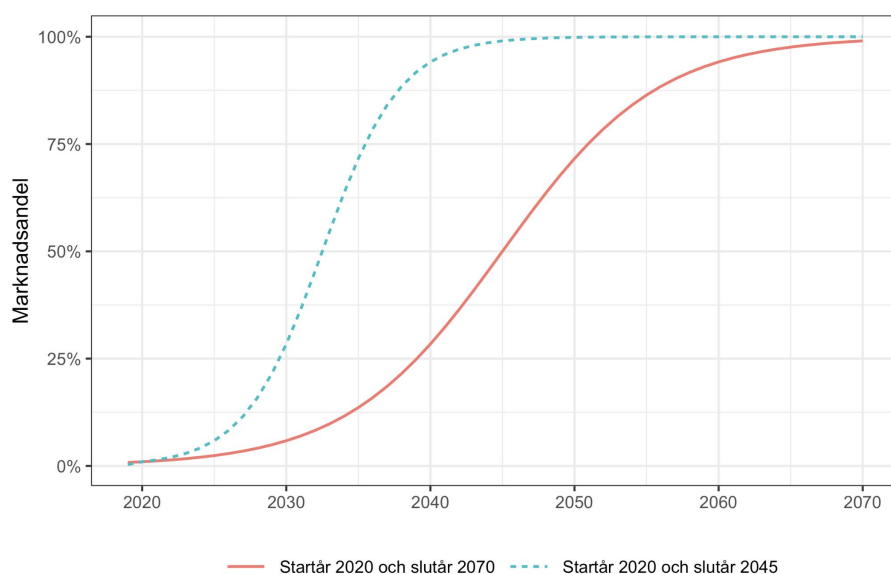
	Basår 2019	Referens- scenario 2050	Territoriellt klimatmåls- scenario 2050	Beteende- och teknikscenario 2050	Scenarier med omfattande beteende- förändringar 2050
Kött (slaktkropp)	90,0	89,9	89,8	88,3	69,7
Nötkött	25,0	25,0	25,0	12,5	6,2
Lamm	1,9	1,9	1,9	1,0	0,5
Fläskkött	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2
Kyckling	23,8	23,8	23,8	35,6	23,8
Ägg	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1
Mjölksprodukter	148,0	147,9	147,9	83,9	42,0
Mjök, yoghurt, filmjök	111,3	111,1	111,1	55,6	27,8
Grädde	11,7	11,7	11,7	5,8	2,9
Smör	4,9	4,9	4,9	2,5	1,2
Ost	20,1	20,1	20,1	20,0	10,1
Fisk	14,8	14,7	14,7	14,7	14,7
Spannmålsprodukter	85,3	85,2	85,2	85,2	85,2
Potatis	73,2	73,1	73,1	73,1	73,1
Vegetabilisk olja	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Grönsaker	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3
Frukt	99,2	99,1	99,1	99,1	99,1
Sötsaker, drycker etc	180,2	180,1	180,1	180,1	180,1
Böner	19,2	19,2	19,2	19,2	38,4

¹⁵¹ Stockholm Resilience Center, 2019. [Nordic food systems for improved health and sustainability](#)

Övergripande antaganden

Introduktion av ny teknik

Introduktionen av ny teknik kan beskrivas av en S-kurva (så kallad logistisk kurva) av teknikens marknadsgenomslag. Teorin bakom S-kurvorna är att spridningen av innovationer följer en S-liknande utveckling vartefter marknaden mognar. Introduktionen går först långsamt när tekniken är ny, marknadsgenomslaget ökar sedan, nästintill exponentiellt, för att slutligen sakta in när marknadsgenomslaget närmar sig 100%. Det finns stark evidens för att den här typen av kurvor beskriver marknadsintroduktionen av ny teknik även om man inte har fullt ut kartlagt de faktorer som ligger bakom utvecklingen.^{152,153} I våra beräkningar används S-kurvor med ett givet startår när tekniken når över 1% marknadspenetration och ett slutår då tekniken når 99% marknadspenetration, se exempel i Figur 25 nedan.



Figur 25 Kurvor som beskriver marknadsandelen över tid för ny teknik.

Energianvändning och dess utsläppsintensitet

Utsläpp relaterade till energianvändning uppskattas för både direkta utsläpp vid förbränning av fossila bränslen och utsläpp som uppstår i utvinning, produktion och raffinering av respektive energibärare (så kallade uppströms utsläpp), se detaljer för respektive energibärare i Tabell 3 nedan.

När det gäller el så gör vi skillnad på genomsnittlig el från som används i Sverige, Europa och globalt. För respektive geografisk region används den prognostiserade mixen av elproduktionstekniker givet olika scenarioantaganden, utifrån Energimyndighetens¹⁵⁴, Europakommissionens¹⁵⁵ och IEAs¹⁵⁶ analyser. Korrigeringar har gjorts för att ta hänsyn till transmissions- och distributionsförluster. Uppströms utsläpp från underhåll och bränsleproduktion i elproduktionsanläggningar uppskattas för

¹⁵² Grübler (1998). [Technology and Global Change](#), Cambridge University Press.

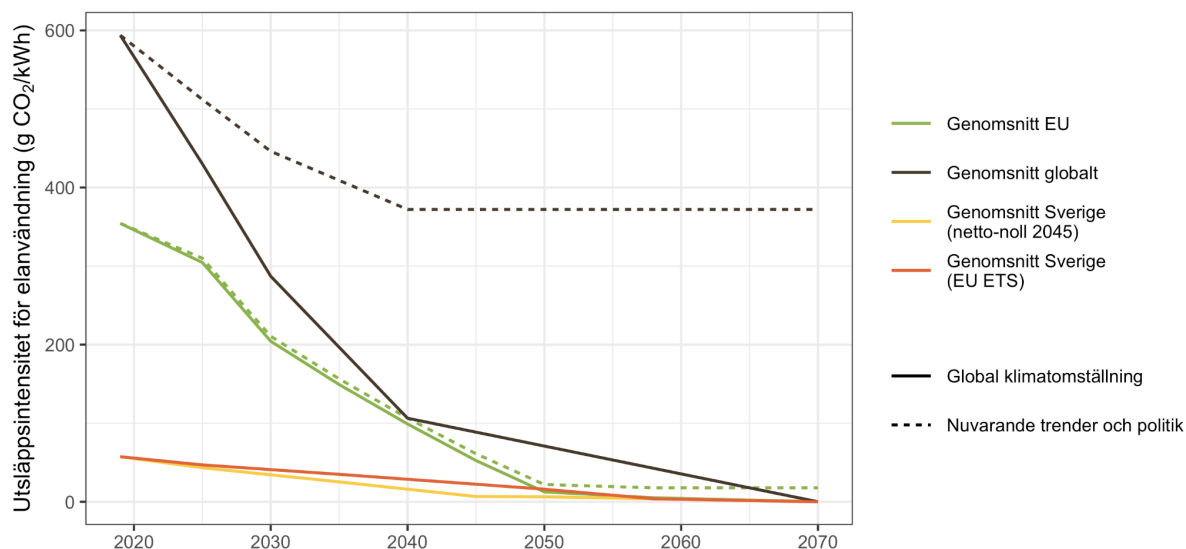
¹⁵³ Wilson (2009). [Meta-analysis of unit and industry level scaling dynamics in energy technologies and climate change mitigation scenarios](#), IIASA.

¹⁵⁴ Energimyndigheten, 2019. Scenarier över Sveriges energisystem 2018 - ER 2019:07. Eskilstuna, Sweden.

¹⁵⁵ Europakommissionen, 2018. [In-depth analysis in support of the Commission communication COM\(2018\) 773 - A Clean Planet for all - A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy](#). Brussels, Belgium.

¹⁵⁶ IEA, 2019. [World Energy Outlook](#).

respektive teknik utifrån globala genomsnitt i linje med de två scenarierna som beskriver omvärldens omställning¹⁵⁷. För Sverige antas direkta utsläpp nå noll år 2045 eller 2058 (styrts av när EU ETS totalt sett når noll enligt nuvarande direktiv) beroende på scenario. De resulterande utsläppsintensiteterna redovisas i Figur 26.



Figur 26 Utsläppsintensitet för elmixen i genomsnitt för Sverige, EU och globalt beroende på omvärldens omställningen.

