



Mycket mer för mindre

Tillväxt och hållbarhet i Sverige

JONAS GRAFSTRÖM, CHRISTIAN SANDSTRÖM
OCH AXEL WIESLANDER

RATIO

JONAS GRAFSTRÖM, CHRISTIAN SANDSTRÖM
& AXEL WIESLANDER

Mycket mer för mindre
TILLVÄXT OCH HÅLLBARHET I SVERIGE

RATIO

Fil dr **Jonas Grafström** är forskare inom nationalekonomi på Ratio, Oxford Institute for Energy Studies samt Luleå tekniska universitet. Hans forskning sker i brytpunkten mellan miljöekonomi och miljöteknik. På Ratio har han bland annat studerat förutsättningarna för storskaligt infångande av koldioxid (CCS-teknik). I sin avhandling studerade han teknikspridning inom den europeiska miljöenergiesektorn.

Tekn dr **Christian Sandström** är docent i innovationsekonomi vid Ratio och Chalmers Tekniska Högskola. Hans forskning handlar om samspelet mellan teknisk utveckling, regleringar och företags konkurrenskraft. Tidigare har Sandström gästforskat vid bland annat Universitetet i Cambridge och ETH i Zürich. År 2018 tilldelades han Chalmers pedagogiska pris.

Axel Wieslander är nationalekonom och marknadsföringsekonom från Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet, samt forskningsassistent vid Ratio.

Mycket mer för mindre – Tillväxt och hållbarhet i Sverige

© Författarna och Ratio 2020

Omslag & sättning: Magnus Frederiksen *Glafisk*

Tryck: Publit

ISBN: 978-91-7819-475-9

RATIO

Ratio är ett fristående forskningsinstitut som forskar om hur företagandets villkor kan utvecklas och förbättras.

Mer information finns på ratio.se

Författarnas tack

Tack till Patrik Söderholm, professor vid Luleå tekniska universitet, för kommentarer och utvecklingsförslag på rapporten.

Innehåll

Författarnas tack	3
Sammanfattning.....	7
1. Introduktion	9
2. Ekonomisk tillväxt och hållbarhet.....	13
2.1 Externaliteter och miljöförstöring	13
2.2 Är hållbar tillväxt möjlig?.....	14
2.3 Faktorer som leder till hållbar tillväxt	15
2.4 Hållbar eller ohållbar tillväxt – en empirisk fråga.....	16
3. Koldioxid.....	19
3.1 BNP och koldioxid	20
3.2 Konsumtionsbaserade utsläpp av växthusgaser	22
3.3 Koldioxid från transporter och industri.....	24
3.4 Koldioxid från flyget	27
4. Naturresurser	31
4.1 Drivmedel och oljeanvändning	31
4.2 Elanvändning	35
4.3 Vattenanvändning.....	35
4.4 Resursproduktivitet	38
5. Föroreningar	41
5.1 Luftföroreningar.....	41
5.2 Svaveloxid	43
6. Jord- och skogsbruk.....	47
6.1 Hektarskörd och utsläpp.....	47
6.2 Hur mycket skog finns?	51
7. Diskussion.....	53
7.1 Lagstiftning och styrmedel	54
7.2 Investeringar i forskning och utveckling	56
8. Slutsatser och inriktning för framtida forskning.....	59
Referenser	61

Sammanfattning

- 1) Världens koldioxidutsläpp stiger fortfarande, vilket är ett enormt problem och arbete återstår. Men empiriska data från Sverige visar att det har gått att kombinera en växande ekonomi med krympande miljöpåverkan. Detta betyder att positiv förändring kan ske och möjligen kan överföras till andra länder.
- 2) Sedan år 1990 har Sveriges befolkning ökat med drygt 1,6 miljoner och ekonomin nästan fördubblats. Samtidigt har koldioxidutsläppen minskat med 27 procent mellan åren 1990 och 2018. BNP per koldioxid enhet gick under perioden ner med 60 procent.
- 3) Sedan 2008 (första året författarna har tillgängliga data ifrån) har de konsumtionsbaserade utsläppen från utlandet minskat.
- 4) Utsläppen från bilar har minskat, trots att antalet bilar ökade med 1,2 miljoner.
- 5) Av de 26 farliga utsläpp i luften som SCB har tillgänglig statistik över, har 24 minskat. I många fall är minskningen mer än 50 procent. Efter 1995 års förbud mot bly i bensin har dessa utsläpp minskat med 95 procent.
- 6) Utsläppen av svaveldioxid har gått ner med 80 procent sedan 1990, trots den ekonomiska tillväxt som ägt rum under perioden. Nedgången i användning av kol och eldningsolja tycks vara främsta orsak till denna minskning.

7. Det går att se kraftiga utsläppsminskningar av nickel, kadmium, krom, koppar, nickel och arsenik.
8. Antalet inrikesresor minskade marginellt jämfört med 1990-talets början, men utsläppen sjönk 13 procent. Utrikesresor har dock stigit.
9. Elanvändningen har gått upp med 2,8 procent sedan år 1990. Per capita och per BNP enhet har dock elanvändningen gått ner.
10. Sverige tar ut mindre vatten och använder mindre vatten per person sedan båden 1970 och 1990.

Nyckelord: More for Less, Resursnyttjande, CO₂, Koldioxid, Miljö

1. Introduktion

Think about the world. War, violence, natural disasters, man-made disasters, corruption. Things are bad, and it feels like they are getting worse, right?

Hans Rosling i *Factfulness*
(2018, s. 13)

Den framlidne professorn Hans Rosling visade att människor systematiskt felbedömer läget i världen. Gällande frågor som fattigdom, barnadödlighet och läskunnighet tror såväl experter som allmänhet att utvecklingen går åt fel håll. I själva verket har världen sett en enorm välståndsökning. Fler blir läskunniga, fattigdomen minskar och fler får gå i skolan (Rosling m.fl., 2018; Pinker, 2012).

Hur står det till på miljöområdet? Ibland förmedlas en bild av att miljön enbart blir sämre. Stämmer den eller är Roslings resonemang om människans oförmåga att se framstegen omkring oss tillämpliga även på miljöområdet?

Sedan år 1990 har Sveriges befolkning ökat med drygt 1,6 miljoner och ekonomin nästan fördubblats. Samtidigt har koldioxidutsläppen mellan 1990–2008 minskat med 27 procent. BNP per koldioxidenheter gick därmed under perioden ner med 60 procent. Sedan 2008¹ har de kon-

1) 2008 är första året som författarna har tillgång till data på.

sumtionsbaserade utsläppen från utlandet gått ner. Trots att antalet bilar ökade med 1,2 miljoner har utsläppen från bilar minskat. Antalet inrikesresor minskade marginellt jämfört med 1990-talets början, men dess utsläpp sjönk med 13 procent.

Sveriges ekonomi och befolkning ökade mellan 1990 och 2018. Under denna tid kan konstateras att vi får ut mer ekonomi för mindre resurser. Kvarstår för framtida forskningsprojekt är dock att avgöra om Sverige nu orsakar mer utsläpp i andra delar av världen, detta har inte kunnat besvaras inom ramen för aktuell rapport.

Syftet med den här rapporten är att empiriskt kartlägga hur miljöskadliga utsläpp och användandet av naturresurser i Sverige har förändrats över tid. Syftet är inte att relativisera eller trivialisera allvaret i miljöfrågorna.²

Vi har gått igenom empiri på olika utsläpp, produktion och naturresurser. Resultaten är försiktigt positiva: Överlag får vi ut mer välbefinnande av mindre naturresurser.³ I en majoritet av de studerade variablerna går det att se en absolut nedgång av utsläppen. Det betyder att nedgången även är relativ eftersom utsläppen per capita således har minskat.⁴

Mätpunkten spelar roll. I de flesta fall styrs detta av datatillgänglighet. Från 1900-talets början och fram till 1970-talet ökade både utsläpp och

2) Författarna har i flera publikationer lyft de allvarliga miljöutmaningarna liksom skrivit om omställningen till förnybar energi och infångande av koldioxid.

3) Inspirationen för denna rapport kommer från dels boken *More for less* skriven av MIT-forskaren Andrew McAfee som släpptes år 2019, dels essän ”The Return of Nature: How Technology Liberates the Environment” av Jesse Ausubel (2015). Dessa visade att den amerikanska ekonomin håller på att dematerialiseras. Med dematerialisering menas att mindre naturresurser används för samma konsumtion (jmf t.ex. Weber & Sciubba, 2019).

4) Den svenska befolkningen ökat med 1.6 miljoner sedan 1990-talets början och med mer än 1.8 miljoner sedan 1980-talet (SCB, 2020).

befolkning. Många typer av utsläpp existerade inte ens i början av 1900-talet. I de flesta fall finns data från tidigt 90-tal. För tiden strax före kan antas att flera miljöfarliga utsläpp var ännu högre innan detta samt att en medvetenhet om dem och ett arbete för att få ned dem började några årtionden före. Exempelvis grundades FN:s klimatpanel IPCC år 1988.

Denna rapport inleds med en litteraturgenomgång på temat tillväxtteori och hållbarhet. Här beskrivs några av de mekanismer som kan tänkas leda till hållbar tillväxt. I nästföljande kapitel studeras utvecklingen för ett antal områden, kapitel tre handlar om koldioxid, kapitel fyra om föroreningar och kapitel fem om jord- och skogsbruk. I kapitel sex och sju sammanfattas och diskuteras resultaten. Kapitel sju ger en kortfattad slutsats och summering.

2. Ekonomisk tillväxt och hållbarhet

Biologen Paul Ehrlich slog 1980 vad med nationalekonomen Julian Simon om att priserna på fem utvalda metaller skulle stiga kraftigt under årtiondet. Ehrlich – författare till den bästsäljande och tongivande *The Population Bomb* (1968) i vilken han skriver att befolkningstillväxten är problematisk och måste minska – hade som utgångspunkt att mänsklig-heten skulle möta större och större brist på resurser. Nationalekonomen Simon trodde motsatsen.

Simon vann vadet. Alla priser föll i reella tal (Sabin, 2013).

2.1 Externaliteter och miljöförstöring

En anseelig mängd nationalekonomisk litteratur förklarar varför människan förstör miljön. Enkelt uttryckt handlar denna forskning om olika externa effekter och om att miljöförstöring inträffar som en bi-effekt av ekonomisk tillväxt. Exempelvis kan en fabrik vara effektiv i sin produktionsprocess och sedan sälja produkter till konsumenter på en marknad. Om fabriken som en följd av sin produktion släpper ut giftigt avfall i närliggande vattendrag, innebär detta att främst en tredje part påverkas. Eftersom påverkan är på tredje part speglar inte marknadspris eller produktionskostnad de resurser som faktiskt används. I en sådan situation blir det rationellt för ett företag att fortsätta producera utan att ta hänsyn till miljön. Mänskligheten får tillväxt, men på miljöns bekostnad.

Detta exempel kan användas också på mer generell nivå: Konsumenter köper varor, men kostnaderna för konsumtionen speglas inte helt av priset. Det kan vara emballage som behöver hanteras i efterhand liksom transporter av olika råmaterial och slutprodukter vilka leder till utsläpp.

Följden blir att människan inte tar hänsyn till sin miljö varpå gifter ackumuleras, utsläpp av växthusgaser tilltar och mer resurser tas i anspråk. Oändlig tillväxt är en omöjlighet i en ändlig värld, som någon uttryckte det.

2.2 Är hållbar tillväxt möjlig?

Drivs resonemanget ovan till sin spets följer att ekonomisk tillväxt och hållbar utveckling är oförenliga. Emellertid finns det studier som indikerar att detta är en förenkling. Stanfordsforskaren Morris Abramowitz visade 1956 att endast 15 procent av tillväxten i den amerikanska ekonomin år 1870–1950 kunde förklaras av att mer resurser hade tagits i anspråk. Resterande 85 procent av ökningen i BNP kom från sådant som innovation och rationaliseringar (Abramowitz, 1956).

