

arenaidé
Juni 2020

Hållbara investeringar

– hur mycket grön
omställning har vi (inte) råd
med?

Eva Alfredsson
och Mikael Malmaeus

Hållbara investeringar
- hur mycket grön omställning har vi (inte) råd med?
© Författarna och Arena Idé, Stockholm, juni 2020
Omslagsfoto: Daniel Seßler på Unsplash.com
<https://unsplash.com/photos/TC09ZLedL0o>
Rapporten kan laddas ner från www.arenaide.se/rapporter



EVA ALFREDSSON
Eva Alfredsson arbetar som
forskare vid KTH.



MIKAEL MALMAEUS
Mikael Malmaeus är
miljöforskare på IVL
Svenska miljöinstitutet.

I KORTHET	5
TILLVÄXT, INVESTERINGAR OCH NATURRESURSANVÄNDNING	7
DE VIKTIGA INVESTERINGARNA	7
REALKAPITAL ÖKAR PRODUKTIONSKAPACITETEN MEN KOSTAR NATURRESURSER OCH ENERGI.....	8
ATT RÄKNA PÅ INVESTERINGARNAS MILJÖPÅVERKAN – ENERGIINNEHÅLL, CO ₂ OCH MATERIAL	9
SVERIGES ÅRLIGA INVESTERINGAR	11
KOLDIOXIDBUDGETEN OCH ANDRA HÅLLBARHETSBEGRÄNSNINGAR	12
KLIMATET – FRÅN KURSÄNDRING TILL ABSOLUTA HÅLLBARHETSGRÄNSER	12
<i>Koldioxidbudgeten – alternativ allokering över tid</i>	14
<i>Finns det då något sätt att komma ur detta skruvstäd och vinna tid?</i>	14
INVESTERINGARS EFFEKTER PÅ ANDRA KLIMATKRITISKA RESURSER	15
HUR HÅLLBARA ÄR DE SVENSKA INVESTERINGARNA?	16
KOLDIOXIDUTSLÄPP PER INVESTERAD MILJON SEK.....	17
VARJE INVESTERAD MILJON ORSAKAR I GENOMSnitt 30 (15–50) TON KOLDIOXID.....	18
VAD KOSTAR EN GRÖN OMSTÄLLNING – I PENGAR OCH MILJÖ? .	20
PARISAVTALET, AGENDA 2030 OCH EU:S GRÖNA GIV.....	20
SVENSKA GRÖNA INVESTERINGAR OCH SVERIGES KLIMATLAG	21
<i>Energiomställningen</i>	22
<i>Transportomställningen</i>	23
<i>Bostadsbyggande</i>	23
EN BLICK MOT FRAMTIDEN	24
DISKUSSION	26
SLUTORD	30
REFERENSER	31

I KORTHET

De stora ödesfrågorna, klimatkrisen och världssamfundets stora uppslutning bakom FN:s mål om att utrota den värsta fattigdomen och hungern till 2030, har av coronapandemin kommit i skymundan. Många pläderar dock för att såväl akuta stöd till näringslivet som framför allt stimulansåtgärder för att få i gång ekonomin igen efter pandemin bör linjeras med hållbarhetsmålen. Investeringar är här centrala. Dels krävs det stora investeringar för att nå hållbarhetsmålen, dels är investeringar ett effektivt sätt att stimulera ekonomier, både på kort och lång sikt.

Enligt OECD krävs det närmare 7 000 miljarder USD per år de närmaste 20 åren för att nå FN:s hållbarhetsmål. Och Internationella energimyndigheten har räknat ut att energiomställningen kräver fördubblade investeringsnivåer samt att befintliga och kompletterande investeringar inriktas mot hållbar energi. I Sverige är investeringsbehoven enligt Energimyndigheten inte lika höga, vilket beror på att vi redan i dag har en hög andel förnyelsebar energi främst genom vår höga andel vattenkraft.

Investeringar är det som byggt vårt välstånd. De investeringar vi gör nu avgör framtidens möjligheter och vår framtida konsumtionsnivå. Men, samtidigt som investeringar är nödvändiga för att ställa om orsakar de, liksom all annan produktion och konsumtion, utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser och kräver energi och naturresurser.

Mot bakgrund av de mycket stora investeringsbehoven och klimatkrisen bestämde vi oss, innan coronapandemin, för att undersöka hur hållbara befintliga svenska investeringar är. Hur långt räcker vår återstående koldioxidbudget och världens tillgångar av icke-förnyelsebara resurser och hållbara tillgångar av förnyelsebara resurser såsom biomassa? Har vi råd att göra alla de investeringar vi vill göra? Och då menar vi inte om vi har råd finansiellt, utan miljömässigt.