När det gäller bränsleanvändning så utgår vi förenklat från ett fossilt bränsle och ett biobränsle, förutom i modelleringen av tillverkning av bilar och bilbatterier samt byggmaterial där uppdelningen är mer detaljerad. Det fossila bränslet motsvarar diesel och dess uppströms utsläpp bygger på globalt genomsnitt för utvinning och raffinering av olja samt en utsläppsminskingspotential som motsvarar en halvering av raffineringsutsläppen.^{158,159}

När det gäller fjärrvärmearvändning används miljönyckeltal för ett fjärrvärmebolag¹⁶⁰ som antas vara representativa för genomsnittlig svensk fjärrvärme då bränslemixen i stort motsvarar svenska genomsnittet¹⁶¹.

¹⁵⁷ Pehl, m.fl., 2017. [Understanding future emissions from low-carbon power systems by integration of life-cycle assessment and integrated energy modelling](#). Nature Energy.

¹⁵⁸ Jing, m.fl., 2020. [Carbon intensity of global crude oil refining and mitigation potential](#). Nature Climate Change.

¹⁵⁹ Masnadi, m.fl., 2018. [Global carbon intensity of crude oil production](#). Science.

¹⁶⁰ Stockholm Exergi, 2020. [Miljönyckeltal Stockholm Exergi 2019](#).

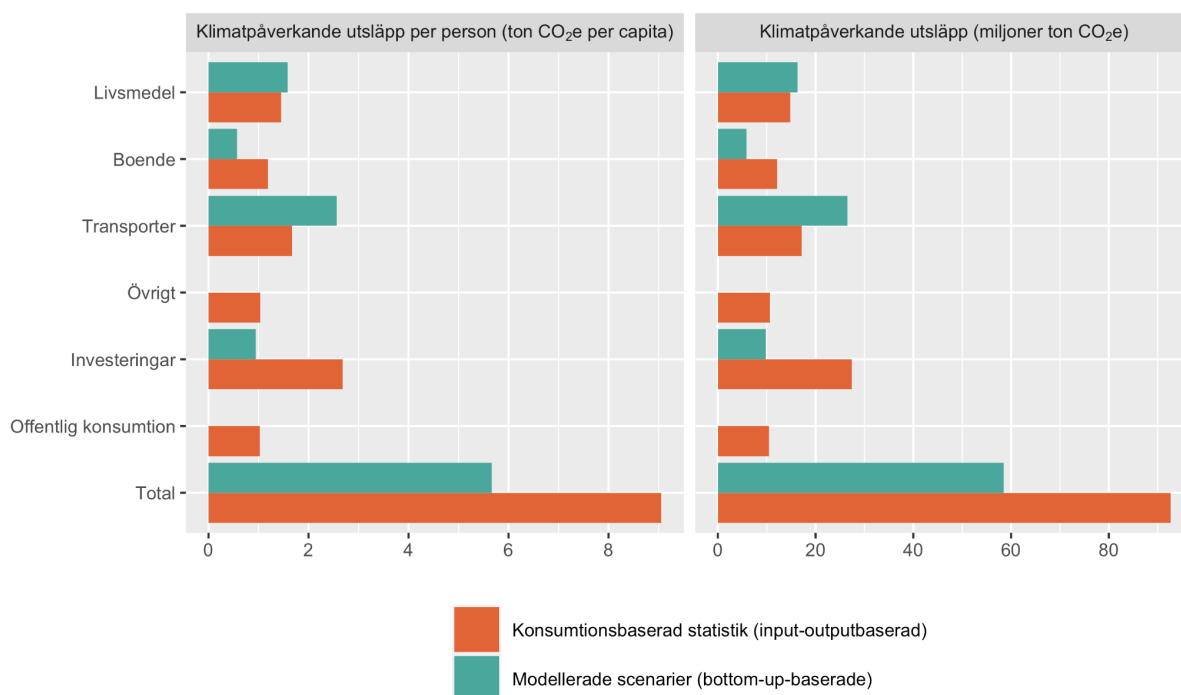
¹⁶¹ Energimyndigheten, 2021. [Energiläget i siffror 2021](#).

Tabell 3 Detaljerad beskrivning av antagna utsläppsintensiteter för energianvändning (g CO_{2e}/kWh).

		<i>Nuvarande trender och politik</i>	<i>Global klimatomställning</i>
Elanvändning	Svensk elmix	Utsläppsintensiteten minskar från 57 g/kWh år 2019 till 14-24 g/kWh år 2050. Direkta utsläpp minskar från 47 g/kWh till 0 g/kWh 2045 (om svenska klimatmål styr - scenario 2 och 3) eller 2058 (om EU ETS styr - scenario 1 och 4). Uppströms utsläpp antas öka från 10 g/kWh till 14 g/kWh år 2050 (om klimatmålet 2045 nås) och till 24 g/kWh år 2050 (om endast EU ETS styr). Utsläppsintensiteten minskar från 354 g/kWh år 2019 till 22 g/kWh år 2050.	Utsläppsintensiteten minskar från 57 g/kWh år 2019 till 6-16 g/kWh år 2050. Direkta utsläpp minskar från 47 g/kWh till 0 g/kWh 2045. Uppströms utsläpp antas minska till 6 g/kWh år 2050 (om klimatmålet 2045 nås) och öka till 16 g/kWh år 2050 (om endast EU ETS styr), från 10 g/kWh år 2019.
	Europeisk elmix	Direkta utsläpp om 354 g/kWh som antas nå 0 g/kWh år 2058 då utsläppstaket inom EU ETS når noll. Uppströms utsläpp minskar från 23 g/kWh till 18 g/kWh år 2050.	Utsläppsintensiteten minskar från 354 g/kWh år 2019 till 13 g/kWh år 2050. Direkta utsläpp om 354 g/kWh som antas nå 0 g/kWh år 2058 då utsläppstaket inom EU ETS når noll. Uppströms utsläpp minskar från 23 g/kWh till 8 g/kWh år 2070.
	Global elmix	Utsläppsintensiteten minskar från 594 g/kWh år 2019 till 372 g/kWh år 2050. Direkta utsläpp om 567 g/kWh som minskar till 350 g/kWh år 2040 och därefter är konstanta. Uppströms utsläpp minskar från 27 g/kWh till 23 g/kWh år 2040 och är därefter konstanta.	Utsläppsintensiteten minskar från 594 g/kWh år 2019 till 71 g/kWh år 2050. Direkta utsläpp om 567 g/kWh som minskar till 0 g/kWh år 2070. Uppströms utsläpp minskar från 27 g/kWh till 0 g/kWh år 2070 och är därefter konstanta.
Bränsle användning	Fossil	Utsläppsintensiteten är konstant 319 g/kWh, varav uppströms utsläpp utgör 60 g/kWh.	Utsläppsintensiteten minskar från 319 g/kWh år 2019 till 310 g/kWh år 2050. Hela minskningen sker i uppströms utsläpp som minskar från 60 g/kWh år 2019 till 48 g/kWh år 2070 till följd av minskade utsläpp från raffinaderier.
	Biobränsle	Utsläppsintensiteten är konstant 69 g/kWh, som helt består av uppströms utsläpp då biobränslen inte antas ha några direkta utsläpp.	Utsläppsintensiteten minskar från 69 g/kWh år 2019 till 33 g/kWh år 2050. Minskningen bero på introduktion av andra generationens biobränslen som antas nå full marknadsdominans omkring 2070.
	Fjärrvärme-användning	Utsläppsintensiteten minskar från 65 g/kWh till 17 g/kWh år 2050, varav uppströms utsläpp utgör 4 g/kWh. Minskningen antas vara en effekt av att utsläppstaket inom EU ETS når noll år 2058.	Utsläppsintensiteten minskar från 65 g/kWh år 2019 till 4 g/kWh år 2045 och framåt. Minskningen antas vara en direkt effekt av att noll-utsläpp förutses i el- och fjärrvärmeproduktionen när netto-nollmålet nås i Sverige och förutses vara linjär.