Resultaten visar att ekonomisk tillväxt kan ske dels genom att ta mer resurser i anspråk, dels genom att använda resurser mer effektivt. Nationalekonomin hade länge svårt att hantera dessa effektiviseringar och betraktade ofta teknikutvecklingen som exogen, den inkorporerades alltså inte i de matematiska modellerna. Under senare decennier har istället en annan ansats fått genomslag. 1957 kom nobelpristagaren Robert Solow fram till liknande resultat som Abramowitz och 2018 års Nobelpris i ekonomi⁵ tilldelades Paul Romer för dennes arbete med att utveckla endogen tillväxtteori, det vill säga modeller och teorier som i större utsträckning tar i beaktande att ekonomisk utveckling handlar om innovation och förändringar i humankapital (Romer, 1990).

5) Egentligen "Sveriges Riksbanks pris i ekonomisk vetenskap till Alfred Nobels minne".

2.3 Faktorer som leder till hållbar tillväxt

Flera olika faktorer kan innebära hållbar tillväxt. Till att börja med har företag på en konkurrensutsatt marknad incitament att hushålla med de resurser som tas i anspråk eftersom det leder till lägre kostnader. Företag blir således benägna att använda ny teknik och organisera sin verksamhet så att den använder färre naturtillgångar. Exempel finns i det svenska företaget Bona som genom att utveckla världens första vattenbaserade golvlack fick lägre kostnader och inte längre behövde använda de giftiga och cancerframkallande kemikalier som dominerat branschen. För hörapparatsindustrin har introduktionen av 3D-skrivare och 3D-skannrar dels medfört mindre transport av fysiska produkter, dels en renare tillverkningsprocess (Sandström, 2016).

Bolag har således incitament att ägna sig åt teknikutveckling och effektiviseringar som gör att mindre resurser tas i anspråk. Ekonomen William Baumol menar att de flesta företag inte har något val, utan att konkurrens på en öppen marknad innebär att det blir nödvändigt för samtliga företag i en bransch att utveckla och rationalisera produktionen om andra företag gör det. Om företag saknar incitament att göra detta, menar Baumol, att lagar och regler behöver ändras så att det blir rationellt för ekonomins aktörer att hushålla.

Mycket pekar på att tidsutrymmet för att förhindra utsläpp som leder till negativa och långsiktiga klimatförändringar är begränsat. Teknik kan påverka utsläppsnivåer och ändra mängden varor som kan skapas på motsvande mängd utsläpp. En förbättrad teknik kan därmed antingen innebära att mindre släpps ut än tidigare utan att minska nuvarande konsumtionsnivå, eller möjliggöra ökad konsumtion på oförändrad nivå av växthusgasutsläpp (Del Río, 2004).

Ett förenklat sätt att illustrera den mänskliga miljöpåverkan är att tillämpa följande trefaktorsekvation⁶:

$$MS=B*R*T$$

där *MS* representerar *miljöskada*. Miljöskadan beror på *B*, befolkningen, *R*, rikedom (exempelvis BNP per capita) och *T*, den teknik som används i produktionen. En förbättring i variabeln *T* (dvs. en minskning i variabeln) skulle indikera en ökning i den miljövänliga produktionseffektiviteten vilket ger mindre miljöskadlig inverkan. Med andra ord: Om produktionstekniken blir mindre förorenande kan antingen fler människor, *B*, konsumera en lika stor mängd som tidigare utan ökad miljöförstöring, eller samma mängd människor uppnå en högre BNP, *R*, utan någon förändring i den totala miljöpåverkan.

Miljöskatter och miljölagstiftning kan användas för att minska efterfrågan på det som är skadligt för miljön alternativt ta bort efterfrågan helt och hållet. Generellt kan sägas att lagar och regler behöver utformas så det blir lönsamt och rationellt att ta miljön i beaktande (jmf t.ex. Erik Dahméns artikel *Sätt pris på miljön* (1968)).

2.4 Hållbar eller ohållbar tillväxt – en empirisk fråga

MIT-forskaren Andrew McAfee har visat att USA använder en mindre mängd naturresurser för att få fram mer välstånd per välståndsenhet, och i vissa fall även i absoluta tal (2019).

6) Här hålls allt annat lika, rikedomen som konsumeras antas inte förändras, utan konsumeras dubbelt så mycket av denna rikedom följer dubbelt så mycket utsläpp. Verkligheten är såklart komplex. Den svenska ekonomin har gått från ett jordbruks- till industri- och sedan tjänstesamhälle. Tjänster har oftast ett lägre koldioxidinnehåll än samma värde som stålproduktion har.

När mänskligheten blir rikare verkar resurser användas mer effektivt, mindre energi användas och mindre föroreningar orsakas. Dessutom städas tidigare föroreningar upp. Europas skogar ser en tillväxt (World Economic Forum, 2019). McAfee använder empiriska data och många exempel, men de hoppgivande resultaten har ändå mötts av skepsis då frågan tenderar att bli politiskt laddad.

De teoretiska resonemangen går, som visats tidigare, åt båda håll. Teorin om externaliteter antyder att miljöförstöring blir rationellt, medan den nya tillväxtteorin, förekomsten av teknikutveckling, miljölagstiftning, en fungerande prismekanism och skapandet av äganderätter på miljöområdet skulle göra gällande att ekonomisk tillväxt kan ske genom att mindre resurser tas i anspråk.

Dessa teorier är emellertid inget annat än just teorier. Ytterst måste de ställas mot verkligheten för att se huruvida de stämmer eller inte. I nästföljande avsnitt presenteras deskriptiv statistik om utvecklingen på ett antal olika områden.

3. Koldioxid

Mänsklig ekonomisk aktivitet, som historiskt sett varit starkt beroende av fossila bränslen, ökar den atmosfäriska koncentrationen av koldioxid. Det driver den globala uppvärmningen. Trots att koldioxid (CO_2) är en normal komponent i atmosfären och har gjort livet på jorden möjligt, råder inga tvivel om att de ökade koncentrationerna kan förändra klimatet på ett sätt som utgör en mycket kritisk blandning av faror (t.ex. förändrade vädermönster med ökad variabilitet och extrema inslag, stigande havsnivåer och torka (se t.ex. Dietz & Maddison, 2009; Suganthi & Samuel, 2012)).

Den genomsnittliga temperaturen på planeten var $1,1^\circ\text{C}$ grader högre år 2017 än 1880 (World Meteorological Organization, 2018). För att målsättningen om att temperaturökning inte ska överstiga 2°C får den atmosfäriska CO_2 -ekvivalenta koncentrationen inte nå över 480–530 ppm i slutet av århundradet (IPCC, 2014a,b). I maj 2018 var den atmosfäriska koncentrationen av CO_2 410 ppm. Det är det högsta värdet på 800 000 år (Scripps Institution of Oceanography, 2018). Nyligen publicerad forskning visar att dessa tidigare uppskattningar över vad som kan antas vara en ”säker” nivå kan behöva revideras nedåt (Steffen m.fl., 2018).

Det lägre Paris-målet på $1,5^\circ\text{C}$ är ambitiöst, och modeller tyder på att det redan är för sent för att uppnå (Rogelj m.fl., 2013). Andra menar att det fortfarande är möjligt med ambitiösa klimatåtgärder (se t.ex. Millar m.fl., 2017). Åtgärderna som hittills tillkännagivits i samband med Parisavtalet beräknas emellertid inte räcka för att hålla koncentrationen av CO_2 -ekvivalenta gaser under omkring 500 ppm (Rogelj m.fl., 2016).

Tabell 1 | Möjliga färdvägar för att begränsa uppvärmningen till 1,5 eller 2 grader. Källa: UK Committee on Climate Change, 2016.

Ambitionsnivå	Årtionden med globala nollutsläpp, netto	
	Enbart koldioxid	Alla växthusgaser
1,5 graders uppvärmning	2040	2060–2080
Under 2 graders uppvärmning	2050–2070	2080–2090

Not: Tidsskalan baseras på kostnadsoptimala vägval i en integrerad global klimatmodell. Alla vägbanor antar att åtgärder på global nivå är begränsade fram till år 2020 och att koldioxidutsläppen blir nettonegativa år 2100. "Under 2 grader" avser en 66 procent chans att nå det målet. "1,5 graders vägen" antar 50 procent chans att återgå till en väg där det går att nå 1,5 graders uppvärmning. Inga scenarier finns för att man skulle kunna få en lägre uppvärmning än 1,5 grader.

I kommande delavsnitt beskrivs situationen mer ingående.

3.1 BNP och koldioxid

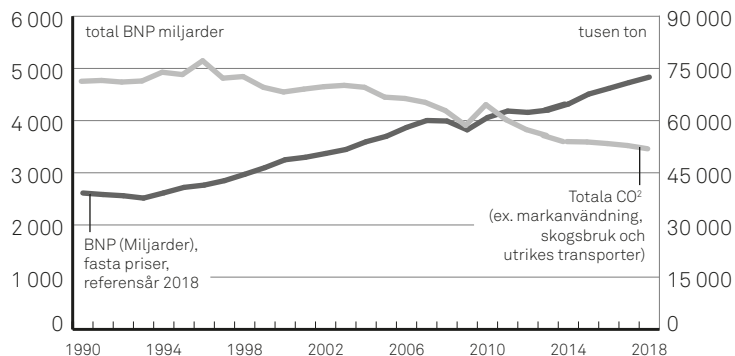
Mellan åren 1990 till 2018 har de totala koldioxidutsläppen (exklusive markanvändning, skogsbruk och utrikes transporter)⁷ i Sverige minskat med 27 procent, från 71 miljoner ton till 51 miljoner ton.⁸ Utsläppsminskningen har mestadels skett mellan 2003 och 2014. Minskningen förklaras delvis av genomförda åtgärder (till exempel övergång till förnybar energi och energieffektivisering) och till viss del industrins mindre tillväxt. Under samma tid har BNP ökat med runt 90 procent.

7) Markanvändningen ger ett negativt tillskott till koldioxidutsläppen motsvarande större delen av de inrikes utsläppen. Utsläppen från utrikes transporter har ökat sedan 1990 taltes början, de totala importerade utsläppen har dock sjunkit som vi kommer se senare.

8) Naturvårdsverket. Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser.

I Sverige får man alltså nu ut mer BNP per förbrukad koldioxid, i både absoluta och relativa tal.⁹

Figur 1: Koldioxidutsläpp (CO₂) och BNP

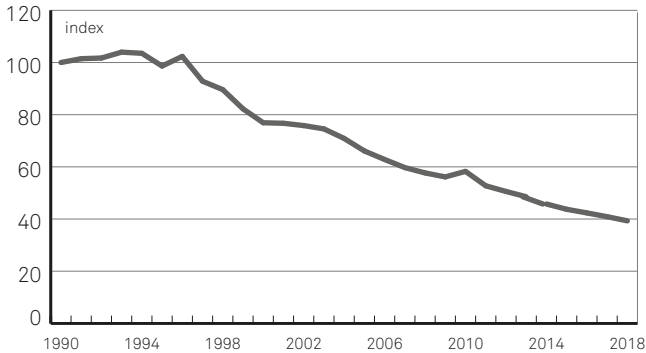


Källa: Naturvårdsverket och SCB.

Sverige har som mål att utsläppen av växthusgaser ska nå netto-noll senast år 2045. För att detta mål behöver minskningstakten mellan 2015 och 2045 över tid nå ett genomsnitt om 5–8 procent per år.

Omvandlat till ett index med startår 1990 går det att se att mängden koldioxid som används per BNP-enhet har gått ner med närmare 60 procent. Data från Världsbanken visar en liknande utveckling globalt där minskningen är betydande. Dock inte i närheten av Sveriges. I världen har intensiteten gått från 0,73 kilo koldioxidutsläpp per PPP \$ av BNP år 1990 till 0,332 år 2014 (vilket är det sista år som författarna har data över) (Världsbanken, 2019a).