Denna rapport bygger på en forskningsartikel som vi publicerade i *Ecological Economics* 2019.¹ I denna rapport åt Arena Idé har vi avgränsat oss till klimatet. Övriga resurser berörs mer kortfattat. Samtidigt har vi utvecklat andra avsnitt. Vi har adderat ett kapitel som är framåtsyftande där vi utifrån våra resultat räknar på vad de investeringar Sverige behöver göra för att ställa om skulle kosta i koldioxid räknat och om vi har råd inom ramen för vår resterande koldioxidbudget. I analysen har vi ett svenskt perspektiv men ett Sverige som en del av en global omställning.

Våra resultat ska ses som illustrativa. Det krävs betydande resurser för att mer noggrant räkna på den gröna omställningens investeringsbehov, kostnader och effekter på Sveriges resterande koldioxidbudget. Inte desto mindre är det tydligt att det är bråttom att investera. Varje år vi väntar med att investera i koldioxidsnål teknik minskar vår investeringsbudget, dvs. de investeringar vi hinner göra innan den koldioxidbudget vi har kvar för att ha 50

¹ Alfredsson, E., & Malmaeus, M. (2019). Real capital investments and sustainability – The case of Sweden. *Ecological Economics*, 161, 216–224.

procents chans att klara Parisavtalets 1,5-gradersmål. I vår forskning fann vi att en miljon SEK i investeringar orsakar utsläpp på i genomsnitt 30 ton koldioxid. Investeringar är därmed ungefär dubbelt så koldioxidintensiva som konsumtion och produktion. Samtidigt bidrar gröna investeringar till att minska koldioxidutsläppen. Ur ett koldioxidperspektiv är rätt investeringar mycket lönsamma. Våra beräkningar indikerar en möjlig avkastning på tre gånger insatsen på tio års sikt. Men ska vi hinna ställa om inom ramen för koldioxidbudgeten är det bråttom. Ju tidigare vi kommer i gång desto högre blir vår hållbara konsumtionsnivå.

TILLVÄXT, INVESTERINGAR OCH NATURRESURSANVÄNDNING

Investeringar är avgörande. I ekonomisk teori lyfts oftast teknisk utveckling fram som det som gett oss ekonomisk tillväxt och ökat vår levnadsstandard. Det är dock först när de tekniska innovationerna materialiseras i form av investeringar i fysiskt kapital som de långsiktigt och kumulativt (steg för steg) höjer ekonomins produktionskapacitet (Fig. 1, a och b).

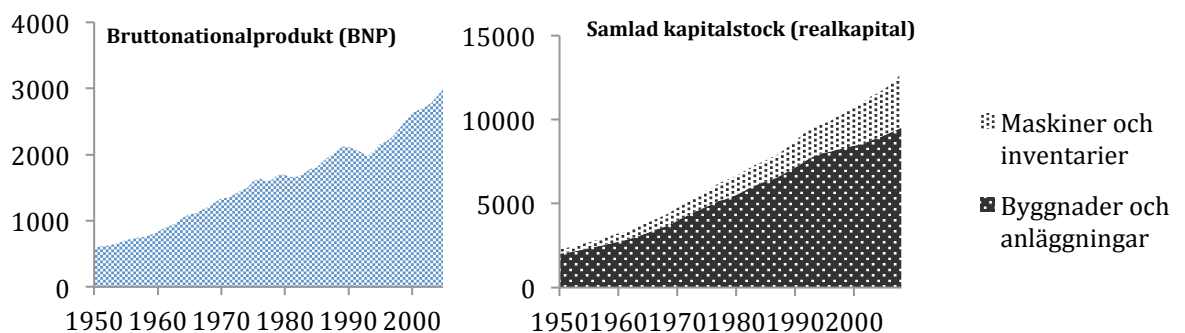
Fysiskt kapital kallas inom nationalekonomin för realkapital och avser byggnader, verktyg, maskiner och andra fasta strukturer. Att öka realkapitalstocken är enligt både teori och praktisk erfarenhet den viktigaste faktorn bakom ekonomisk tillväxt (Barro & Sala-i-Martin, 2004) som i sin tur skapar förutsättningar för ökade inkomster. Det är alltså ofta bra ur ett ekonomiskt perspektiv att investera. Och ordet har också positiva konnotationer. Till den grad att vi ofta använder ordet för att motivera konsumtion – t.ex. när vi säger att vi investerat i ett nytt kök trots att det gamla i funktionell bemärkelse inte var uttjänt.

De viktiga investeringarna

Sveriges totala årliga produktion, BNP, kan användas till konsumtion, investeringar och export (se Ekv. (1)).

$$BNP = \text{konsumtion} + \text{investeringar} + \text{nettoexport (export minus import)} \quad (1)$$

I Sverige har andelen av BNP som nyttjats till investeringar i realkapital varit i stort sett konstant över tiden. Detsamma gäller för de flesta andra utvecklade ekonomier. I Sverige brukar andelen ligga mellan 20 och 25 procent av BNP. Och BNP-tillväxten och tillväxten av kapitalstocken följer varandra (Fig. 1). Kapitalstockens värde är dock ca fyra gånger större än BNP.