Jämförelse med konsumtionsbaserade siffror baserade på input-outputanalys

Analysen i den här rapporten skiljer sig markant från de analyser av konsumtionsbaserade utsläpp som görs av Statistiska centralbyrån¹⁶². Det finns skillnader i metod och vilka utsläppsområden som analyserna täcker. De röda staplarna i Figur 27 visar statistik för konsumtionsbaserade växthusgasutsläpp enligt Statistiska centralbyråns indelning av konsumtionsområden. De gröna staplarna visar utfallet från de bottom-up metoder som används i den här rapporten.



Figur 27 Jämförelse mellan konsumtionsbaserad input-output statistik och bottom-up metod, fördelade enligt COICOP-kategorier enligt [Naturvårdsverkets redovisning](#). Källa: Egna analyser (modellerade scenarier) och SCB¹⁶³ (konsumtionsbaserad statistik)

Figuren kan dock ge intrycket av att skillnaderna är större än vad de är. De totala utsläppen enligt den konsumtionsbaserade statistiken baserad på input-outputanalys är 93 miljoner ton CO₂e år 2019 medan det sammanlagda utfallet för basåret (2019) i den här rapportens scenarioanalys är 58 miljoner ton CO₂e. Vår bottom-up analys omfattar dock inte kläder och skor, övrig konsumtion och delar av investeringar (framför allt omfattas inte näringslivets investeringar), motsvarande sammanlagt 37% av de konsumtionsbaserade utsläppen. Med hänsyn tagen till att dessa områden är exkluderade så ligger utfallet för de två metoderna relativt nära varandra.

Utfallen för livsmedel ligger relativt nära varandra för de två metoderna. Transportutsläppen är däremot betydligt högre enligt bottom-up analysen jämfört med input-outputanalysen. En förklaring till detta är att bottom-up analysen även inkluderar flygets höghöjdseffekt¹⁶⁴. En annan förklaring är

¹⁶² SCB använder s.k. multiregionala input-output modeller (MRIO) som EXIOBASE och redovisas både av [SCB](#) och [Naturvårdsverket](#).

¹⁶³ SCB, 2021. [Miljöpåverkan från hushållens konsumtion efter ändamål COICOP och ämne. År 2008 - 2019](#).

¹⁶⁴ Höghöjdseffekten motsvarar 14% av klimatpåverkan som redovisas för Transporter i enligt bottom-up metoderna.

att bottom-up analysen inte kan göra skillnad på offentlig och privat konsumtion. Figuren ovan ger intryck av att vi inte täcker offentlig konsumtion men så är inte fallet. Huvuddelen av den offentliga konsumtionens klimatpåverkan återfinns i de andra konsumtionsområdena - bilkörande återfinns inom Transporter, skolmaten återfinns inom Livsmedel och uppvärmning av offentliga lokaler återfinns inom Boende.

Figuren omfattar också investeringar, uppdelat i privata och offentliga investeringar. Det är inte självklart hur investeringar ska hanteras i konsumtionsbaserad statistik - I den input-outputbaserade statistiken omfattas utsläpp från investeringar i Sverige. Här finns investeringar som näringsliv och offentlig sektor gör avseende t.ex. maskiner, byggnader och vägar. Dessa utsläpp från investeringar omfattar utsläpp från alla investeringar i Sverige, både sådant som kan kopplas till det som svenskar konsumerar och det som personer i andra länder konsumerar. Utsläpp som uppstår i samband med investeringar i andra länder ingår inte i den svenska konsumtionsbaserade statistiken baserad på input-outputanalys. Dynamiken att ökad konsumtion kan leda till behov av nya investeringar fångas inte upp av modellerna. I siffrorna för import av konsumtionsvaror från t.ex. Kina ingår alltså inte utsläpp som genereras från t.ex. stål och betong som används för att bygga de fabriker som producerar varorna. Dessa utsläpp räknas alltså som kinesiska investeringsutsläpp även i den konsumtionsbaserade statistiken. Investeringar står för över hälften av Kinas totala CO₂-utsläpp och det är rimligt att tro att en betydande del av dessa utsläpp genereras av Kinas växande export. Ovanstående innebär att den konsumtionsbaserade statistiken inte medför att alla utsläpp tillskrivs vår konsumtion, utan att en del istället redovisas som investeringar.

DEL 2 - Om utsläppsmål utifrån Parisavtalet och internationella rättvisepprinciper

Inledning och syfte

Enligt Parisavtalet så ska dess temperaturmål och målsättningar gällande utsläppsminskningar uppnås med hänsyn taget till (i) att utvecklingsländer kan behöva mer tid för att vända sina respektive utsläppskurvor nedåt, (ii) rättvisa som grundval, och (iii) en hållbar utveckling och fattigdomsbekämpning. Dessutom ska genomförandet vägledas av Klimatkonventionens övergripande princip om "rättvisa och gemensamma men olikartade ansvar och respektive förmågor, i ljuset av olika nationella förhållanden". Det finns dock ingen konsensus kring hur de mål som beskrivs på global nivå i Parisavtalet kan översättas till nationella målsättningar för utsläppsminskningar.

Det är heller inte en strikt vetenskaplig fråga att entydigt och objektivt avgöra hur det globala åtagandet om utsläppsminskningar ska fördelas över världens nationer. Det är i grunden en värderingsfråga. Forskningen kan däremot bidra med perspektiv och analysera potentiella konsekvenser av olika ansatser för att fördela utsläppsutrymmet. Ett flertal metoder och principer har föreslagits av forskare och analytiker samt diskuterats inom klimatförhandlingarna.

Det här avsnittet avser att översiktligt beskriva några av dessa metoder och principer samt ge illustrativa exempel på hur utsläppsutrymmet för Sverige påverkas av olika fördelningsmetoder och principer. Det är dock viktigt att igen poängtera att tolkningen av Parisavtalet och Klimatkonventionens mål och principer för svenska målsättningar i slutänden är en politisk avvägning.

Globalt genomsnittliga utsläpp per person i linje med Parisavtalet

Parisavtalets långsiktiga temperaturmål är att "...hålla ökningen i den globala medeltemperaturen långt under 2°C över förindustriell nivå samt göra ansträngningar för att begränsa temperaturökningen till 1,5°C över förindustriell nivå...". Hur målet ska tolkas i detalj är fortfarande en öppen fråga. Exempelvis finns det ingen specifikation för vad "långt under" innebär eller vilken sannolikhetsnivå som bör tillämpas för målen. Formuleringen tolkas av Mace¹⁶⁵ som ett tak för temperaturökningen vid långt under 2°C med en ambition om att nå 1,5°C, alternativt att 1,5°C i sig ses som ett tak för temperaturökningen. En vanlig tolkning av forskare, som gör kvantitativa bedömningar¹⁶⁶ av hur målet kan nås, är att "långt under 2°C" innebär att målet på 2°C möts med en

¹⁶⁵ Mace, 2016. [Mitigation Commitments Under the Paris Agreement and the Way Forward](#). Climate Law.

¹⁶⁶ Forskare som använder integrerade bedömningsmodeller som bland annat kan besvara hur ett specifikt temperaturmål kan uppnås. Modellerna tar ofta hänsyn till både energi- och klimatsystemen likväl som hur samhället och ekonomiska system utvecklas.

sannolikhet på mer än 66% och att 1,5°C nås till 2100 med en sannolikhet på över 50%^{167,168}, men många olika tolkningar finns. Flera välkända webbsidor¹⁶⁹ med klockor som räknar ned till när den globala koldioxidbudgeten är slut antar en budget i linje med att begränsa medeltemperaturökningen till 1,5°C med en sannolikhet om mer än 66%. Beroende på hur man tolkar målformuleringen i Parisavtalet och vilken sannolikhetsnivå man använder för måluppfyllelse så erhålls helt olika utfall för det framtida utsläppsutrymmet, något som kraftigt påverkar tolkningen av hur mycket ett enskilt land behöver minska sina utsläpp. Utöver det så tillkommer utmaningar i tolkning av vad en rättvis fördelning och historiskt ansvar innebär.