9) Det finns en stor litteratur som diskuterar om detta möjligen gäller för hela världen, eller om det kan gälla för hela världen, åsikterna är blandade. Se exempelvis Hickel & Kallis (2019); Dasgupta m.fl. (2002).

Figur 2: Koldioxidanvändning (CO²) per BNP enhet i Sverige

Källa: Naturvårdsverket och SCB, egna uträkningar.

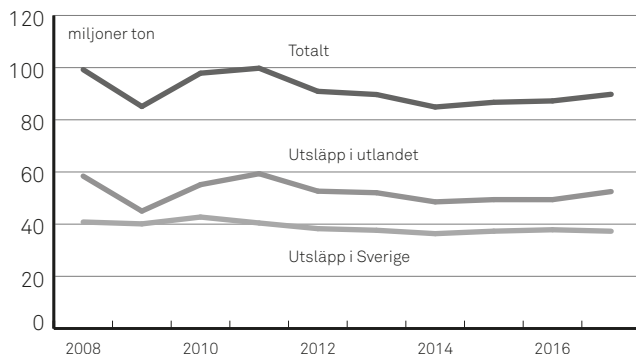
Trots att framgången sedan 1990 har varit betydande är det inte säkert att en lika stor minskning kan göras kommande 28-årsperiod. Det kan ha varit enklare åtgärder med stora effekter som gjorts bakåt i tiden, medan svårare åtgärder kan återstå för att nå sista biten ner till netto noll.

3.2 Konsumtionsbaserade utsläpp av växthusgaser

De klimatpåverkande utsläppen som uppstår till följd av svensk import utgör en stor andel av landets totala konsumtionsbaserade utsläpp. Storleken på de utsläpp som orsakas av importerat beror utöver mängden varor på hur utsläppsintensiva varorna eller tjänsterna är och på hur stor utsläppsintensiteten i produktionslandet är.

Importen består av slutprodukter (till exempel kläder och elektronik), men även insatsvaror (till exempel råmaterial och energi) och tjänster (till exempel transporter och banktjänster) som används för att producera varor i Sverige (Naturvårdsverket, 2019). Över 80 procent av importen till Sverige är från andra europeiska länder.

Figur 3: Konsumtionsbaserade utsläpp av växthusgaser i Sverige och andra länder¹⁰

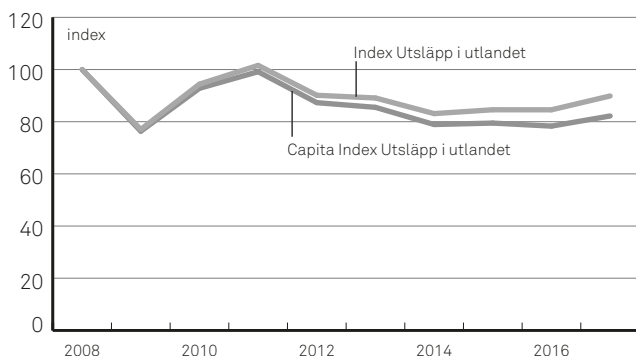


Källa: Naturvårdsverket.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Utsläpp i Sverige	40,82	40,1	42,72	40,44	38,27	37,65	36,35	37,31	37,85	37,29
Utsläpp i utlandet	58,41	45	55,14	59,34	52,64	52,04	48,54	49,4	49,39	52,49
Totalt	99,23	85,1	97,87	99,78	90,91	89,69	84,9	86,71	87,24	89,78

Nedan har data för de konsumtionsbaserade importerade utsläppen omvandlats till ett index i syfte att se procentuell förändring. Som synes har utsläppen gått ner i absoluta tal och än mer per capita.

10) Tyvärr är tidserien relativt kort, vi kan anta att nedgången från 2008 påverkas av finanskrisen men att den permanenta nedgången jämfört med början av tidsserien är intressant. Dock är det inte orimligt att anta en viss ökning under de ekonomiskt framgångsrika åren 2018–2019. I media har vi sett rapporter om att Sveriges koldioxid har ökat något under dessa år (SVT, 2019).

Figur 4: Importerade CO² utsläpp

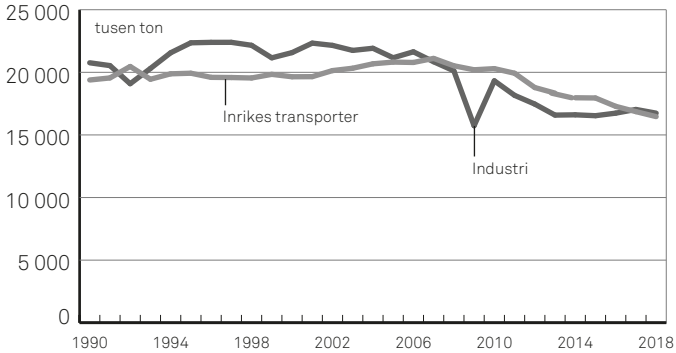
Källa: Naturvårdsverket.

Minskningen av utsläppen från utlandet kan bero på flera faktorer. En förklaring finns i att de länder Sverige importerar från förändras, eller att vi importerar från andra länder liksom vilka slags varor som köps. Exempelvis har import från Ryssland en hög koldioxidintensitet på grund av deras industristruktur och energiframtagning.

3.3 Koldioxid från transporter och industri

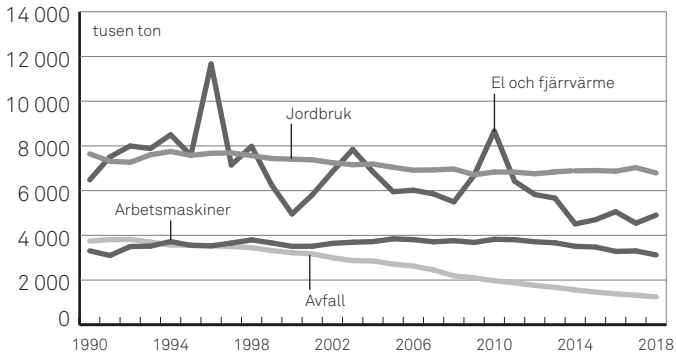
Utsläppen från inrikes transporter¹¹ står för en betydande andel, ca 32 procent, av Sveriges utsläpp. I denna sektor hade utsläppen 2018, jämfört med år 1990, gått ner med 19 procent.

11) Omfattar järnväg, mopeder och motorcyklar, militär transport, bussar, flyg, sjöfart, lätta lastbilar och tunga lastbilar samt bilar.

Figur 5: Koldioxidutsläpp (CO²) från industri och transporter

Källa: Naturvårdsverket.

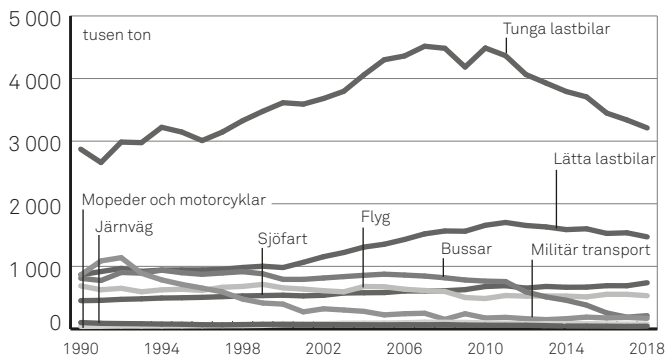
Flera andra sektorer har också minskat sina utsläpp. I figur 6 nedan visas de totala utsläppen för avfall, arbetsmaskiner, el och fjärrvärme samt jordbruk. I alla kategorier syns en nedgång.

Figur 6: Koldioxidutsläpp (CO²) från industri och transporter

Källa: Naturvårdsverket.

Påverkansfaktorer på utsläppen från trafiken som visas i figur 7 nedan är det totala trafikantvärdet, bränsletyperna som används och fordonens energieffektivitet. Ökningen av biodrivmedel och mer energieffektiva fordon har medfört en reduktion. Emellertid har resandet ökat, vilket har gjort att utsläppsminskningen är mindre än vad den annars hade varit. Utsläppen 2018 uppgick till strax under 17 miljoner ton koldioxidekvivalenter.

Figur 7: Koldioxidutsläpp (CO²) inrikes transporter



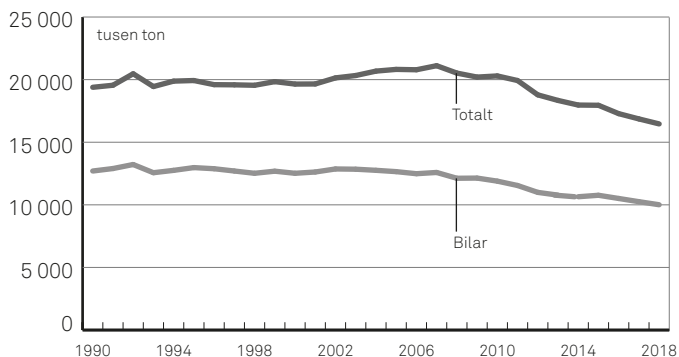
Källa: Naturvårdsverket och SCB.

En majoritet av transportsektorns utsläpp kommer från vägtrafiken. Dominerar gör utsläppen från personbilar och tunga fordon. Mellan 1990 till 2018 har utsläppen från personbilar minskat med 21 procent. 2018 uppgick personbilarnas utsläpp till 10 miljoner ton, det är en minskning med två procent från 2017.

Persontrafikens ökning i absoluta tal är naturlig med tanke på befolkningsökning och tillväxt. Den ökade från 1990 till 2007, låg därefter på en relativt jämn nivå fram till 2013, för att därefter öka. Dess utsläpp har dock varit relativt konstanta då allt mer biobränsle blandas in i det bränsle som tankas. Energieffektivisering (genom ett förnyande av for-

donsflottan) bidrar till att minska bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp. Den genomsnittliga bränsleförbrukningen bland personbilar som registrerades i Sverige 2018 var återigen högre än föregående år.¹³

Figur 8: Koldioxidutsläpp (CO²) inrikes transporter: Bilar och totala



Källa: Naturvårdsverket.

3.4 Koldioxid från flyget

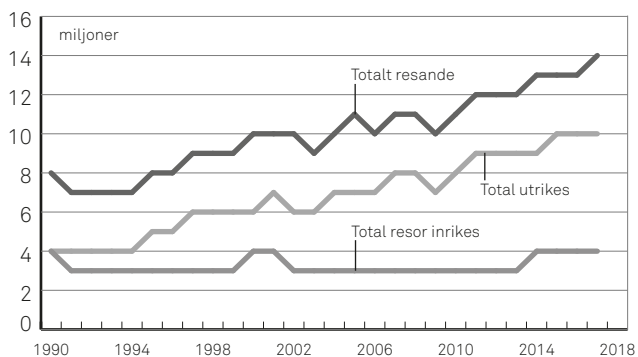
Det totala antalet flygresor i eller från Sveriges har sedan 1990 ökat med 120 procent, från 0,47 resor per person och år till 1,1 år 2017, och de totala flygrelaterade utsläppen ökat med 47 procent. Antalet inrikesflygningar har minskat försiktigt sedan 1990, från 0,47 flygresor per person och år till cirka 0,37 år 2017, och klimatpåverkan från dessa har gått ner och står nu för 7 procent av utsläppen (Kamb m.fl., 2018).¹⁴

13) Naturvårdsverket. Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter. (Se avsnitt: statistikällor)

14) Naturvårdsverket. Antal flygresor per invånare. (Se avsnitt: statistikällor)

Utsläpp per personkilometer¹⁵ har minskat med i genomsnitt 1,9 procent per år, men är fortfarande höga jämfört med bil eller tåg. År 2017 var utsläppen (exklusive höghöjdseffekter¹⁶) 90 gram koldioxid per personkilometer, och inklusive höghöjdseffekten till 170 gram CO²-ekvivalenter per personkilometer. Klimatpåverkan från flyget totalt är i Sverige i paritet med personbilstrafiken.¹⁷

Figur 9: Flygande – antal resor, baserat på medeltalet resor per person multiplicerat med befolkningen det året



Källa: Naturvårdsverket och SverigesMiljömål.se (dataleverantör: Naturvårdsverket).