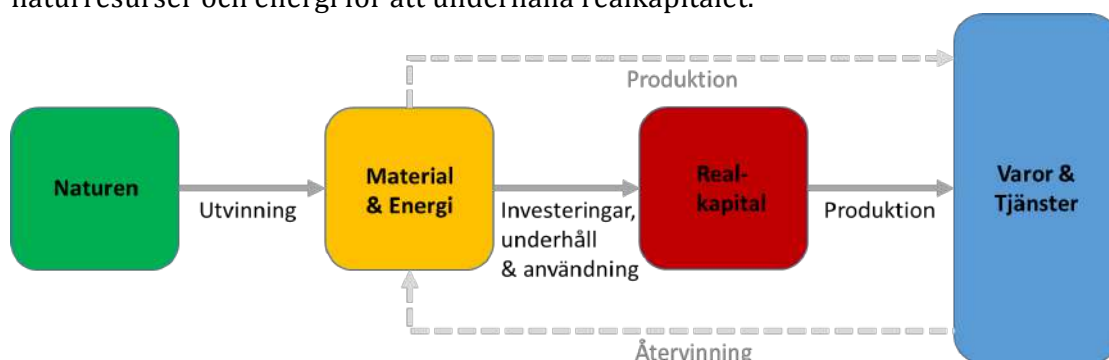


Figur 1. a) Bruttonationalprodukt (BNP) och b) totala lager av realkapital i Sverige 1950–2010. Reala priser (2010), miljarder SEK. Källa: SCB.

Ökade investeringar ökar tillväxten, både på kort och lång sikt. Kortsiktigt leder investeringar till ökad sysselsättning. Långsiktigt leder produktiva investeringar i till exempel maskiner och industrialanläggningar till att vi kan producera mer varor och tjänster (dvs. öka vår BNP).

Realkapital ökar produktionskapaciteten men kostar naturresurser och energi

Realkapitalinvesteringar ökar alltså generellt våra inkomster på både kort och lång sikt. Samtidigt kostar de naturkapital, material och energi. Dels produceras realkapitalet av naturresurser och energi, dels används det sedan tillsammans med energi till att omvandla naturresurser till varor och tjänster. Vidare krävs det naturresurser och energi för att underhålla realkapitalet.



Figur 2. Realkapital som en länk i produktionskedjan. Streckade linjer ligger utanför frågeställningarna i denna rapport.

Det senare innebär att investeringar skapar "stigberoende" då det vi väljer att investera i bestämmer vad vi kan producera och konsumera. Investerar vi till exempel i en flygplats är det med avsikt att använda den och om inget oförutsett händer är det vad vi kommer att göra. De flesta maskiner och produkter är i dag väldigt specialiserade och kan inte utan kompletterande investeringar omdirigeras till annan produktion. Investeringar i realkapital har därför effekter på framtida naturresursanvändning, energianvändning och koldioxidutsläpp. Underhåll och reparationer i redan befintligt kapital redovisas inte som investeringar i nationalräkenskaperna vilket gör att vi inte kan se hur stora kostnaderna är för underhåll av befintliga investeringar. Ett undantag är Statistikbyrån i Kanada där forskare visat att utgifter för att underhålla och reparera både utrustning och strukturer i genomsnitt uppgick till 30 procent av utgifterna för investeringar mellan 1961 och 1993 (McGrattan & Schmitz, 1999).

Investeringar innebär därför kostnader under investeringens livslängd både mätt i monetära mått och i naturresurser, material och energi. Och nyinvesteringar som ökar den samlade kapitalstocken leder till ökade underhållsbehov. Vilket har betydelse både monetärt och ur ett ekologiskt hållbarhetsperspektiv.

Alternativet är strandade tillgångar. Eftersom felinvesteringar innebär ekonomiska förluster är de ett hinder för en grön omställning.

Att räkna på investeringarnas miljöpåverkan – energiinnehåll, CO₂ och material

Det finns i huvudsak två sätt att analysera och mäta investeringars miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Det ena sättet är att göra livscykelanalyser (LCA) genom processororienterade analyser där varje steg i produktionsprocessen analyseras, och det andra sättet är att använda sig av så kallade input-output-analyser. I båda dessa metoder kan energianvändning, koldioxidutsläpp och övrig resursanvändning och miljöpåverkan kartläggas.