Mål 2050 och vägen dit

IPCC har sammanställt globala utsläppsscenarioer efter olika scenariotyper som begränsar den globala genomsnittliga ökningen av temperaturen till under 2°C eller 1,5°C¹⁷⁰. Dessa finns listade i Tabell 4 tillsammans med respektive sannolikhetsuppskattning för att begränsa temperaturökningen till den angivna nivån. Definitionerna är dock inte formulerade på samma sätt som Parisavtalets mål. Om vi utgår från den vetenskapliga litteraturen kring kvantitativa bedömningar av måluppfyllelse så är scenarier som begränsar temperaturökningen till under 2°C med relativt låg sannolikhet (50-66% sannolikhet, scenariotyp e i Tabell 4) inte förenliga med Parisavtalet. Därför redovisas inte resultat för dessa i resterande delar av det här kapitlet. De scenarier (a-d) som kan anses förenliga med Parisavtalet motsvarar en begränsning av medeltemperaturökningen vid max 1,7-1,8°C år 2100 och en topp på max 2°C under 21:a århundradet (d) om de mest troliga värdena antas för betydande osäkerhetsfaktorer, såsom klimatkänsligheten, havens värmeupptag, kolcykelns beteende, etc.

Tabell 4 IPCC:s scenariodefinitioner enligt specialrapporten om 1,5°C global uppvärmning.

Temperaturmål	Scenariotyp	Beskrivning
I linje med 1,5°C	a) Under 1,5°C	Scenarier som begränsar temperaturökningens topp till under 1,5°C under hela perioden 2000-2100 med 50-66% sannolikhet
	b) 1,5°C - lågt överskridande	Scenarier som begränsar temperaturökningens medianvärde för perioden 2000-2100 till under 1,5°C och med 50-67% sannolikhet att temporärt överskrida nivån. Innebär mindre än 0.1 grader högre temperaturökningstopp än "Under 1.5°C".
	c) 1,5°C - högt överskridande	Scenarier som begränsar temperaturökningens medianvärde till under 1,5°C och med mer än 67% sannolikhet att temporärt överskrida nivån. Innebär 0.1-0.4 grader högre temperaturökningstopp än "Under 1.5°C".
I linje med 2°C	d) 2°C - hög sannolikhet	Scenarier som begränsar temperaturökningens topp till under 2°C under perioden 2000-2100 med mer än 66% sannolikhet. Inget överskridande.
	e) 2°C - låg sannolikhet	Scenarier som begränsar temperaturökningens topp till under 2°C under perioden 2000-2100 med mer än 50-66% sannolikhet. Inget överskridande.

Om utsläppen fördelas lika¹⁷¹ globalt per person så resulterar varje grupp av scenarier (a-d i Tabell 4) i olika utfall år 2050, se Figur 28. Utfallen varierar från scenariotyp (a) där det krävs netto-utsläpp av växthusgaser på -0,3 till 0,9 ton CO₂e per person (alltså netto-negativa utsläpp om 0,3 ton CO₂e per person till netto-utsläpp om 0,9 ton CO₂e per person) för scenarier som begränsar temperaturökningen under 1,5°C (med 50-66% sannolikhet), till scenariotyp (d) då netto-utsläppen kan bli så höga som 0,8-3,3 ton CO₂e per person för scenarier som begränsar temperaturökningen till

¹⁶⁷ Schlessner, m. fl., 2016. [Science and policy characteristics of the Paris Agreement temperature goal](#). Nature Climate Change

¹⁶⁸ du Pont, m. fl., 2016. National contributions for decarbonizing the world economy in line with the G7 agreement. Environmental Research Letters.

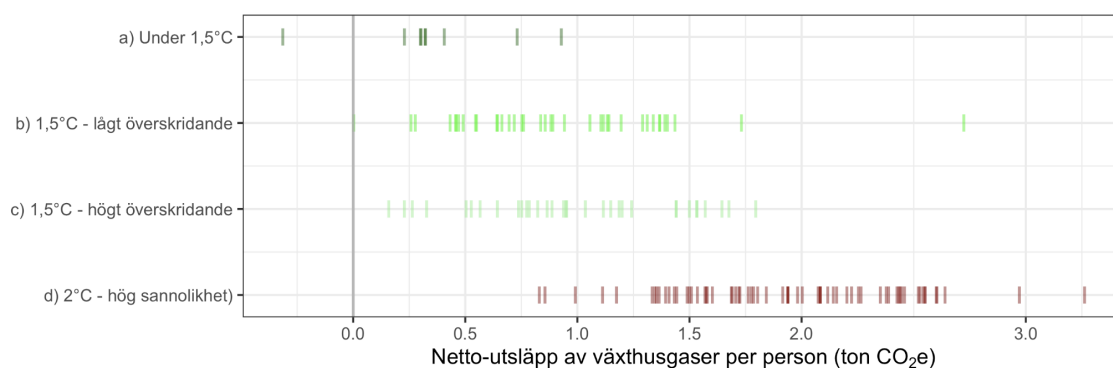
¹⁶⁹ Exempelvis [Climate Clock](#) och [Carbon Clock](#).

¹⁷⁰ Masson-Delmotte, m. fl., 2018. [Global warming of 1.5°C An IPCC Special Report](#). IPCC.

¹⁷¹ Baserat på den antagna globala befolkningsökningen för respektive scenario.

2°C med hög sannolikhet (över 66%), se Figur 28. Detta kan jämföras med de globala genomsnittliga netto-utsläppen av växthusgaser på 6,3 ton CO₂e per person år 2019¹⁷².

Spannet för varje grupp av scenarier beror bland annat på att det finns olika vägar att uppnå ett temperaturmål och andelen av olika växthusgaser i de sammanlagda utsläppen. Alltså kan Parisavtalets mål uppnås inom ett relativt stort spann för utsläppsnivån per person år 2050, och beror i stort på utsläppsbanan innan 2050 och hur den utvecklas efter 2050 samt vilket långsiktig temperaturnivå som ska nås. Med detta sagt så blir det tydligt att utsläppsnivåer som endast avser året 2050 endast kan ses som en indikation om vart vi bör vara på väg för att vara i linje med Parisavtalet.



Figur 28 Spann av utfall år 2050 i globalt genomsnittliga netto-utsläpp av växthusgaser per person för scenarier som uppnår olika begränsningsnivåer av den globala medeltemperaturökningen (a-d). Källa: IAMC¹⁷³

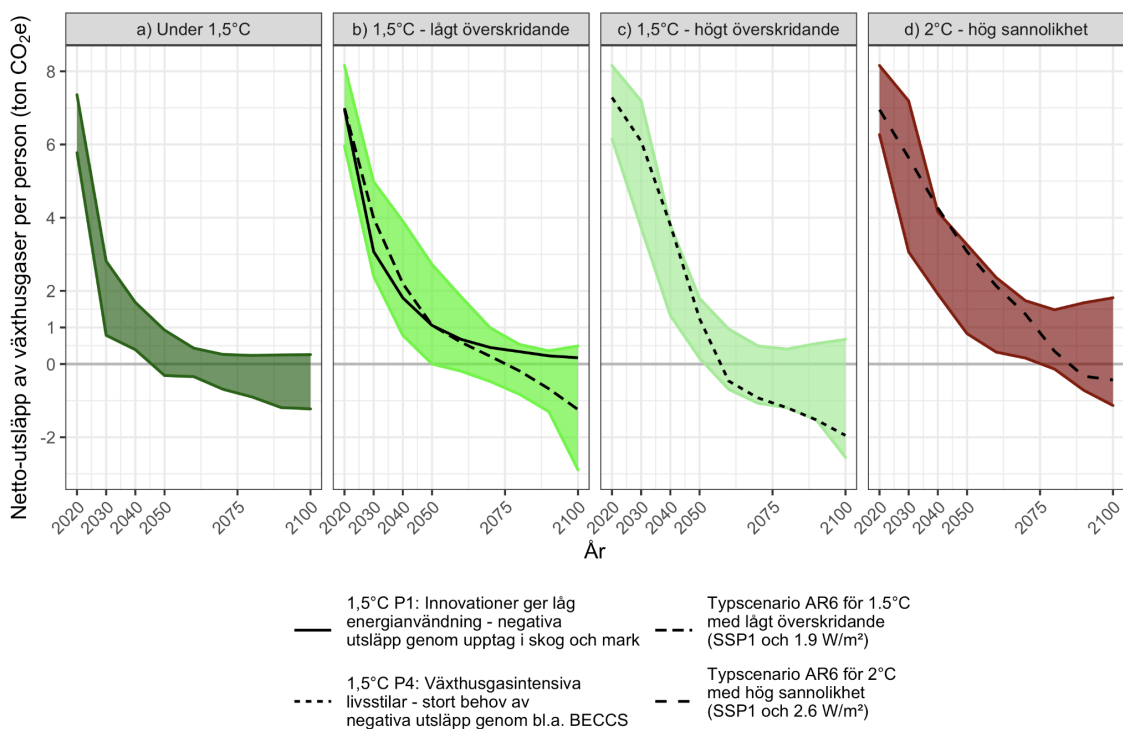
När det gäller utsläpp av koldioxid och andra långlivade växthusgaser (med en atmosfärisk livslängd över 100 år) så spelar det inte någon större roll när utsläppen sker. Dessa utsläpp kommer oavsett när de släppts ut att ha en likvärdig långsiktig påverkan på temperaturnivån. För kortlivade växthusgaser (såsom metan) fungerar det inte på samma sätt och därför bör en justering av hur dessa gaser sammanräknas med de långlivade gaserna, främst koldioxid och lustgas, övervägas beroende på hur temperaturbanan utvecklas.¹⁷⁴