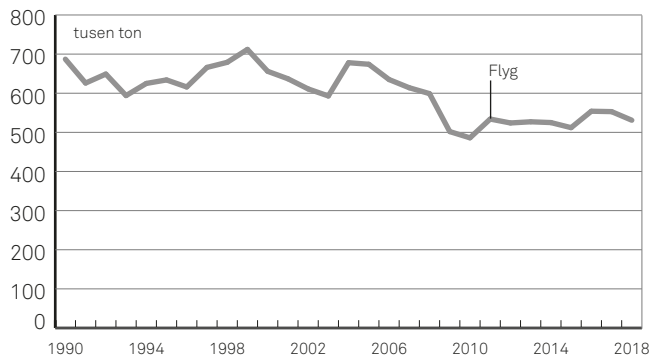
Naturvårdsverket uppskattar den totala klimatpåverkan från svenska befolkningens flygresor år 2017 till cirka 10 miljoner ton koldioxidekvivalenter (inklusive höghöjdseffekten). Ökningen av antalet internationella flygresor sedan 1990 medför att klimatpåverkan har ökat mellan 1990 och 2017, från 7 miljoner ton till 10 miljoner ton.

15) En personkilometer innebär en förflyttning av en person en kilometer.

16) Höghöjdseffekter är den ökade klimateffekt som uppstår vid förbränning på hög höjd, runt 8 000 meter. Förbränning på hög höjd uppskattas i runda tal dubblera klimateffekten jämfört med om förbränningen skett på marknivå.

17) Sveriges miljömål. Antal flygresor per invånare. (Se avsnitt: statistikällor).

Figur 10: Utsläpp inrikesflyg, tusen ton koldioxidekvivalenter



Källa: Naturvårdsverket.

Utsläppen från inrikesflyget har gått från 687 000 ton koldioxidekvivalenter år 1990 till 531 000 år 2018, en nedgång på ungefär 13 procent. Nedgångarna har varit störst i samband med ekonomiska kriser.

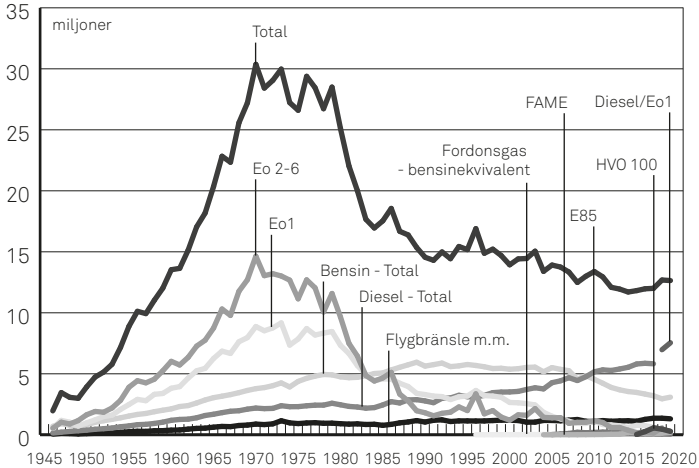
4. Naturresurser

Coca-Colas burkar utgör en god illustration över förändringen av naturresursanvändandet. Coca-Cola började 2019 med långsmala burkar istället för de tidigare korta och breda. Kring 1950-talets slut vägde en aluminiumburk runt 85 gram. I dag väger en snittburk 14–16 gram. Man får således ut drygt fem burkar på samma mängd aluminium (i aluminiumets fall återvinns dessutom mycket) (Aluminium.org). Med mindre aluminium kostar burken troligen mindre att producera och får dessutom ett lägre miljöavtryck.

4.1 Drivmedel och oljeanvändning

Energieffektiviseringen av fordonsflottan har gått snabbt eftersom äldre fordon ersatts med nya, mer bränslesnåla bilar (Energimyndigheten, 2016). Många av dagens bilar drar under en halv liter per mil. Skulle exempelvis tio procent av de äldsta och sämsta bilarna bytas ut mot en ny bil skulle det innebära omfattande utsläppsminskningar från transportsektorn.

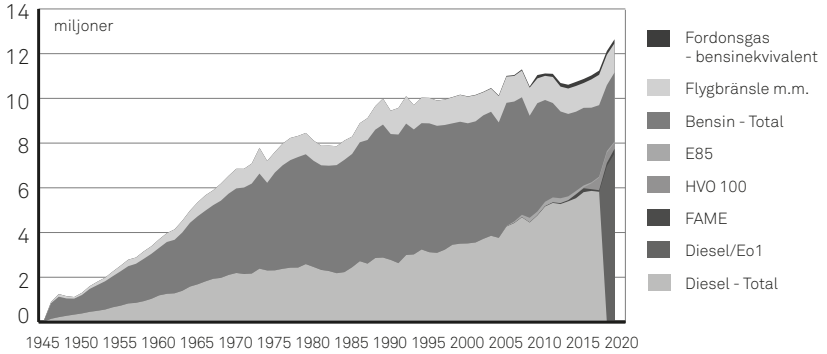
Den totala volymen av oljeprodukter har minskat sedan 70-talet. En drivande faktor är att användningen av eldningsolja (E 2–6 och E01) har fasats ut.

Figur 11: Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel

Källa: Svenska petroleuminstitutet.

Den totala volymen drivmedel för fordon har dock ökat sedan 1940-talet. Detta är naturligt eftersom det då fanns betydligt färre fordon och människor i landet. År 1946 fanns 138 489 registrerade personbilar i Sverige, år 2019 fanns 4 887 904 (SCB – Transporter och kommunikation). Observera att i figur 12 nedan ingår de sista två åren olika former av eldningsolja i grafen vilket innebär en viss ökning.

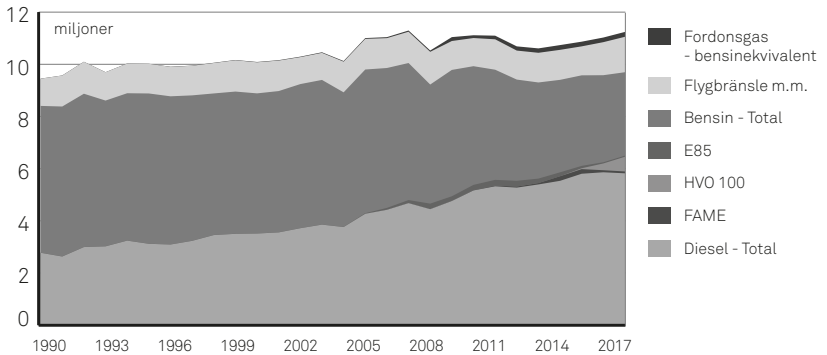
Figur 12: Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel till transport



Källa: Svenska petroleuminstitutet

Om de år där eldningsolja och diesel (2018-) inte kan separeras utesluts och endast 90-talets utveckling studeras syns istället en ökning med 18 procent. Antalet bilar har dock ökat med 34 procent under denna tidsperiod.

Figur 13: Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel till transport

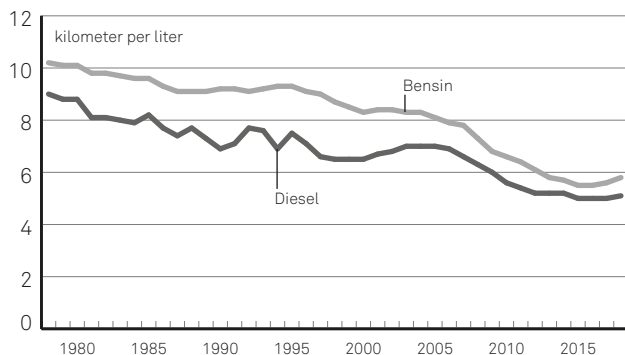


Källa: Svenska petroleuminstitutet

Indexerat mot befolkningsutvecklingen har bränsleförbrukningen varit oförändrad över perioden, men under vissa år varit över 1990 års indexvärde. Här går alltså inte säga att drivmedelsanvändningen gått ner totalt eller per capita.¹⁸ Däremot får man ut fler kilometer per liter drivmedel.

Medelvärdet för alla nya personbilers bränsleförbrukning har överlag minskat över en längre tid, men mellan 2016 och 2017 ökade medelvärdet för första gången sedan 1990-talet. Ökningen var två procent. Bränsleeffektiviseringen ser ut att ha motverkats till viss del genom att större bilar blir alltmer populära.¹⁹

Figur 14: Bränsleanvändning för bensin- och dieslbilar 1978–2018



Källa: Naturvårdsverket.

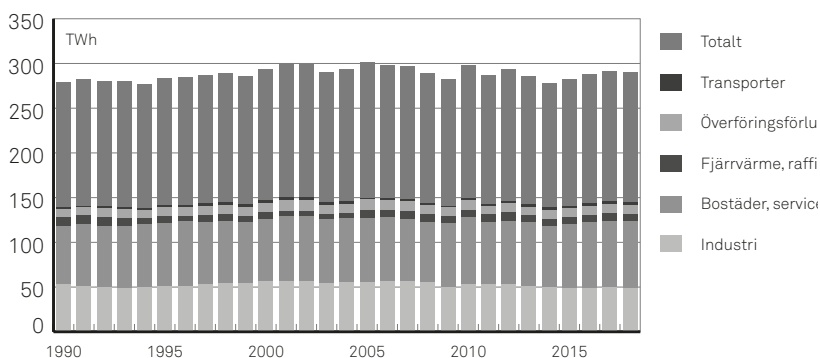
18) Egna beräkningar, finns i kompletterande excelfil på ratio.se

19) Naturvårdsverket Bränsleanvändning för bensin- och dieslbilar (Se avsnitt: statistikkällor)

4.2 Elanvändning

De senaste 30 åren har Sveriges ekonomi växt med 90 procent och elanvändningen gått upp med 2,8 procent. Användningen har alltså gått upp i absoluta tal. Per BNP-enhet samt per capita har elanvändningen dock gått ner.

Figur 15: Sektorers elanvändning



Källa: Energimyndigheten.

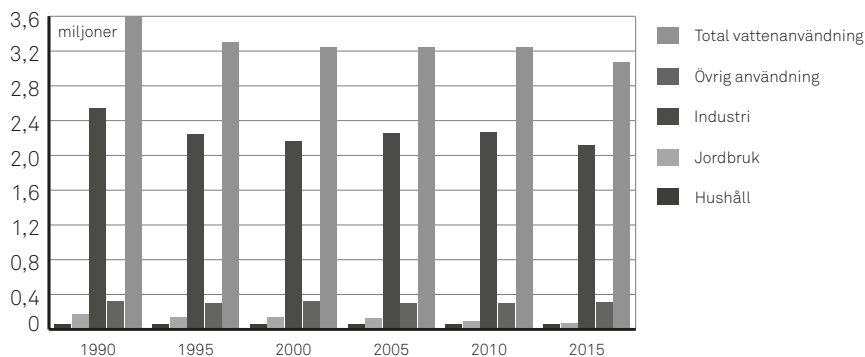
4.3 Vattenanvändning

Totalt användes 2 431 miljoner kubiketersötvatten och 639 miljoner kubikmeterhavsvatten i Sverige under 2015. I Sverige förbrukas i genomsnitt 140 liter vatten per person och dygn. Dricksvattnet kommer från sjöar, vattendrag och grundvattenmagasin vilka i huvudsak fylls på under vinter och vår när snön smälter.²⁰ Både grundvatten och ytvatten som tas om hand på rätt sätt ger fullgott dricksvatten. Grundvatten har ofta en högre kvalitet än ytvatten, varför det inte behövs lika många steg för att rena grundvatten.