Det finns i dag mängder av analyser av produkters miljöpåverkan. En nyligen uppdaterad databas för svensk räkning är gjord av Carlsson Kanyama med flera (2019). Just när det gäller investeringars resursanvändning och miljöpåverkan är det dock lite tunt med forskningsunderlag. En analys av Wang et al. (2015) analyserade koldioxidutsläpp från vägbyggen i Kina mätt som kg CO₂/meter väg, broar och tunnlar. Resultatet visar att 80 procent av utsläppen kommer från utvinningen av de råvaror som används och endast 10 procent från utsläpp på byggarbetsplatsen och 3 procent från transport av byggmaterial. Copiello (2016) har analyserat korrelationen mellan produktionskostnaden och energiinnehåll (ur ett LCA-perspektiv) för olika material och finner ett starkt men logaritmiskt samband, dvs. att energiinnehållet ökar men avtagande med priset. Costanza kom fram till samma resultat 1980 då han med hjälp av input-output-metodik analyserade energiåtgång inkluderande alla insatsvaror inklusive arbete och offentliga tjänster. Hans resultat visade på ett starkt samband mellan energiinnehåll och pris. Dixit med flera (2013, 2017) använde också input-output-metodik för att analysera energi som gått åt vid framställningen av byggnader och byggnadsmaterial. Och deras resultat visar på en stark korrelation mellan energiåtgång och pris. De framhåller dock att det krävs mer forskning för att kunna utveckla en ekvation som baserat på kostnader kan användas för att beräkna energiåtgång.

Kopplingen mellan energianvändning och CO₂-utsläpp beror på vilken energimix som använts. Då produktionen ofta är starkt länkad till globala värdekedjor och global energimix där de fossila bränslena fortfarande dominerar (81 procent fossilt på global nivå 2018, IEA 2019) är korrelationen mot CO₂-utsläpp på global nivå hög.

Utöver energi och CO₂-utsläpp är investeringar liksom all annan produktion och konsumtion kopplad till materialanvändning. UNEP (2011, 2016) har i två omfattande studier analyserat den globala materialanvändningen. Studierna visar att resursanvändningen är linjärt korrelerad med länders BNP-nivå. Resursanvändningen står i sin tur för ungefär hälften av den globala klimatpåverkan (IRP

Ju dyrare insatsvaror och investeringar, desto mer energi har generellt använts, och desto högre CO₂-utsläpp.

*Ju högre
resurs-
användning
desto större
miljöpåverkan
inklusive CO₂-
utsläpp och
energi-
användning.*

2019). Resursanvändningen har accelererat de senaste två decennierna och står för 90 procent av förlusten av biologisk mångfald och vattenstress. Under de senaste 50 åren har materialanvändning och CO₂-utsläpp aldrig under någon längre period stabiliserats eller minskat (IRP 2019).

Resursanvändning, energianvändning och CO₂-utsläpp är alltså starkt relaterade. Förbättringar inom ett område har därför också ofta positiva effekter inom andra hållbarhetsutmaningar. De så kallade tillkommande nyttorna är ofta betydande (Karlsson, Alfredsson & Westling 2020).

Längre fram kommer vi att titta närmare på resursbegränsningar inklusive den resterande koldioxidbudgeten för att nå Parisavtalets målsättning.

FAKTA OM LIVSCYKELANALYSER OCH INPUT-OUTPUT-ANALYSER²

Livscykelanalyser genom processororienterade analyser är resurskrävande och innebär att varje steg i produktionen från "ax till limpa" (från vaggan till graven) analyseras. Analysen omfattar insatsvaror, energianvändning i produktion, användningsfasen och slutligen avfalls- och återvinningssteget. Insatsvarornas resursanvändning analyseras i sin tur för att få en så komplett bild av den totala resursanvändningen som möjligt. Då denna kedja är näst intill oändlig dras det en gräns någonstans. Olika systemgränser leder till olika resultat vilket man bör ha i åtanke när resultat från olika studier jämförs. Livscykelanalyser är en väl beprövad metod och transparensen och jämförbarheten i dag är bättre än den varit tidigare.

Input-output-analyser använder sig av nationell statistik avseende sektorers/branschers resursanvändning som i en matris kartlägger dessas beroende av varandra: Vilka branscher levererar insatsvaror till en viss bransch och till vilka levererar denna bransch sina produkter och tjänster. Matrisen visar ekonomins flöden och skapar en konsistent bild av var resurser används. Länders input-output-tabeller kan kopplas samman så att det skapas en global input-output-tabell. Det finns flera sådana globala databaser som visar hur resurser flödar globalt. Nackdelen med denna metod är att den inte är lika detaljerad som processanalyser. Fördelen är att den är tidseffektiv och konsistent.

Det finns också databaser som kombinerar de två metoderna. I hybridmodeller kombinerar man metoderna för att dra nytta av processororienterade analysers detaljrikedom med input-output-analysernas fördelar såsom att de är tidseffektiva och konsistenta.