De tre grupperna (a-c) av 1,5°C-scenarier skiljer sig åt utifrån graden av överskridande av 1,5°C-nivån och den sista gruppen (d) når inte 1,5°C utan håller endast temperaturökningen under 2°C men med relativt hög sannolikhet. För scenarier med lågt eller inget överskridande av 1,5°C-nivån krävs en snabb minskning av växthusgasutsläppen redan före och omkring 2030, se Figur 29. Scenarier med högt överskridande (c) eller som uppnår begränsning av temperaturökningen under 2°C (d) tillåter däremot en mindre drastisk minskning av utsläppen i närtid. Om 1,5°C-nivån ändå ska nås (c) krävs dock betydande negativa utsläpp under andra halvan av seklet för att kompensera den långsammare utsläppsminskningstakten i närtid. IPCC redovisar även typscenarier för att illustrera skillnaden mellan olika utvecklingsvägar, ett urval av dessa återfinns i diagrammen (b-d) i Figur 29.

¹⁷² Gütschow, m. fl., 2021. [The PRIMAP-hist national historical emissions time series \(1750-2019\)](#). Potsdam Institute for Climate Impact Research

¹⁷³ Huppmann, m. fl., 2019. [IAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA](#)

¹⁷⁴ Tanaka, Morfeldt, Boucher (2021). [A new way of comparing greenhouse gases could help us meet the Paris Agreement goals](#). The Conversation - France.



Figur 29 Begränsningsnivåer av den globala medeltemperaturökningen (a-d) och spann av scenarioutfall i globalt genomsnittliga netto-utsläpp av växthusgaser per person. Typscenarier illustrerar olika utvecklingsvägar enligt IPCC:s rapporter (IPCC SR1.5¹⁷⁵ och IPCC WG1 AR6¹⁷⁶). Källa: IAMC¹⁷⁷ och IPCC¹⁷⁸

En rättvis fördelning går längre än jämlika utsläpp per person

Principerna kring hur Klimatkonventionen och Parisavtalets mål ska uppnås (återfinns i Klimatkonventionen artikel 3 samt Parisavtalets inledning) tar sin utgångspunkt i "rättvisa och gemensamma men olikartade ansvar och respektive förmåga, i ljuset av olika nationella förhållanden" (även känt som CDBR-RC inom klimatförhandlingarna). Dessutom säger Parisavtalet (artikel 4.1) att parternas målsättning att inom kort vända utsläppskurvan nedåt och att under århundradets andra hälft nå en balans mellan utsläpp och upptag, samt att denna utveckling bör vara grundad i rättvisa samt ta hänsyn till hållbar utveckling och fattigdomsbekämpning.

Konsensus har dock inte nåtts om hur dessa skrivningar ska tolkas avseende hur det begränsade utsläppsutrymmet som kvarstår för att nå Parisavtalets temperaturmål ska fördelas mellan länder och aktörer¹⁷⁹. Det är inte heller en fråga som går att lösa med mer forskning eftersom det inte finns någon entydig, objektiv sanning som forskare kan eftersträva. Det som forskningsområdet kan bidra med är att föreslå principer och metoder samt att analysera konsekvenserna av dessa. I slutändan är fördelningen av utsläppsutrymmet en värderingsfråga för klimatförhandlingens parter

¹⁷⁵ Masson-Delmotte, m. fl., 2018. [Global warming of 1.5°C An IPCC Special Report](#). IPCC.

¹⁷⁶ Masson-Delmotte, m. fl., 2021. [Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change](#). IPCC

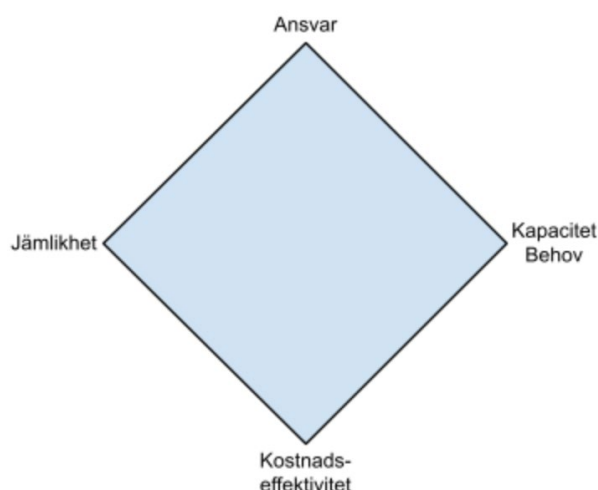
¹⁷⁷ Huppmann m. fl., 2019. [IAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA](#)

¹⁷⁸ IPCC, 2021. Summary for Policymakers of the Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. [Data available at NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis](#)

¹⁷⁹ Pan, m. fl., 2015. [Countries' emission allowances towards the low-carbon world: A consistent study](#). Applied Energy.

och enskilda länders politiker. Det som med säkerhet kan sägas är den allmänt accepterade hållningen att utvecklade länder bör gå före (artikel 3.1 i Klimatkonventionen) och att det kommer att ta längre tid innan utsläppskurvorna kan vända nedåt för utvecklingsländerna (artikel 4.1 i Parisavtalet).

Både forskare och förhandlare har föreslagit en uppsjö av olika principer- och fördelningsnycklar för att dela upp det kvarvarande utsläppsutrymmet. Fördelningsnycklarna kan kategoriseras utifrån fyra aspekter (se Figur 30): ansvar, jämlikhet, kapacitet/behov och kostnadseffektivitet. Dessa aspekter är alla tydligt förankrade i Klimatkonventionens principer.



Figur 30 Huvudkategorier för de fördelningsprinciper som kan användas för att dela upp det kvarvarande utsläppsutrymmet. Källa: Höhne m.fl.¹⁸⁰

Aspekten *ansvar* har sin bas i vardera lands kumulativa historiska utsläpp och att använda detta, eller den ekonomiska utveckling som landet uppnått med hjälp av de historiska utsläppen, som bas för att ta fram utsläppsmål för framtiden föreslogs av Brasilien redan under förhandlingarna av Kyotoprotokollet. *Kapacitet och behov* handlar om landets finansiella styrka för att genomföra utsläppsminskingsåtgärder. De studier som föreslagit fördelningsnycklar utifrån kapacitet/behov har utnyttjat indikatorer som landets bruttonationalprodukt (BNP) och human development index (HDI) i relation till kostnaden för utsläppsminskningar. Fördelningsnycklar för *jämlikhet* är baserade på jämlika utsläpp per person, antingen genom att fördela utsläppsutrymmet så att utsläpp per person direkt blir jämlika eller att utsläppsbanorna konvergerar mot jämlika utsläpp per person över tid för respektive land. *Kostnadseffektivitet* bygger på utsläppsminskingsåtgärders potential och marginalkostnader i respektive land, men kräver att länderna är överens om en gemensam global beräkningsmetodik som ofta utgår ifrån en gemensam internalisering av kostnaden för utsläppen (t.ex. en universell koldioxidskatt). Ett flertal studier har försökt att kombinera de olika aspekterna, men det finns ingen metod som ger ett entydigt svar kring en utsläppsbana för enskilda länder i linje med Klimatkonventionens principer.¹⁸¹

Även om kostnadseffektivitet ofta har diskuterats som princip för att fördela utsläppsutrymmet så kan man ifrågasätta hur relevant det är. Om man förutsätter att ett globalt handelssystem för

¹⁸⁰ Höhne, m. fl., 2014. [Regional GHG reduction targets based on effort sharing: a comparison of studies](#). Climate Policy.