20) SGU, 2020. Grundvattennivåer april. (Se avsnitt om statistikkällor).

Medan industriproduktionen och jordbruksproduktionen har gått upp har sektorernas totala användande av vatten gått ner. Tydligast är nedgången inom jordbruket som minskade användningen med 24 procent sedan 1990. Även inom industrisektorn minskade användningen av sötvatten med 14 procent (SCB, 2017). Vattenanvändningen har gått ner i absoluta tal sedan 1990-talet.

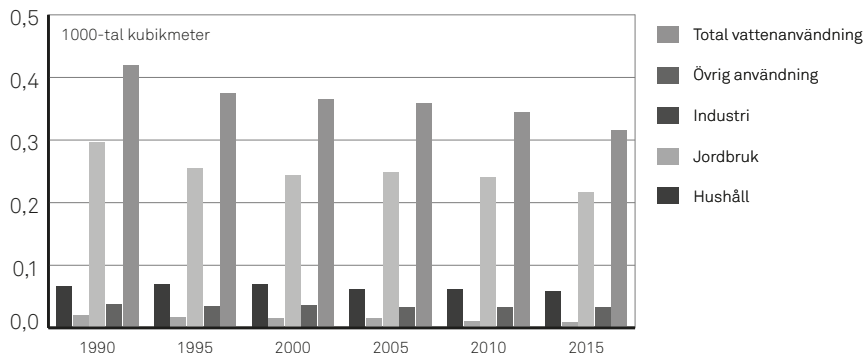
Figur 16: Total vattenanvändning, 1000-tal kubikmeter, användargrupp och vart 5:e år



Källa: SCB, 2015.

Vattenanvändning i relativa tal visas i figuren nedan. Sedan år 1990 fram till år 2015 har vattenanvändningen per capita gått ner i alla kategorier. Hushållens vattenanvändning per capita har sjunkit med runt 15 procent. I industri och jordbruk är detta ett mindre relevant mått, men även där syns en nedgång. Inom jordbruket har den halverats samtidigt som skördarna, volymmässigt, har gått upp väsentligt (vilket kommer visas i senare grafer).

Figur 17: Vattenanvändning per capita, användargrupp och vart 5:e år

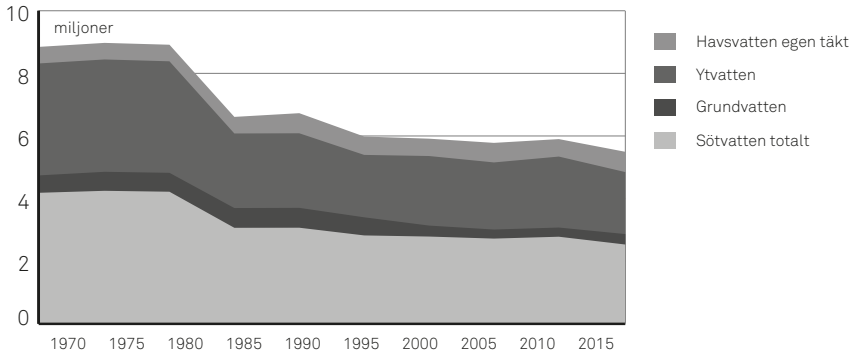


Källa: SCB, 2015.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Hushåll	0,067	0,070	0,070	0,062	0,061	0,058
Jordbruk	0,020	0,016	0,015	0,015	0,010	0,008
Industri	0,296	0,254	0,244	0,249	0,240	0,217
Övrig användning	0,037	0,035	0,036	0,033	0,032	0,032
Total vattenanvändning	0,420	0,374	0,365	0,359	0,344	0,315

En minskad vattenanvändning är strategiskt viktigt, trots att Sverige har det relativt gott ställt med vatten. Klimatförändringar förväntas slå oproportionerligt mot olika delar av landet och medföra intensivare nederbörd, ökad risk för översvämningar och förorening av vattentäkter varifrån dricksvattnet hämtas. I sydöstra Sverige och på Gotland har det periodvis varit eller varnats för vattenbrist.

Figur 18: Vattenuttag, 1000-tal kubikmeter efter region, typ av vatten och vart femte år



Källa: SCB.

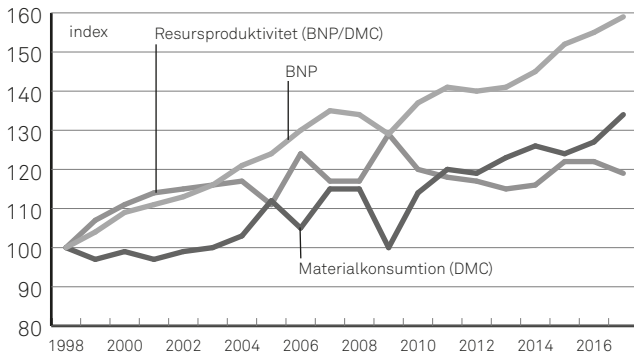
Den största minskningen skedde från 1970 till 1980 talet, men mellan de senaste två mätpunkterna 2010 och 2015 finns även en nedgång.

4.4 Resursproduktivet

Enligt data från SCB (2016) låg materialkonsumtionen per person i Sverige år 2015 på 22,5 ton. Detta var drygt 9 ton mer än EU-genomsnittet samma år och en inhemsk ökning med ungefär 3 ton från 2000. En av anledningarna till att Sverige har en relativ hög materialkonsumtion anges vara Sveriges gruvindustri som medför en hög konsumtionsnivå av metaller jämförelsevis med andra EU-länder (SCB, 2016).

SCB (2019b) undersökte hur Sveriges BNP-utveckling har vuxit i relation med landets materialkonsumtion för att sedan ta fram ett mått för resursproduktivet. Värdena i figur 19 är inflationsjusterade med 1998 som startindex. Det som kan urskiljas är att resursproduktivet har ökat med 19 procent sedan 1998. Det högsta indexvärdet som uppmättes var 129 år 2009. Därefter minskade resursproduktivet med 7,4 procent till 2017.

Figur 19: Index materialkonsumtion i relation till BNP utveckling



Källa: SCB (2019b).

Det ska noteras att SCB understryker att måttet materialkonsumtion endast återger mängden material som förbrukas direkt inom den inhemska ekonomin. Frikoppling mellan BNP och materialkonsumtion kan således bero på mer än effektivitetsvinster. En substitution mellan inhemsk produktion till ökad andel av halvfabrikat och av färdiga produkter är exempel på sådana faktorer.

5. Föroreningar

I det här kapitlet beskrivs utvecklingen av föroreningar i luften med data från 1990 till 2018. För de flesta typer av föroreningar går att se en brant nedgång.

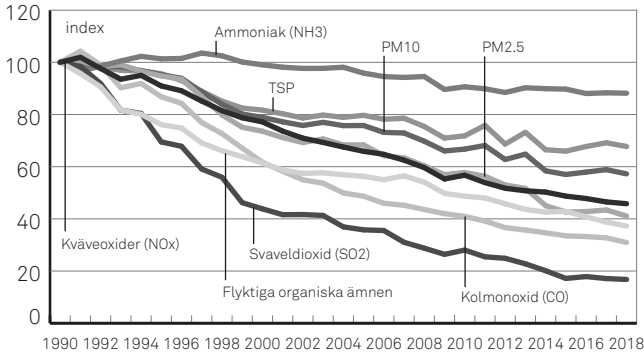
5.1 Luftföroreningar

Luften i Sverige har överlag blivit renare sedan 1990. Av de 26 luftföroreningar som Naturvårdsverket har kartlagt (vilka visas i graferna nedan) har 24 minskat i absoluta tal, medan selen och PCB har ökat.²¹

Nedan visas förändringen av luftföroreningar i indexform. Jämförelseåret är 1990 och ett lägre värde än 100 innebär att Sverige släpper ut mindre än år 1990. Utsläppen av svaveldioxid, kväveoxider, flyktiga organiska ämnen, partiklar och tungmetaller har minskat kraftigt sedan 1990. Minskningstakten har avtagit under senare år, vilket möjligen kan förklaras av att fall från höga nivåer går relativt snabbare än ett stort fall från något som redan har krympt mycket. För en del av föroreningarna (tre grafer) har utsläppen minskat med uppemot 80 procent under perioden 1990 till 2018.

21) Graferna saknar sotpartiklar då data saknades några år. Under åren som finns (senare 1990-tal minskande utsläppen).

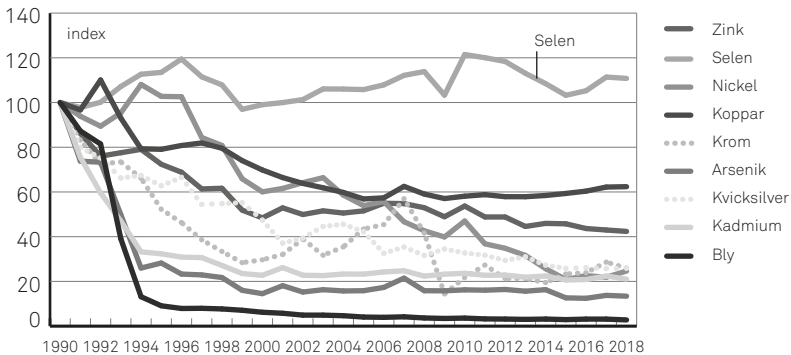
Figur 20: Luftföroreningar



Källa: Naturvårdsverket (Hämtat från SCB-statistikdatabasen).

Ammoniak (NH₃) släpps i huvudsak ut från jordbrukets gödselhantering. En källa till minskningen av ammoniak är att djurhållningen har minskat sedan 1990. År 2018 beräknas de totala utsläppen av ammoniak till cirka 53 000 ton, vilket motsvaras av en minskning med 12 procent sedan år 1990. Ökad import av mjölk och kött svarar också för en del av minskningen.

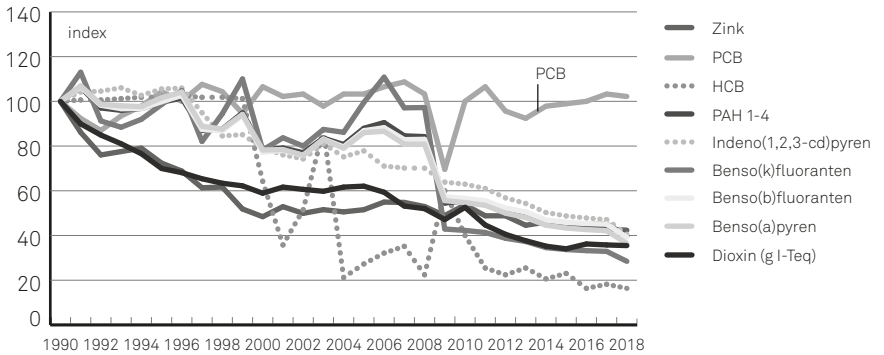
Figur 21: Luftföroreningar



Källa: Naturvårdsverket (Hämtat från SCB-statistikdatabasen).

Bly är den förorening som procentuellt sett minskat mest, över 95 procent. Nedgången kan troligen förklaras med att det år 1995 infördes ett blyförbud för all motorbensin.

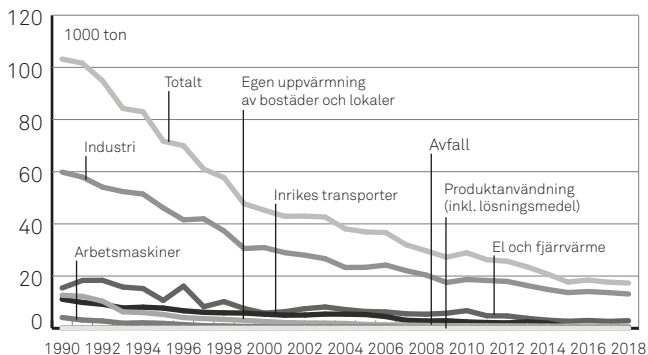
Figur 22: Luftföroreningar, index



Källa: Naturvårdsverket (Hämtat från SCB-statistikdatabasen).