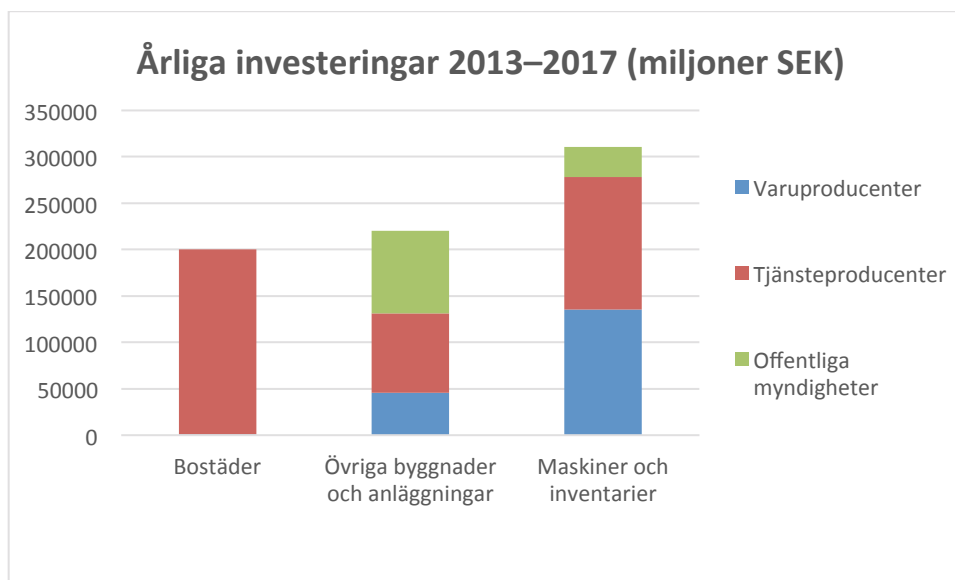
I nästa avsnitt kommer vi att titta närmare på den svenska kapitalstocken. Vad består den av? Vad står vi inför för typ av nyinvesteringar för att ställa om till en hållbarare utveckling?

² Se t.ex.: Steinbach et al. (2019) & Carlsson Kanyama et al. (2019).

SVERIGES ÅRLIGA INVESTERINGAR

Vad är det då för investeringar som görs i Sverige och hur stor andel av dessa är att klassa som hållbara?

År 2017 uppgick de svenska bruttoinvesteringarna i realkapital till 1 160 miljarder kronor, eller cirka 25 procent av BNP. Drygt 80 procent av dessa investeringar skedde inom näringslivet, resten till lika delar inom statliga och kommunala myndigheter. Omkring en fjärdedel av investeringarna sker i immateriella tillgångar (forskning och utveckling, datorprogram, databaser och andra immateriella tillgångar) som vi inte kommer att fokusera vidare på här. I Figur 2 visas mängden årliga (materiella) investeringar uppdelat på typ av investering samt indelat i varuproducenter, tjänsteproducenter och offentliga myndigheter.



Figur 3. Årliga investeringar i Sverige 2013–2017. Miljoner SEK.
Källa: SCB.

Bostäder och andra byggnader (sjukhus, skolor, reningsverk, vägar, broar, järnvägar m.m.) utgör omkring 60 procent och maskiner samt inventarier utgör 40 procent av de materiella investeringarna. Merparten av de materiella investeringarna sker inom tjänstesektorer (offentliga myndigheter inräknade) vilket är värt att notera med tanke på den vanliga föreställningen att tjänsteekonomin är immateriell till sin natur. Tjänstesektorerna är dock beroende av realkapitalinvesteringar liksom tillverkningsindustrin. Tjänstesektorns produktion är emellertid oftast mer arbetsintensiv och i lägre utsträckning materialintensiv jämfört med tillverkningsindustrin vilket innebär att tjänstesektorn i genomsnitt har ett lägre ekologiskt fotavtryck.

Inom tjänstesektorn är det framför allt fastighetsbolagen som står för en stor del av investeringarna – hundra procent av bostäderna och merparten av övriga byggnader och anläggningar. Fastighetsbolagen står också, tillsammans med handel och

transporter, för en stor del av tjänstesektorns investeringar i maskiner och inventarier. Byggnader och anläggningar inom de varuproducerande sektorerna sker till största delen (60 procent) inom energi och VA, men även inom jord- och skogsbruk samt i tillverkningsindustrin. Samma sektorer (främst tillverkningsindustrin, 50 procent) dominerar även varuproducenternas investeringar i maskiner och inventarier.

Nuvarande investeringar inom energisektorn (ca 40 miljarder SEK per år) sker huvudsakligen inom förnybar energi, bland annat inom vindkraft. Av de offentliga investeringarna läggs omkring 55 miljarder på infrastruktur varav en tredjedel på järnväg.

Värdet på realkapital i nationella räkenskaper beräknas med den så kallade PIM-metoden (perpetual inventory method), i vilken värdet på kapitalinvesteringar under ett visst år läggs till det befintliga kapitalbeståndet, samtidigt som tillgångarnas livslängd och avskrivning korrigeras. Detta innebär att kapitalbeståndet representeras av dess produktionskostnad som vanligtvis är mer stabil över tid än marknadsvärdet på kapitaltillgångar. Kapitalbildningen avser ökningen av kapitalet netto efter avskrivningar.