¹⁸¹ Höhne, m. fl., 2014. [Regional GHG reduction targets based on effort sharing: a comparison of studies](#). Climate Policy.

utsläppsrätter sjösätts (som beskrivs i Parisavtalet artikel 6) så kan ett kostnadseffektivt genomförande tillgodoses oavsett vilket land som tilldelats rätten att släppa ut och dessutom fördela ekonomiska medel för att förverkliga utsläppsminskningarna där det är som mest gynnsamt. Det ska dock nämnas att reglerna för utsläppshandel under Parisavtalet inte ännu är färdigförhandlade och att det även finns risker som kan urholka länders utsläppsminskningssmål om reglerna inte är tillräckligt tydliga¹⁸². De åtgärder som anses kostnadseffektiva för ett land eller region, för att nå det globala temperaturmålet, kan dock ses som en miniminivå för hur stora utsläppsminskningar som bör göras inhemskt¹⁸³. Om man även tar hänsyn till andra rättvisepprinciper såsom historiskt ansvar och kapacitet att genomföra omställningen så tenderar utvecklade länder att få störst moralisk skyldighet minska utsläppen snabbt, till och med att nå netto-negativa utsläpp redan år 2030. Om sådana utsläppsminskningar inte är praktiskt möjliga att genomföra inhemskt så kan dessa beting tolkas som att länderna förväntas finansiera utsläppsminskningar i andra länder i samma omfattning¹⁸⁴.

De studier som refereras ovan utgår från ett territoriellt perspektiv för utsläppsmål och utsläppsminskningar eftersom det är Klimatkonventionens utgångspunkt. Metodiken som används för fördelningsnycklarna i ett territoriellt perspektiv skulle kunna appliceras även för ett konsumtionsbaserat perspektiv. Beräkningarna kräver dock i många fall tillgängliga data för det både det aktuella landet och övriga länder samt historiska tidsserier (för att kunna bedöma historiskt ansvar). Tillgängligheten för den typen av konsumtionsbaserade utsläppsdata av hög kvalitet och med konsekvent metod länder sinsemellan är dock mycket begränsad (exempelvis finns konsumtionsbaserade koldioxidutsläpp endast för 118 av 218 länder i Global Carbon Projects¹⁸⁵ årliga sammanställning av globala utsläppsdata, även om 95% av globala koldioxidutsläppen täcks). Dessa beräkningar är inte heller lika reglerade som metoden för att ta fram data om territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser som rapporteras av länder under Klimatkonventionen.

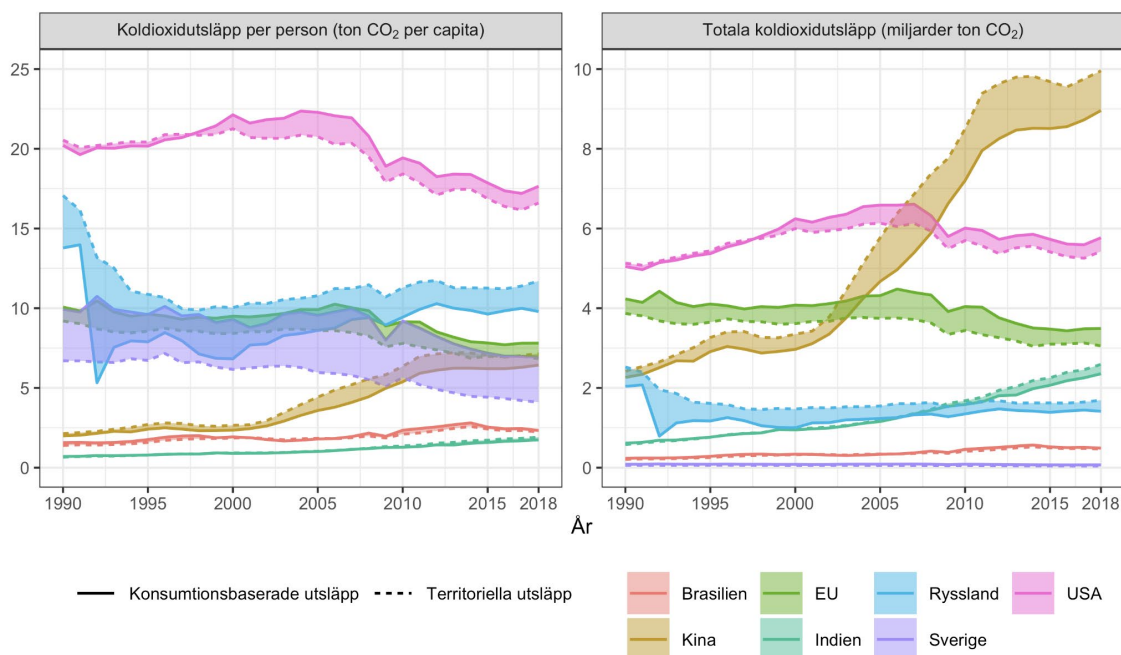
Utifrån de data som finns tillgängliga kan man dock säga att rika, utvecklade länder generellt tenderar att ha högre konsumtionsbaserade utsläpp än territoriella och att det omvända generellt gäller för utvecklingsländer (se några exempel i Figur 31). Alltså kan en övergång till konsumtionsbaserad fördelning förändra utgångspunkten för fördelningen av det kvarvarande utsläppsutrymmet. Om man utgår ifrån principer relaterade till ansvar så får rika, utvecklade länder generellt större ansvar för nuvarande aktiviteter och utsläpp när konsumtionsbaserade utsläpp används som utgångspunkt och utvecklingsländer får tvärtom ett lägre ansvar.

¹⁸² International Institute for Sustainable Development, 2021. [Policy Brief: Delivering Climate Ambition Through Market Mechanisms: Capitalizing on Article 6 Piloting Activities](#)

¹⁸³ Zaklan, m. fl., 2021. [The EU ETS to 2030 and beyond: adjusting the cap in light of the 1.5°C target and current energy policies](#). Climate Policy.

¹⁸⁴ Höhne, m. fl., 2018. [Assessing the ambition of post-2020 climate targets: a comprehensive framework](#). Climate Policy.

¹⁸⁵ Friedlingstein, m. fl., 2020. [Global Carbon Budget 2020](#). Earth System Science Data.



Figur 31 Koldioxidutsläpp för ett urval av länder enligt territoriell (streckad linje) och konsumtionsbaserad (heldragen linje) utsläppsbokföring. Källa: Global Carbon Project¹⁸⁶, inspirerad av en figur i UNEP Emission Gap Report

Figur 31 (vänstra delen) visar även att skillnaden mellan konsumtionsbaserade och territoriella utsläpp per person är förhållandevis hög för Sverige jämfört med övriga länder, vilket indikerar att svensk konsumtion ger upphov till relativt stora utsläpp utöver de som sker inom Sveriges gränser. Hur dessa utsläpp bör hanteras är dock inte självklart. Steininger et al.¹⁸⁷ argumenterar för att parallella bokföringssystem (produktions- och konsumtionsbaserade) kan möjliggöra en mer optimal kombination av klimatpolitiska styrmedel eftersom båda synsätten då följs upp. Exempel är styrmedel som minimerar koldioxidläckage genom exempelvis gränsjusteringsåtgärder för koldioxidutsläpp (*Border Carbon Adjustment*), som nyligen analyserats för som alternativ för Sverige av Kommerskollegium¹⁸⁸. Det finns dock en risk att konsumtionsbaserad bokföring av utsläpp i förlängningen ökar bördan för utvecklingsländer om krav på att åstadkomma utsläppsminskningarna förs vidare till där utsläppen sker utan att de kopplas till stöd för kostnaden att genomföra utsläppsminskningåtgärderna.

¹⁸⁶ Friedlingstein, m. fl., 2020. [Global Carbon Budget 2020](#). Earth System Science Data.

¹⁸⁷ Steininger, m. fl., 2016. [Multiple carbon accounting to support just and effective climate policies](#). Nature Climate Change.

¹⁸⁸ Kommerskollegium, 2020. [Gränsjusteringsåtgärder för koldioxidutsläpp - En analys av de handelsrelaterade aspekterna och vägen framåt](#).