5.2 Svaveloxid

Svaveloxid är en av föroreningarna som har gått ner, vilket visats ovan. I detta avsnitt bryts detta ned på sektorer. År 2018 var Sveriges sammanlagda utsläpp av svaveldioxid (SO_2) drygt 17 000 ton. Utsläppen har minskat med uppemot 80 procent jämfört med 1990 års utsläppsnivå.

Figur 23: Utsläpp av svaveldioxid till luft

Källa: Naturvårdsverket.

Nedfall av svavel har en rad negativa miljöeffekter såsom försurning av mark och vatten. Bli försurningen kraftig påverkas känsliga djur och växter, främst i sjöar och vattendrag. Svavelutsläppen påverkar även dricksvattnets kvalitet och skadar kulturmiljöer då byggnader och hällristningar utsätts av korrosion. De svenska utsläppen av SO_2 till luft har främst kommit från förbränning av svavelhaltiga bränslen som kol och eldningsolja. Sverige påverkas också mycket av intransport av svaveldioxid från andra länder.

Industrins utsläpp från förbränning och processer har minskat med 78 procent sedan 1990. Minskningen har bland annat skett genom ökad användning av biobränslen och genom bränslebyten, exempelvis av att olja med hög svavelhalt ersatts av olja med låg svavelhalt. Ökningen har inte slagit av på takten i nutid, mellan 2017 och 2018 minskade utsläppen med fyra procent. Utsläppen för inrikes transporter har minskat med 95 procent sedan 1990.

El- och fjärrvärme stod för ungefär 17 procent av svaveldioxidutsläppen 2018. Det största bidraget kom från förbränning av fast biobränsle som innehåller svavel. Även förbränning av avfall, torv och kol och olja bidrar

i mindre omfattning. Utsläppen har minskat med 81 procent sedan 1990. Utsläppsminskningen kom främst från industrin, inrikes transporter, egen uppvärmning av bostäder och lokaler samt el- och fjärrvärme till följd av minskad användning av olja och kol samt installation av reningsutrustning.

6. Jord- och skogsbruk

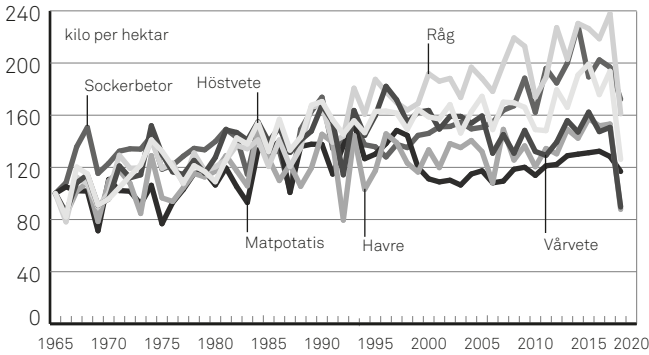
Jordbruket är en sysselsättningsmässigt krympande sektor i västvärlden. Det fanns år 2017 runt 63 000 lantbruk i Sverige, 1970 var antalet mer än det dubbla. Produktionen har dock inte gått ner. Jordbruken är mer än dubbelt så stora och har bättre avkastning. En genomsnittlig mjölkko ger ungefär 8 700 liter mjölk på ett år, 1970 var produktionen 4 000 liter mjölk per ko. En hektar ger i dag i genomsnitt fyra eller fem ton vårvete i skörd, medan motsvarande siffra 1970 var tre ton.

6.1 Hektarskörd och utsläpp

Effektiviteten i mängden skörd som kan utvinnas från odlad mark har under de senaste 50 åren ökat. År 2017 utvanns i genomsnitt 43 procent mer skörd från samma mängd hektar jämfört med år 1965. Genomsnittet utgår från alla grödor.

I figur 24 nedan har ett index skapats över några av de vanligaste grödorna som författarna har kompletta tidsserier för. En hektar odlad mark producerar 50 till 100 procent mer i dag än år 1965. Den branta nedgången år 2018 torde bero på att det var ett år av torka och skogsbränder.

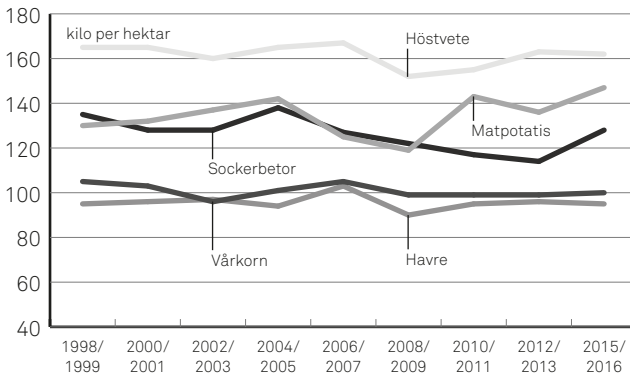
Figur 24: Utveckling för viktiga grödor



Källa: SCB.

Trots de ökade skördarna har exempelvis kvävetillförseln per hektar legat stilla överlag de senaste 20 åren. Enligt Jordbruksverket minskade utlakningen av kväve från jordbruket mellan år 1985 till 1995, med 25 procent och mellan 1995 och 2011 med ytterligare tio procent.²²

Figur 25: Tillförd mängd växttillgängligt kväve

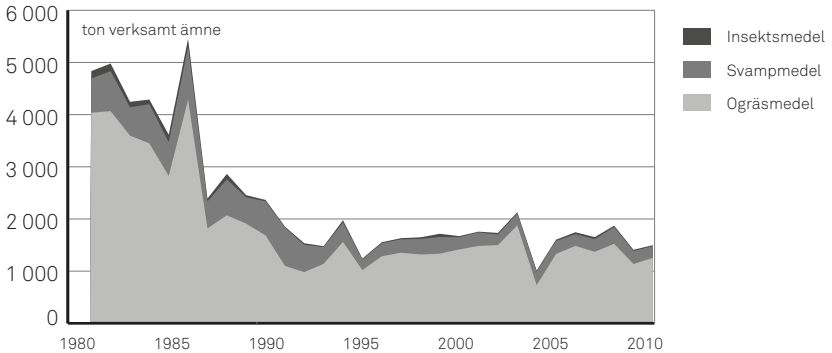


Källa: SCB.

22) Jordbruksverket. Jordbruket och övergödningen. (Se avsnitt: statistikällor).

Den absoluta mängden bekämpningsmedel till jordbruket minskade mellan 1981 och 2010.

Figur 26: Försäljning av växtskyddsmedel 1981–2010

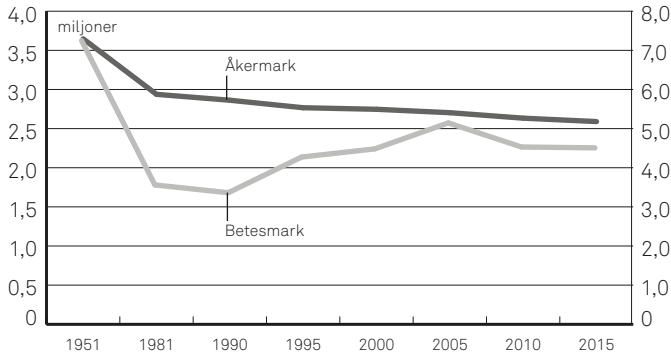


Källa: Statistiskt meddelande Na 19 SM 9001, MI 31 SM 0201 och MI 31 SM 1101, SCB.

Sedan 1950-talet har ytan för åkermarker och betesmarker som nyttjas i Sverige gått ner. På den högra skalan visas att antalet hektar använda åkermarker har krympt med 3,6 miljoner hektar till 2,6 miljoner. Betesmarkanvändningen har under samma tidsperiod minskat från 0,72 miljoner till 0,44 miljoner hektar. Det har dock inte lett till matbrist eller mindre mängd producerad mat i Sverige, vilket kommer visas längre fram.²³

23) Jordbruksverket. (Se avsnitt: statistikällor).

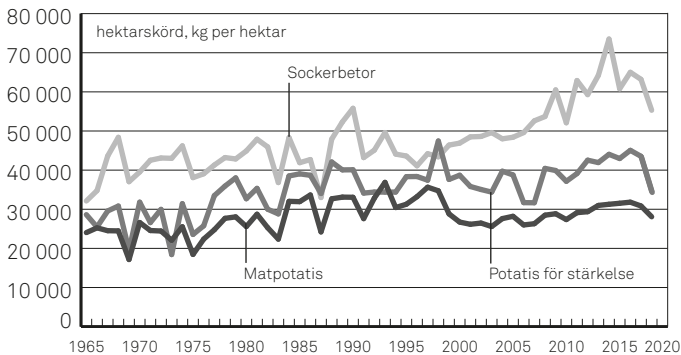
Figur 27: Åker och betesmarker, hektar



Källa: SCB.

Trots att färre hektar odlas har även skördarna generellt gått upp. Nedan några vanliga grödor. Dessvärre saknas viss information om grödor som står för en betydande del av tonnage (totaltonaget kan också vara av begränsat värde att veta då det lika gärna kan bero på vad som odlas), varför grafer över det får utebli.

Figur 28: Total hektarskörd för de tre största grödorna

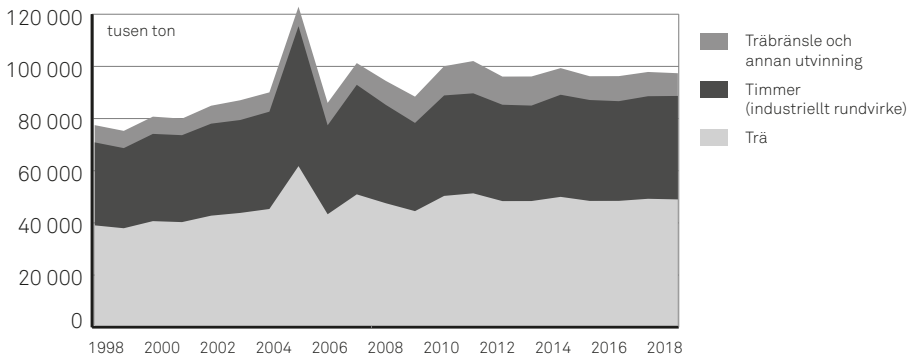


Källa: SCB.

6.2 Hur mycket skog finns?

I figur 28 visas den totala utvinningen av trä i Sverige 1998–2018. Detta utgörs av de två komponenterna timmer (industriellt rundvirke) och träbränsle och annan utvinning. Den totala svenska träutvinningen har under 20 år ökat med cirka 30 procent, främst orsakat av industriellt rundvirke (SCB, 2019a). Samtidigt kan man se att produktiv skogsmarksareal har legat nästintill på samma nivå sedan 1960 (se figur 25) (SLU, 2017). Skogsmarksarealen har ökat med 2,2 procent sett över 52 år. Sverige har därmed lyckats utvinna mer mängd trä från samma yta. Den stora uppgången år 2004 beror på stormen Gudrun.

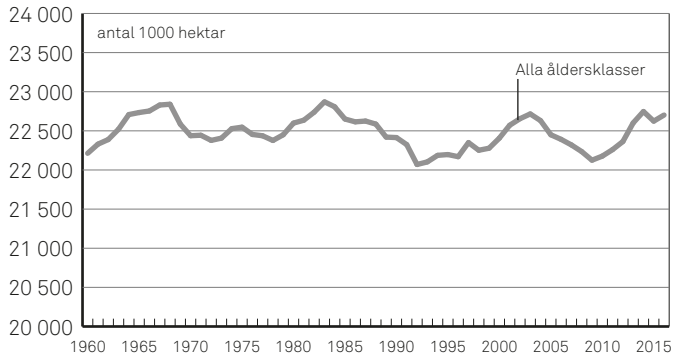
Figur 29: Inhemsk utvinning av trä, 1000 ton per år



Källa: SCB (2019a).