KOLDIOXIDBUDGETEN OCH ANDRA HÅLLBARHETSBEGRÄNSNINGAR

Vad är då hållbara investeringsnivåer?

I vår vetenskapliga artikel³ analyserade vi hållbarhetskriterier för koldioxidutsläpp, för energianvändning och för de naturresurser som utgör huvudbestandsdelarna. I denna rapport fokuserar vi på klimatet. Men vi ger också en översiktlig bild av hur hållbara investeringarna är när det gäller de relaterade resurserna energi och virke.

Klimatet – från kursändring till absoluta hållbarhetsgränser

På en global nivå har vi redan passerat gränser för vad som av forskarna bakom studien "Planetary boundaries" (Rockström et al. 2009) definierat som en hållbarhetsgräns när det gäller klimatet. Gränsen ligger på 350 ppm och koldioxidkoncentrationen i atmosfären har nu passerat 400 ppm. I februari 2020 var koncentrationen 413 ppm.⁴

Enligt studien kan "överträdelse av en eller flera planetariska gränser vara skadliga eller till och med katastrofala på grund av risken för att korsa trösklar som kommer att utlösa icke-linjära,

³ Alfredsson, E., & Malmaeus, M. (2019). Real capital investments and sustainability – The case of Sweden. *Ecological Economics*, 161, 216-224.

⁴ Mauna Loa Observatory, Hawaii (NOAA-ESRL), Preliminära data från [februari 2020](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html), <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html>

plötsliga miljöförändringar inom kontinental till planetariska system".

Med det sagt skulle vi kunna sätta punkt och konstatera att alla investeringar som orsakar koldioxidutsläpp är ohållbara. Givet var vi befinner oss måste vi dock sätta mål som är realistiska. Parisavtalets målsättning är att hålla utsläppen under max 2 grader och eftersträva 1,5 grader.

Länge har ambitioner för att minska klimatpåverkan handlat om att hejda ökningen av koldioxid och därefter minska de årliga utsläppsnivåerna – att skifta utvecklingen i en mer hållbar riktning. Då koldioxid stannar kvar länge (hundratal år) i atmosfären och det är den ackumulerade halten i atmosfären som avgör den globala uppvärmningen finns det absoluta nivåer som inte får överskridas om klimatförändringarna ska begränsas.

Forskare har därför räknat på hur stor den resterande koldioxidbudgeten är. Den globala koldioxidbudgeten är den totala mängd koldioxid som kan släppas ut för att med en viss sannolikhet klara ett visst temperaturmål. Det har gjorts många beräkningar på hur stor den resterande koldioxidbudgeten är för att klara Parisavtalets mål. De olika beräkningarna skiljer sig åt beroende på vilka antaganden och metoder som använts.

I vår vetenskapliga artikel utgick vi från den koldioxidbudget som publicerats i Nature och som gällde för 2017 (Figueres et al. 2017). Sedan dess har budgeten minskat då utsläppen till atmosfären fortsatt. Under 2018 släppte världens länder ut sammanlagt omkring 42 Gt CO₂ varav ca 14 procent beror på förändrad markanvändning såsom exempelvis avskogning (Global Carbon Projekt). Utsläpp från markanvändning är svårberäknade men har under senare år stått för ökade utsläpp samtidigt som utsläppen som härrör från användningen av fossila bränslen ökat marginellt (0,6 procent under 2018).

Under 2020 förväntas utsläppen minska som en konsekvens av coronapandemin. Med hur mycket är dock för tidigt att säga.

Den resterande budgeten år från 2020 är omkring 500 Gt CO₂ (Forster et al. 2018, IPCC). Denna budget är beräknad utifrån IPCC:s scenario AR5 och ger en 50-procentig chans att begränsa uppvärmningen till 1,5 grader – givet att koldioxidbudgeten inte överskrids.⁵ Den globala återstående budgeten ska sedan fördelas i tid och rum baserat på olika etiska principer. Den metod vi valde är den egalitära och utgår från att alla personer har samma rätt att släppa ut. Utsläppsutrymmet i ett land (eller geografiskt område) är då proportionellt mot andelen personer som bor i delområdet.

I vårt fall är Sveriges koldioxidbudget från 2020 knappt **670 miljoner ton CO₂** (500 Gt CO₂ gånger Sveriges andel av den globala befolkningen, 10 miljoner/7,5 miljarder, dvs. 0,13 procent). Noteras bör att denna metod att fördela koldioxidbudgeten inte tar hänsyn till Parisavtalets skrivningar om att industriländerna bör ta ledningen i kampen mot klimatförändringen då de historiskt stått för den allra största delen av utsläppen och har störst finansiella

⁵ Vill vi att sannolikheten att klara 1,5-gradersmålet ska vara 67 procent minskar den globala budgeten till 340 Gt CO₂ och Sveriges återstående koldioxidbudget blir 442 miljoner ton.

resurser, och med hänsyn till utvecklingsländernas behov av och rätt till utveckling. Om hänsyn tas till historiska utsläpp skulle Sveriges återstående utsläppsbudget bli betydligt mindre än 670 miljoner ton.