Resultat för Sverige givet olika fördelningsprinciper för det globala utsläppsutrymmet

Typscenarierna i Figur 29 kan användas för att illustrera hur utvecklingsvägarna skulle se ut om fördelningen av utsläppsutrymmet utgår från en jämlik fördelning av utsläpp per person globalt sett. Om man istället tillämpar en konvergerande princip, känd som Contraction and Convergence¹⁸⁹, så utgår den ifrån att respektive lands utsläppsnivå per person närmar sig ett globalt medel och når det ett visst år. Om landets utsläppsnivå ligger nära det globala genomsnittet per person så fortsätter landets tilldelning att ligga omkring det globala genomsnittet även framöver. Om landets utsläppsnivå däremot är högre än det globala genomsnittet måste landets utsläpp minska mot det globala genomsnittet per person, och vice versa, som uppnås för alla ett visst år.

Jämlika utsläpp per person har förespråkats både för dess enkelhet och transparens, men även med argument om att atmosfären är en global allmänning som garanterar alla människors hälsa och att den enda relevanta rättvisaspekten därför är jämlika utsläpp per person¹⁹⁰. Notera dock att alla fördelningsprinciper som baseras på någon variant av jämlikhet per person är starkt beroende av befolkningsprognoser och därför kan en eventuell målsättning som beslutas utifrån principen behöva uppdateras vartefter befolkningsprognoserna revideras.

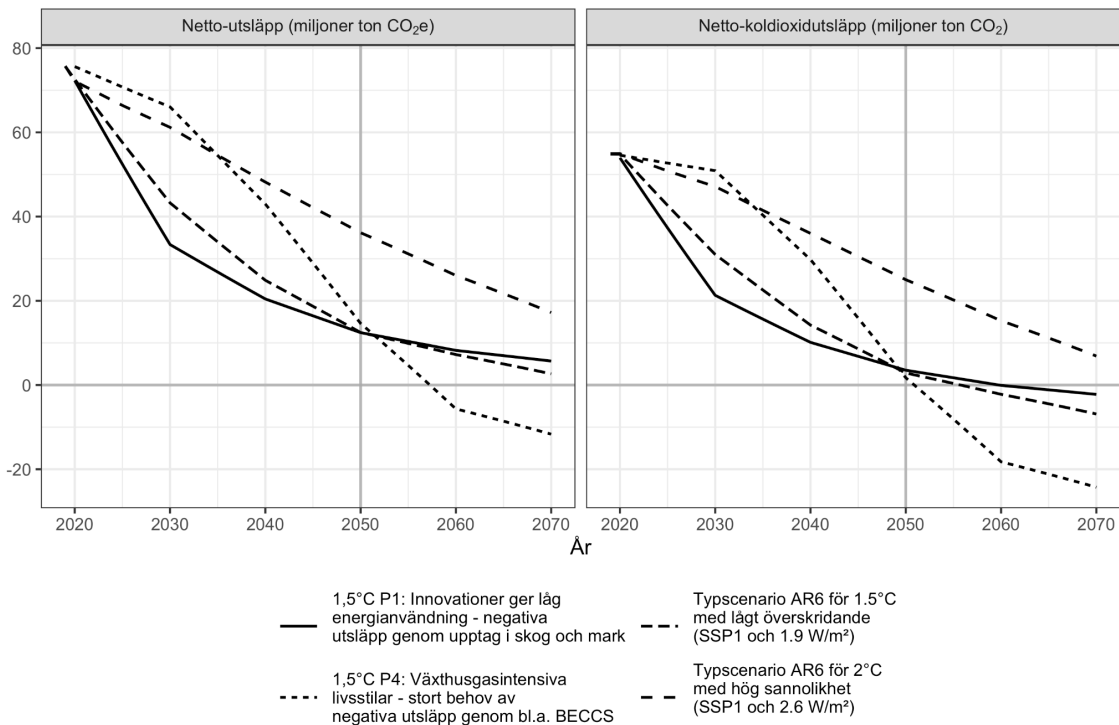
De konsumtionsbaserade utsläpp per person för Sverige ligger över det globala snittet. Nuvarande konsumtionsbaserade utsläpp för Sveriges del motsvarar cirka 9 ton CO₂e per person, vilket kan jämföras med spannet 5,8-8,2 ton CO₂e per person för år 2020 i Figur 29.

Om utsläppbanorna per person i Figur 29 räknas om¹⁹¹ till totala konsumtionsbaserade utsläppbanor för Sverige så resulterar det i totala netto-konsumtionsbaserade koldioxidutsläpp om 1,7 till 25,0 miljoner ton år 2050 och netto-konsumtionsbaserade växthusgasutsläpp (alltså om även utsläpp av andra växthusgaser än koldioxid vägs in utifrån den globala genomsnittliga utvecklingen) om 12,4 till 36,2 miljoner ton år 2050, se Figur 32. Notera dock att den konsumtionsbaserade utsläppsstatistiken (och scenarierna som presenteras i denna rapport) inte tar hänsyn till negativa utsläpp eller nettoupptag inom markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF), medan dessa aspekter räknas in i Figur 29 och Figur 32. För att göra en rättvisande jämförelse mellan dessa utsläppbanor och den svenska konsumtionsbaserade utsläppsstatistiken så skulle även det territoriella nettoupptaget och framtida artificiella negativa utsläpp behöva omallokeras till respektive konsumtionsområde.

¹⁸⁹ Meyer, 2004. [Briefing: Contraction and convergence](#). Engineering Sustainability.

¹⁹⁰ Zimm & Nakicenovic, 2019. [What are the implications of the Paris Agreement for inequality?](#) Climate Policy.

¹⁹¹ Efter justering för den svenska befolkningsprognosen. SCB, 2021. [Befolkningsframskrivningar](#).



Figur 32 Globala utvecklingsvägar för att nå Parisavtalets temperaturmål omräknade till svenska konsumtionsbaserade utsläpp utifrån fördelningsprincipen jämlika utsläpp per person. Vänster panel visar nettoutsläpp av växthusgaser och höger panel visar nettoutsläpp av koldioxid. Källa: Egen omräkning utifrån respektive scenario (IAMC¹⁹² och IPCC¹⁹³) och svensk befolkningsprognos (SCB¹⁹⁴)

Andersson et al.¹⁹⁵ gör en uppskattning av ett rättvist bidrag för inhemskt utsläppsminskningens beting för Sverige utifrån territoriella utsläpp och landar i att Sveriges utsläppsbudget (utifrån nuvarande territoriella klimatmål) är dubbelt så hög som den borde vara för att vara i linje med Parisavtalets temperaturmål. Studien utgår från principen att utvecklingsländer bör ges mer tid att vända sin utsläppskurva, men beaktar inte andra fördelningsprinciper. Metoden omfattar två steg där det första antar ambitiösa men genomförbara utsläppsminskningstakter för utvecklingsländer (som är långsammare jämfört med utvecklade länder) efter att de nått sin respektive utsläppstopp. I det andra steget fördelas utvecklade länders budget baserat på principen *grandfathering* (förenklat - ju större nuvarande utsläpp, desto större tilldelad utsläppsbudget). Steg två slår hårt mot Sverige på grund av de förhållandevis låga utsläppen i nuläget jämfört med andra utvecklade länder. Valet att använda *grandfathering* motiveras av hänsyn till inlåsingeffekter i fossil infrastruktur och begränsat reformutrymme. Den ger dock samtidigt ett relativt stort utsläppsutrymme till länder som USA som kan anses både ha kapacitet och historiskt ansvar att ta en ambitiösare budget. Om utvecklade länders budget istället fördelas utifrån befolkning så skulle Sveriges utsläppsutrymme vara över dubbelt så stort och i linje med Sveriges territoriella klimatmål (förutsatt att utsläppsbanan följer målsceariot presenterat i Miljömålsberedningens betänkande¹⁹⁶). Metoden har inte använts för att ta fram en fördelning utifrån konsumtionsbaserade utsläpp på grund av ovan nämnda begränsningar

¹⁹² Huppmann m. fl., 2019. [IAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data hosted by IIASA](#)

¹⁹³ IPCC, 2021. Summary for Policymakers of the Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. [Data available at NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis](#)

¹⁹⁴ SCB, 2021. [Befolkningsframskrivningar](#).