Den produktiva skogsarealen har också hållit sig på samma nivåöverlag. Notera att variationen inte är så stor utan att axeln ligger mellan ett begränsat område, de vi ser är lite variation över åren.

Figur 30: Produktiv skogsmarksareal



Källa: SLU (2017).

7. Diskussion

Utvecklingen visar att det går att få ut mycket mer för mindre. Drivkrafterna bakom detta är flera och kommer att diskuteras i kort-het nedan, men utan att reda ut vilken faktor som haft störst inverkan. I framtida rapporter ämnar författarna att i närmare detalj studera orsakerna till nedgången för de olika variablerna. Syftet med detta avsnitt är att ge en bild av vad som kan ligga bakom nedgången. Detta är på intet sätt heltäckande utan ska ses som ett försök att introducera dessa förklaringar.

I avsnitt två beskrevs öljande ekvation och förenkling av verkligheten där förändringarna i variablerna ska ses som ”allt annat lika” i övrigt:

$$MS=B*R*T$$

där MS representerar *miljöskada*. Miljöskadan beror på B , befolkningen, R , rikedom (exempelvis BNP per capita) och T , den teknik som används i produktionen. En förbättring i variabeln T (en minskning i variabeln) skulle indikera en ökning i den miljövänliga produktionseffektiviteten vilket ger mindre miljöskadlig inverkan.

I kontexten till ekvation (1) är det viktigt att komma ihåg två faktum. Dels att världens nuvarande befolkning (B) är 7,5 miljarder (år 2017) och förväntas nå 9,8 miljarder omkring år 2050 (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2017). Dels att den globala rikedom (R) förväntas stiga. Världens BNP beräknas, enligt Världsbanken (2019b), växa med cirka 3,01 procent under 2019 och prognoser pekar på fort-

satt global ekonomisk tillväxt under kommande årtionden.²⁴ Hittills har världen inte heller upplevt någon global ekonomisk tillväxt utan en parallell ökning i utsläpp av växthusgaser.

Mot bakgrund av detta kommer den samlade framtida miljöpåverkan sannolikt vara mycket omfattande om inte tekniska förändringar kan bidra till att minska densamma.²⁵

Teknikutveckling kan dock vara en väldig kraft för förändring, inte minst när den kan spridas och användas av flera. Uppfinnaren kan ta betalt för det eller släppa den nya kunskapen helt fritt.

Nedan diskuteras ett antal fenomen som bidrar till teknikutveckling.

7.1 Lagstiftning och styrmedel

Ett exempel på hur lagstiftning har använts för att förbättra miljön är förbudet av bly i bensin. Detta innebar att luftförekomsten av bly i dag närapå har upphört jämfört med början av 1980-talet. Blyförbudet verkar ha annonserats långt i förväg och varit på den internationella agendan. Detta torde ha gjort omställningen relativt smärtfri när den väl ägde rum. Lagstiftningen föregicks av flera decennier av konflikter avseende faran med att använda bly i bensinen.

En stor och växande litteratur har dessutom argumenterat att miljölagstiftning leder till teknikutveckling. Detta samband har kallats för Porterhypotesen efter Harvardprofessorn Michael M. Porter. Porterhypotesen gör gällande att genomtänkt miljölagstiftning kan stärka företags konkurrenskraft om den påverkar innovationstakten positivt, vilket i sin tur kan väga upp de kostnader lagstiftningen medför.

24) Coronasituationen kan givetvis kasta omkull detta.

25) Även med teknisk utveckling kan den förväntade miljöpåverkan även vara omfattande.

Porter menade att miljödebatten felaktigt hade betraktat miljölagstiftning som en avvägning mellan privata kostnader och samhällsnytta. Att se miljölagstiftning på det här sättet missade, enligt Porter, de dynamiska effekter som regleringar kan skapa, i form av innovationer vilka är till gagn för företaget, landets konkurrenskraft, kunderna och miljön.

Porterhypotesen fick snabbt mycket uppmärksamhet. Resonemanget utvecklades 1995 vidare av Porter tillsammans med van der Linde:

The notion of an inevitable struggle between ecology and the economy grows out of a static view of environmental regulation, in which technology, products, processes and customer needs are all fixed. In this static world, where firms have already made their cost-minimizing choices, environmental regulation inevitably raises costs and will tend to reduce the market share of domestic companies on global markets. (s 97)

Författarna anför ett flertal exempel. I Japan infördes en lag om återvinning, som innebar att Hitachi ändrade designen av sina produkter. Företaget minskade antalet komponenter i en tvättmaskin med 16 procent och för dammsugare var reduktionen 30 procent. I USA infördes regleringar som tvingade 3M att sänka mängden kemiska lösningsmedel med 90 procent.

Det finns i dag en stor litteratur om Porterhypotesen och samspelet mellan teknikutveckling och konkurrenskraft. De exakta sambanden är ännu inte klarlagda och det bör påpekas att hårdare miljökrav ofta har föregåtts av en viss teknisk utveckling, och när det visat sig vara möjligt att ta bort en miljöfarlig substans har lagstiftarna kunnat genomföra ändringar utan att industrin blivit alltför kritisk. Det räcker här att konstatera att lagstiftning kan ha positiva effekter både i form av att ta bort miljöskadliga substanser och genom att skapa starkare incitament för teknikutveckling.

7.2 Investeringar i forskning och utveckling

De miljömässiga konsekvenserna av ekonomiska och sociala aktiviteter påverkas av nivån och riktningen på den tekniska utvecklingen. Klimatpolitiska verktyg kan både begränsa och bidra till tekniska framsteg. Man behöver inte bara stimulera introduktionen av nya tekniker genom forskning och utveckling.²⁶

Teknologisk förändring betraktas nästan enhetligt som ett nödvändigt, men otillräckligt villkor för en övergång till ett mer hållbart energisystem (Reichardt & Rogge, 2014). Nationalekonomiska analyser av tillvägagångssätt för att minska miljöskadlig mänsklig aktivitet genom bättre teknik bygger på idén att de potentiellt skadliga konsekvenserna av ekonomisk aktivitet spiller över på miljön och utgör en externalitet.

I en forskningsartikel av Wiser och Millstein (2020) beräknas vilka de samhälleliga vinsterna har varit av USA:s statliga satsningar på forskning och utveckling inom vindkraften. Den amerikanska staten satsade totalt tre miljarder dollar under perioden 1976–2017. Teknikutvecklingen har gett ringar på vattnet. Nettovinsten beräknas till 31,4 miljarder dollar i medelscenariot och även ordentligt positivt i de mer försiktiga scenarierna.

Hur kan det vara så mycket? Betänk följande: ett företag eller universitet får del av pengarna och bedriver forskning som leder till ett patent. De första åren är det den som tar patent som har monopol på uppfinningen och kan tjäna pengar efter eget huvud. Uppfinnaren kan licensiera ut användandet eller behålla den för sig själv. Efter patenttidens slut står det vem och vilka företag som helst fritt att använda uppfinningen. Fler företag kan då kostnadsfritt ta del av en teknologi, vilket leder till att de

26) Teknologiska framsteg och kunskap går att nyttja på hela planeten med mycket små extrakostnader på marginalen. Att några använder sig av en miljöteknik hindrar inte andra från att ta del av tekniska genombrottet (förutsatt att resultaten släpps fria).

kan sälja sin produkt billigare, vilket i sin tur gynnar konsumenterna. Andra vinstkällor för samhället är att det blir många uppfinningar som kan användas på andra områden, även om uppfinnaren inte tänkte den tanken.

Inom alla teknikområden finns olika källor till möjlig framtida kostnadsminskning. Teknikutveckling öppnar för nya processer, lärokurvor optimerar existerande processer, learning-by-doing, skalfördelar sprider fasta kostnader och råvarupriser för nödvändiga insatser påverkar alla den slutliga kostnaden för en viss teknik eller process. Vilken av dessa faktorer som är viktigast varierar. Den snabba kostnadsreduktionen på exempelvis vindkraft har framförallt skett genom optimering av existerande processer, medan kostnadsminskning för solceller snarare skett genom forskningsdriven teknikutveckling (Grafström, 2017).

8. Slutsatser och inriktning för framtida forskning

Syftet med denna rapport har varit att visa hur utsläppen och användandet av naturresurser i Sverige har förändrats och att relatera dessa till den ekonomiska utvecklingen. Resultaten är försiktigt uppmuntrande eftersom vi överlag får ut mer välbefinnande av mindre naturresurser. Författarna hoppas att denna rapport ska kunna bidra till en fördjupad och faktabaserad analys, utan att för den sakens skull förminska de stora utmaningarna som finns i Sverige och världen.

Inom speciellt området miljö- och hälsofarliga utsläpp har utsläppen minskat drastiskt. Det går dessutom att flyga mer, åka bil längre sträckor och konsumera generellt – för mindre koldioxid. Sverige har högt ställda mål – resultaten i denna rapport visar att det går att få snabba minskningar av skadliga utsläpp samtidigt som välbefinnandet ökar.

Detta betyder inte att miljö- och hållbarhetsfrågor ska förringas, eller att omställningen till en hållbar ekonomi är fulländad. I klimatfrågan är det definitivt inte bra ställt. I nuläget rör sig jordens samlade befolkning längre bort från klimatmålet, och i en allt snabbare takt. Enligt International Energy Association beräknas koldioxidutsläppen under 2018 ha ökat med 1,7 procent, till 33,1 miljarder ton. Andra organisationer har än högre estimat.

Rapporten syftar inte till att särskilja eller lyfta fram vilka faktorer som har bidragit till den utveckling som beskrivits. Det går dock att konstatera att en kombination av ändamålsenlig miljölagstiftning och relaterad teknikutveckling är nödvändigt för en omställning. Men mer forskning om just dessa frågor välkomnas.

Referenser

- Abramovitz, M. (1956). Resource and output trends in the United States since 1870. In Resource and output trends in the United States since 1870 (pp. 1-23). NBER.
- Aluminium.org <https://www.aluminum.org/product-markets/aluminum-cans>
- Ausubel, J. H. (2015). The return of nature: how technology liberates the environment. Breakthru, J, 5.
- Dahmén, E. (1968). Sätt pris på miljön. Samhällsekonomiska argument i miljöpolitiken. Studieförbundet Näringsliv och samhälle, Forum (distr).
- Dasgupta, S., et al., 2002. Confronting the environmental Kuznets curve. *Journal of economic perspectives*, 16 (1), 147–168.
- Del Río, P. (2004.) Public policy and clean technology promotion. The synergy between environmental economics and evolutionary economics of technological change. *International Journal of Sustainable Development*, Vol. 7 (2): 200–216.
- Dietz, S., och Maddison, D. S. 2009. "New Frontiers in the Economics of Climate Change." *Environmental Research Economics*, Vol. (43): 295–306.
- Ehrlich, P. R., Parnell, D. R., & Silbowitz, A. (1971). *The population bomb* (Vol. 68). New York: Ballantine Books.
- Energimyndigheten, 2016. Fossiloberoende fordonsflotta2030 – Hur realiserar vi målet? <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/klimat--miljo/transporter/oppet-forum/sweco/folder--fossiloberoende-fordonsflotta-2030---hur-realiserar-vi-malet-sia-utkast-20160527-a-2.pdf>
- Fasihi, M., Efimova, O., & Breyer, C. (2019). Techno-economic assessment of CO2 direct air capture plants. *Journal of cleaner production*, 224, 957-980.
- Grafström, J. (2017). *Technological Change in the Renewable Energy Sector: Essays on Knowledge Spillovers and Convergence* (Doctoral dissertation, Luleå University of Technology).
- Grafström, J., Hvalgren, N., & Korpi, M. (2018). No 309: Förutsättningar för storskaligt infångande av koldioxid (No. 309). The Ratio Institute.
- Grafström, J., Goñi, M. L., & Korpi, M. Koldioxidinfångning direkt ur luften, dyrt idag – billigt i framtiden?
- Hickel, J., & Kallis, G. (2019). Is green growth possible?. *New political economy*, 1–18.
- IEA, 2019. Global CO2 emissions in 2019. <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019>
- IPCC. (2014a). Summary for Policymakers. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>.
- IPCC (2014b). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to AR5 of the IPCC*. Cambridge University Press.