Vi utgår i vår analys ifrån att Sveriges koldioxidbudget från 2020 är på knappt 670 miljoner ton.

Koldioxidbudgeten – alternativ allokering över tid

Under 2018 var Sveriges koldioxidutsläpp 51,8 miljoner ton (jämfört med 2017 är det en minskning med 1,8 procent) vilket innebär att vi med bibehållen utsläppsnivå använder upp den återstående koldioxidbudgeten på 12 år. Om vi minskar våra utsläpp för att nå noll nettoutsläpp 2045 i linje med Sveriges riksdags klimatlag kommer vi att behöva minska koldioxidutsläppen med drygt 10 procent per år.

Naturvårdsverket skriver att det krävs en minskningstakt på 5–8 procent för att nå netto noll 2045, men då räknar de på att utsläppen börjar minska 2015 vilket inte skett. De skriver vidare att målet om nettonollutsläpp kan ske även om minskningen sker sent under perioden men bortser då från ett koldioxidbudgetperspektiv, dvs. att det är den totala mängden utsläpp som har betydelse för att uppnå

Parisavtalets målsättning.

Utifrån ett produktionsperspektiv⁶ orsakas Sveriges koldioxidutsläpp (exklusive utrikes transporter) till ca en tredjedel av transporter, en tredjedel av industrin, drygt 13 procent från jordbruk, knappt 10 procent el och värme, 6 procent arbetsmaskiner, drygt 2 procent avfallsförbränning och knappt 2 procent uppvärmning av bostäder.⁷

Om man i stället räknar utsläppen ur ett konsumtionsperspektiv och inkluderar de utsläpp som sker i andra länder när produkter och tjänster produceras för export till Sverige ökar de svenska koldioxidutsläppen till 90 miljoner ton koldioxidekvivalenter år 2017. De konsumtionsbaserade utsläppen inkluderar offentliga sektorns konsumtion och samhällets investeringar i exempelvis byggnader och infrastruktur.

Finns det då inget sätt att komma ur detta skruvstäd och vinna tid?

Det enda sättet att öka koldioxidbudgetens storlek och skapa utrymme för ökade utsläpp är att öka koldioxidsänkorna. Detta kan ske via ökad biologisk tillväxt såsom trädplantering som binder koldioxid och att tillväxten av biomassa inte förbränns utan lagras i till exempel byggnader av trä eller i marken. Vidare kan utvecklade jordbruksmetoder öka inlagringen av kol i marken. Det finns också möjlighet att avskilja koldioxid i industriella anläggningar och lagra

⁶ Produktionsbaserade växthusgasutsläpp är utsläpp från ekonomiska aktörer som bidrar till Sveriges BNP. En viktig skillnad jämfört med de territoriella utsläppen är att även internationella transporter (s.k. internationell bunkring) ingår som en skattning av de utsläpp som svenska ekonomiska aktörer orsakar utomlands. Territoriella utsläpp omfattar utsläpp inom Sveriges gränser och beräknas baserat på detaljerade data om aktiviteter som utförs inom landet (bottom-up).

⁷http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_MI_MI0107/TotaltUtslappN/table/viewLayout1/

koldioxid i berggrunden, så kallad CCS-teknik. CCS-teknik kan i dagsläget dock endast bidra marginellt till att öka koldioxidbudgeten och teknikutvecklingen har gått långsamt. Tekniken är dyr och skapar inget annat mervärde än att minska koldioxidutsläppen. Trädplanteringar är billigare men med osäkerheter då träden kan komma att huggas ner och förbrännas eller drabbas av skogsbränder som då frigör det bundna kolet.

Investerings effekter på andra klimatkritiska resurser

I vår vetenskapliga artikel inkluderade vi alla de resurser som i volym och kostnader utgör huvuddelen av det som investeringar består av. I denna rapport avgränsar vi oss till klimatfrågan och koldioxidutsläpp från förbränning av fossila bränslen. Vi inkluderar dock även översiktligt resultatet från tidigare genomförda analyser av effekter på energianvändning och skogsråvara då dessa resurser är kritiska för en omställning till klimatneutralitet. Och då det i vissa fall finns en målkonflikt mellan dessa resurser. Minskade koldioxidutsläpp kan i vissa fall förutsätta ökad energianvändning och ökad användning av skogsråvara.

Vi har i vår bedömning av om investeringarna är hållbara utgått ifrån global tillgång till resurserna och sedan räknat ut Sveriges andel genom att dividera med Sveriges befolkningsandel.