¹⁹⁵ Anderson, m.fl., 2020. [A factor of two: how the mitigation plans of 'climate progressive' nations fall far short of Paris-compliant pathways](#). Climate Policy

¹⁹⁶ Miljömålsberedningen, 2016. En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige (SOU 2016:47).

och bristen på data för att uppskatta utvecklingsländers möjligheter till utsläppsminskningar enligt den konsumtionsbaserade ansatsen.

En fördelningsmetod som kan användas för att uppskatta Sveriges koldioxidbudget utifrån historiskt ansvar är jämlika *kumulativa* utsläpp per capita. Global Carbon Project¹⁹⁷ redovisar konsumtionsbaserade utsläppsdata för koldioxid för 1990-2018 för Sverige. Det bör dock nämnas att det är svårt att avgöra vilken kvalitet datasetet har jämfört med svensk officiell statistik så resultaten är främst illustrativa och bör användas med försiktighet. Notera att Global Carbon Project uppskattar de svenska konsumtionsbaserade koldioxidutsläppen till ca 71 miljoner ton CO₂ för 2018, medan SCB¹⁹⁸ uppskattar de svenska konsumtionsbaserade växthusgasutsläppen till 97 miljoner ton CO_{2e} 2018.

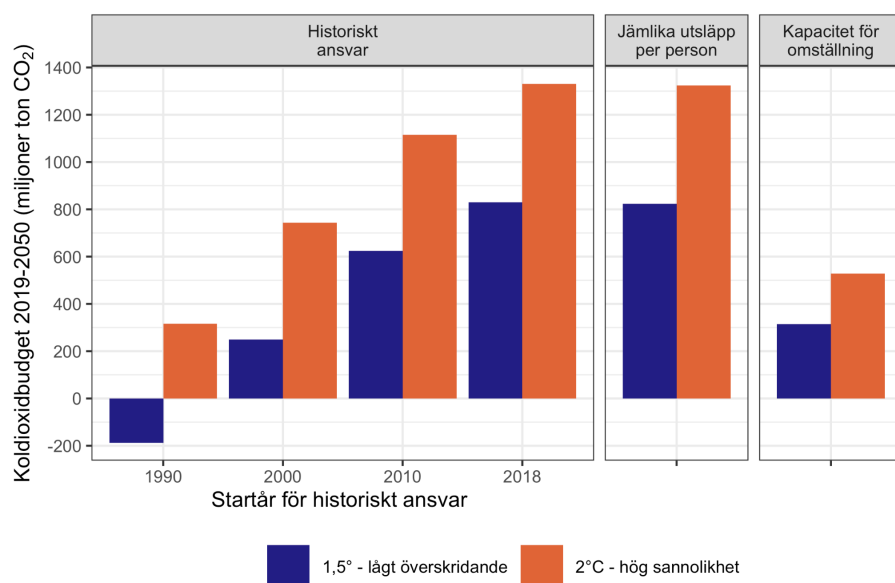
Om den svenska konsumtionsbaserade utsläppshistoriken kombineras med globala scenarier för att begränsa medeltemperaturökningen till 1,5°C respektive 2°C (motsvarande de två typscenarierna från IPCC AR6 i Figur 32) kan den svenska koldioxidbudgeten uppskattas utifrån olika startår för det historiska ansvaret, se Figur 33. Figuren visar även resultat för Sverige givet fördelning av det globala utsläppsutrymmet enligt landets kapacitet för omställning, vilket förenklat motsvarar en fördelning utifrån ekonomiskt välstånd (BNP i *purchasing power parities*), och enligt jämlika utsläpp per person (motsvarande de två typscenarierna från IPCC AR6 i Figur 32). Metoderna som används är desamma som i det initiativ som kallas Paris Equity Check¹⁹⁹ som även redovisar resultat för Sverige om än enligt det territoriella perspektivet och med statistik fram till 2010.

Om det historiska ansvaret börjar 1990 så skulle koldioxidbudgeten för Sverige vara mellan -130 miljoner ton CO₂ och 370 miljoner ton CO₂, beroende på temperaturnivå. Det kan jämföras med 770-1270 miljoner ton CO₂ för startår 2018 som är relativt nära resultatet för en fördelning av det globala utsläppsutrymmet enligt jämlika utsläpp per person och år, se vänstra delen i Figur 33. Notera att dessa uppskattningar har gjorts utifrån tillgängliga utsläppsdata och tar inte hänsyn till eventuella nettoupptag av koldioxid i skog och mark under perioden som kan påverka det historiska ansvaret, sett till nettoutsläpp av koldioxid, för länder med stor skogsareal, såsom Sverige. Vilket år som en bör se som startår för det historiska ansvaret är inte självklart. En kan eventuellt argumentera för att ett lands befolkning har ansvar för vad som hände i landet för några decennier sedan, men hur påverkas ett lands ansvar om en inte visste om att det en gjorde ledde till ett miljöproblem? Det är exempel på frågor som inte forskningen kan ge entydiga svar på. Det är dock värt att notera att den internationella klimatpanelen IPCC grundades 1988 och den svenska koldioxidskatten infördes i början av 1990-talet, så problemen förknippade med klimatpåverkan torde anses ha varit vida kända i Sverige sedan åtminstone 1980-talet.

¹⁹⁷ Friedlingstein, m. fl., 2020. [Global Carbon Budget 2020](#). Earth System Science Data.

¹⁹⁸ SCB, 2021. [Växthusgasutsläpp från inhemsk efterfrågan i Sveriges ekonomi minskade 2019](#).

¹⁹⁹ Paris Equity Check - [Multi-Equity Map](#)



Figur 33 Uppskattad koldioxidbudget för Sverige utifrån historiskt ansvar för konsumtionsbaserade utsläpp från olika startår. Källa: Egen beräkning. Metod: du Pont m. fl.²⁰⁰ Data: Global Carbon Project²⁰¹, IPCC²⁰², SCB²⁰³

Romanovskaya och Federici²⁰⁴ når en liknande slutsats som historiskt ansvar med startår 1990 för Sverige genom att fördela utsläppsutrymmet utifrån på befolkningens mängd, men justerar utifrån landets ekonomiska utveckling (BNP, där låg BNP ger ett högre utsläppsutrymme), landets befolkningstäthet och klimat (temperatur). De två sistnämnda aspekterna motiveras med att det är svårare att ställa om transportsektorn i ett glesbefolkat land och svårare att ställa om energisektorn i ett väldigt kallt eller väldigt varmt land. För Sverige skulle det resultera i en koldioxidbudget om 75-120 miljoner ton koldioxid (spannet motsvarar utsläpp i nivå med 1,5°C - lågt överskridande samt utsläpp i nivå med 2°C - hög sannolikhet), alltså omkring 10 gånger mindre än de kumulativa utsläppen för Sverige om konsumtionsbaserade utsläpp följer en jämlik fördelning per person, men i nivå med vår beräkning givet ett historiskt ansvar för utsläpp från och med 1990.

Att fullt ut ta hänsyn till historiskt ansvar och nationella förutsättningar genom inhemska utsläppsminskningar eller genom minskade konsumtionsbaserade utsläpp är såklart inte genomförbart om det i stort sett inte finns någon utsläppsbudget kvar. Uppskattningen ger dock en indikation om storleksordningen av det historiska ansvaret och dessa uppskattningar kan användas som utgångspunkt för vidare analyser av en svensk politik som tar hänsyn till de principer som Klimatkonventionen och Parisavtalet grundar sig på.

²⁰⁰ du Pont, m. fl., 2016. National contributions for decarbonizing the world economy in line with the G7 agreement. Environmental Research Letters.

²⁰¹ Friedlingstein, m. fl., 2020. Global Carbon Budget 2020. Earth System Science Data.

²⁰² IPCC, 2021. Summary for Policymakers of the Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. [Data available at NERC EDS Centre for Environmental Data Analysis](#)

²⁰³ SCB, 2021. [Befolkningsframskrivningar](#).

²⁰⁴ Romanovskaya & Federici, 2019. [How much greenhouse gas can each global inhabitant emit while attaining the Paris Agreement temperature limit goal? The equity dilemma in sharing the global climate budget to 2100](#). Carbon Management.