- Kamb, A., Larsson, J., & Åkerman, J. (2018). Klimatpåverkan från svenska befolkningens flygresor 1990–2017.
- Kavlak, G., McNerney, J., & Trancik, J. E. (2018). Evaluating the causes of cost reduction in photovoltaic modules. *Energy policy*, 123, 700–710.
- McAfee, A. (2019). *More from Less: The Surprising Story of How We Learned to Prosper Using Fewer Resources—and What Happens Next*. Scribner.
- Millar, R. J., Fuglested, J. S., Friedlingstein, P., Rogelj, J., Grubb, M. J., Matthews, H. D., ... Allen, M. R. (2017). Emission budgets and pathways consistent with limiting warming to 1.5 °C. *Nature Geoscience*, 10(10), 741–747. <https://doi.org/10.1038/NGEO3031>
- Naturvårdsverket, 2019. Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser. <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag>
- Pinker, S. (2012). The better angels of our nature: Why violence has declined. Penguin Group USA.
- Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of economic perspectives*, 9(4), 97–118.
- Rogelj, J., Den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H., ... Meinshausen, M. (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature*, 534(7609), 631–639. <https://doi.org/10.1038/nature18307>
- Rogelj, J., McCollum, D. L., Reisinger, A., Meinshausen, M., & Riahi, K. (2013). Probabilistic cost estimates for climate change mitigation. *Nature*, 493(7430), 79–83. <https://doi.org/10.1038/nature11787>
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 98(5, Part 2), S71–S102.
- Rosling, H., Rosling, O., & Rönnlund, A. R. (2018). *Factfulness: tio knep som hjälper dig att förstå världen*. Natur & Kultur.
- Sabin, P. (2013). *The bet: Paul Ehrlich, Julian Simon, and our gamble over Earth's future*. Yale University Press.
- Sandström, C. G. (2016). The non-disruptive emergence of an ecosystem for 3D Printing—Insights from the hearing aid industry's transition 1989–2008. *Technological Forecasting and Social Change*, 102, 160–168.
- SCB, 2017. Vattenanvändningen i Sverige 2015. https://www.scb.se/contentassets/bcb304e-b5e154bdf9aad3fbc063a0d3/mi0902_2015a01_br_miftbr1701.pdf
- SCB-data Transporter och kommunikation: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/transporter-och-kommunikationer/vagtrafik/fordonsstatistik/pong/tabell-och-diagram/personbilar-i-trafik/>
- Scripps Institution of Oceanography at the University of California San Diego, 2018. "Carbon Dioxide in the Atmosphere Hits Record High Monthly Average". <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/2018/05/02/carbon-dioxide-in-the-atmosphere-hits-record-high-monthly-average/>
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C.P., Barnosky, A.D., Cornell, S.E., Crucifix, M., Donges, J.F., Fetzer, I., Lade, S.J., Scheffer, M., Winkelmann, R., and Schellnhuber, H.J. (2018) Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, DOI: 10.1073/pnas.1810141115
- Suganthi, L., och A. Samuel. 2012. "Energy Models for Demand Forecasting: A Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16 (2): 1223–1240.
- SVT, 2019. Utsläpp av växthusgaser i Sverige ökar. <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/utslapp-av-vaxthusgaser-i-sverige-okar>

- UK Committee on Climate Change, 2016. UK climate action following the Paris Agreement. Oktober 2016.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2017), World Population Prospects: The 2017 Revision. (2017). <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html>
- Världsbanken, 2019a. CO2 emissions (kg per PPP \$ of GDP). <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PP.GD>
- Världsbanken, 2019b. GDP growth (annual %). <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>
- Weber, H., & Sciubba, J. D. (2019). The effect of population growth on the environment: Evidence from European regions. *European Journal of Population*, 35(2), 379–402.
- Wiser, R., & Millstein, D. (2020). Evaluating the economic return to public wind energy research and development in the United States. *Applied Energy*, 261, 114449.
- World Meteorological Organization, 2018. "WMO confirms 2017 among the three warmest years on record". <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-confirms-2017-among-three-warmest-years-record>
- World Economic Forum, 2019. Europe bucks global deforestation trend. <https://www.weforum.org/agenda/2019/07/forest-europe-environment/>

Statistikällor

- SCB, 2015. Vattenanvändningen minskar i Sverige. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/vattenanvandning/vattenuttag-och-vattenanvandning-i-sverige/pong/statistiknyhet/vattenuttag-och-vattenanvandning-i-sverige-2015/>
- SCB, (2017) Vattenanvändningen minskar i Sverige Statistiknyhet från SCB <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/vattenanvandning/vattenuttag-och-vattenanvandning-i-sverige/pong/statistiknyhet/vattenuttag-och-vattenanvandning-i-sverige-2015/>
- SCB, (2020). Sveriges befolkning <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/sveriges-befolkning/>
- SCB (2019a). <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/miljorakenskaper/pong/tabell-och-diagram/materialflodesrakenskaper/materialflodesrakenskaper-1998-2018/>
- SLU (2017). http://skogsstatistik.slu.se/pxweb/sv/OffStat/OffStat__ProduktivSkogsmark__Areal/PS_Areal_%c3%a5ldersklasser_1923_tab.px/table/tableViewLayout2/?rxid=36937726-8152-4684-8311-07445fe66ba7
- Naturvårdsverket – Inrikes transporter: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>
- Naturvårdsverket – Flygresor per person <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Flygresor-per-person/>
- Naturvårdsverket: Konsumtionsbaserade utsläpp av växthusgaser i Sverige och andra länder <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-Sverige-och-andra-lander/>
- Sveriges Miljömål. Flygresor per invånare: <http://www.sverigemiljomal.se/miljomalen/generationsmalet/flygresor-per-invanare/>

Figur 1, 2 – BNP per CO²

SCB nationalräkenskaperna <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper/nationalrakenskaper-kvartals-och-arsberakningar/pong/tabell-och-diagram/diagram/bruttonationalprodukten-bnp-real-bnp-och-real-bruttonationalinkomst-bni-ar/>

Naturvårdsverket. Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser. <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag>

Figur 3, 4 – Konsumtionsbaserade utsläpp av växthusgaser i Sverige och andra länder

Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-Sverige-och-andra-lander/>

Figur 5, 6, 7, 8 – Utsläpp inrikes transporter

<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>

<https://www.ekonomifakta.se/fakta/energi/energibalans-i-sverige/anvandning-av-fossila-branslen/>

Figur 9, 10 – Flygresor

Naturvårdsverket. Antal flygresor per invånare. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Flygresor-per-person/>

Sveriges Miljömål. Antal flygresor per invånare. <http://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/generationsmalet/flygresor-per-invanare/>

Växthusgasutsläpp från den svenska befolkningens flygresor <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-den-svenska-befolkningens-flygresor/>

Figur 11, 12, 13, 14 – Bränsleanvändning

Svenska petroleuminstitutet, volymer: <https://spbi.se/statistik/volymer/>

Svenska petroleuminstitutet, volymer drivmedel <https://spbi.se/statistik/volymer/volymer-drivmedel/>

Genomsnittlig bensin diselanvändning Sverige – Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Bransleanvandning-for-bensin--och-dieselbilar/>

Bensin diesel i bilar effektivitet, Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Bransleanvandning-for-bensin--och-dieselbilar/>

Figur 15 Elanvändning

Energimyndigheten: https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/%c3%85rlig%20energibalans/%c3%85rlig%20energibalans...Total%20anv%c3%a4ndning%20av%20energi-varor/EN0202_5.px/

Figur 16, 17, 18 – Vattenanvändning:

SGU, 2020. Grundvattennivåer april. https://www.sgu.se/grundvatten/grundvattennivaer/grundvattennivaer_aktuellt_manadsskifte/

Vattenanvändningen minskar i Sverige Statistiknyhet från SCB 2017-10-11 9.30 <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/vattenanvandning/vattenuttag-och-vattenanvandning-i-sverige/pong/statistiknyhet/vattenuttag-och-vattenanvandning-i-sverige-2015/>

http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__MI__MI0902__MI0902E/

Figur 19, Resurseffektivitet:

SCB (2016). <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/miljorakenskaper/pong/statistiknyhet/statistiknyhet-materialflodesrakenskaper-2000-2015/>

SCB (2019b). <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/miljorakenskaper/pong/tabell-och-diagram/materialflodesrakenskaper/utveckling-av-bnp-materialkonsumtion-och-resursproduktivitet-i-sverige/>

Figur 20, 21, 22 - Utsläpp i luften

SCB Statistikdatabasen. http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__MI__MI0108/TotaltUtslapp/table/tableViewLayout1/

Figur 23 - Svavelutsläpp

Naturvårdsverket. Utsläpp av svaveldioxid till luft. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Svaveldioxid-till-luft/>

Figur 24, 25, 26, 27, 28 - Användning jordbruksmark Sverige, Skördar, utsläpp

http://www.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/Amnesomraden/Statistik,%20fakta/Arer/JO10/JO10SM1802/JO10SM1802_kommentarer.htm#BM2

Skördar efter län/riket och gröda. År 1965 – 2018 databas SCB: http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__JO__JO0601/SkordarL/

Potatis: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/jord-och-skogsbruk-fiske/jordbrukets-produktion/skord-av-potatis/pong/statistiknyhet/skord-av-potatis-2018.-preliminara-uppgifter/>

Gödningsmedel: Ex SCB databas: Tillförsel av kväve efter gröda och gödselslag. Urvalsundersökning, se fotnoter. År 1998/1999 - 2015/2016

Försäljning bekämpningsmedel: <http://www.scb.se/mi1305>

Generell markanvändning: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/markanvandning/markanvandning-i-sverige/>

Figur 29, 30 - Skog

Averkning: <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/bruttoaverkning/>

Skogsstatistik: <https://www.slu.se/riksskogs-taxeringen>

RATIO

Den här rapporten studerar hur miljöskadliga utsläpp och användandet av naturresurser i Sverige har förändrats över tid. Resultaten är försiktigt uppmuntrande: Överlag får vi ut mer av mindre.

Sedan år 1990 har Sveriges befolkning ökat med drygt 1,6 miljoner och ekonomin nästan fördubblats. Samtidigt har koldioxidutsläppen minskat med 27 procent mellan åren 1990 och 2018. BNP per koldioxidenhet gick därmed ner med 60 procent under perioden. Inom många fält går det att se exempel på absolut frånkoppling mellan utsläpp och ekonomisk tillväxt, vilket exempelvis kan betyda att när ekonomin växer 1 procent går utsläppen ner 0,5 procent. Inom andra områden går det att se ekonomisk tillväxt som är större än det ytterligare resursutnyttjandet, det vill säga relativ frånkoppling. Ett exempel på relativ frikoppling skulle kunna vara att om bilåkandet i Sverige ökar med 1 procent så ökar utsläppen bara med 0,2 procent.

Sveriges miljömål är ännu inte uppnådda och det finns mycket som behöver göras – men det finns hopp för miljön.

Ratio är ett fristående forskningsinstitut som utvecklar ny kunskap – idéer, perspektiv och resultat – av hög kvalitet och med stor relevans för det svenska näringslivet genom tvärvetenskaplig forskning och tydlig aktörsförankring.

Ratio forskar om hur företagandets villkor kan utvecklas och förbättras och fokuserar särskilt på forskning om arbetsmarknad och lönebildning ur ett företagarperspektiv.

www.ratio.se



RATIO