Energi

Många hållbarhetsproblem går att lösa givet tillgång till billig koldioxidfri energi. Men även om investeringarna i hållbar energi ökar kraftigt kommer tillgången under de årtionden som återstår för att nå Parisavtalets målsättning (fram till 2050) att vara begränsad. Ökad efterfrågan på energi gör det svårare att öka andelen förnyelsebar och tvärtom. Vi inkluderade därför energi i analysen om hållbara investeringar.

Efterfrågan på energi ökar globalt. Den internationella energiorganisationens (IEA) statusrapport för 2019 redovisade en kraftigare ökning av efterfrågan på energi än tidigare år. Energianvändningen ökade 2018 med 2,3 procent vilket är nästan dubbelt så mycket som genomsnittet sedan 2010. Orsaken är ökade behov av både uppvärmning och kylning i många delar av världen, främst Kina, USA och Indien (IEA 2019). Samtliga energislag ökar men trots att ökningstakten för förnybart är kraftig är andelen fortfarande låg. Över 80 procent av den globala energimixen består fortfarande av fossila bränslen och mindre än 20 procent av förnyelsebara energikällor (IEA 2019). I Sverige har vi en lägre andel fossila bränslen i vår energimix genom god tillgång till vattenkraft, kärnkraft och en ökad andel förnyelsebar energi. I april 2020 stängde Sveriges sista kolbaserade kraftvärmeverk (kraftvärmeverk 6 på Värtaverket).

Vad är då en hållbar energianvändning? I vår analys har vi utgått ifrån IEA:s 450-scenario som är ett scenario framtaget med syfte att klara Parisavtalets minimikrav (50 procents chans att begränsa den globala temperaturökningen till 2 grader).

Detta scenario bygger på en global årlig energitillförsel på cirka 170 000 TWh (IEA, 2019). Baserat på detta scenario uppgår den svenska andelen till cirka 220 TWh per år.

Virke (träråvara)

I övergången till en hållbar ekonomi är det huggsexå på biomaterial. "Koka, såga, bränna eller bevara?" är en klassisk frågeställning inom skogsbranschen som i huvudsak avgjorts av relativa priser. Utifrån ett hållbarhetsperspektiv aktualiseras denna fråga ur andra perspektiv.

En forskningsöversikt från 2010 (Haberl et al.) kommer fram till att den globala tekniska primära bioenergipotentialen 2050 ligger i intervallet 160–270 EJ/år om hållbarhetskriterier beaktas. De drar slutsatsen att tidigare studier överskattat potentialen för bioenergigrödor men bedömer att rester från livsmedelsproduktion och skogsbruk kan ge betydande mängder energi baserat på en integrerad optimering ("kaskadanvändning") av biomassaflöden.

Gränsen för hållbar användning av biomassa i vår studie är att användningen inte får överstiga den globala årliga tillväxten. Vi har utgått från en global avverkning på 3 miljarder m³ (Köhl et al. 2015). Nyare studier indikerar dock att denna nivå är för hög för att vara koldioxidneutral.

Enligt den globala skogsresursbedömningen av FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation (FAO) ökade de totala globala växande bestånden med 0,7 procent mellan 1990 och 2015. Samtidigt har den mängd kol som skogen binder minskat med 13,6 miljarder ton C (Köhl et al. 2015). Dessa till synes motstridiga resultat förklaras av att koldensiteten är högst i de delar av världen där de växande bestånden minskar. Baccini et al. (2017) finner således att tropiska skogar (över tropiska Amerika, Afrika och Asien) är en nettokolkälla på 425 Tg C per år.

Ungefär hälften av skogstillväxten, dvs. 1 500 miljoner m³, kan användas för timmerproduktion. Det motsvarar ca 630 miljoner ton (förutsatt att trädets densitet är 420 kg/m³). Sveriges andel av den globala tillgången är ungefär 0,8 miljoner ton per år. Om vi i stället tar Sveriges skogsproduktion som utgångspunkt ökar vår tillgång till skogsråvara 20 gånger.

HUR HÅLLBARA ÄR DE SVENSKA INVESTERINGARNA?

Hur hållbara är då de nuvarande svenska investeringarna?

Koldioxidutsläppen per investerad miljon kronor varierar mellan typer av investeringar. Vi har främst utgått ifrån svenska studier då energimixen har stor betydelse och då Sverige har låga utsläpp från elproduktion på grund av hög andel vattenkraft, kärnkraft samt allt högre andel vindkraft.⁸

⁸ Se t.ex. Energiläget 2019: <http://www.energimyndigheten.se/energilaget>

IVA (2014) har med hjälp av livscykelanalyser kartlagt utsläppen från byggande av olika typer av bostäder, byggnader och infrastruktur såsom vägar, järnvägar, vatten- och reningsverk och värmeverk. Boverket (2014) har med hjälp av input-output-analys gjort motsvarande beräkningar. Och i ett samverkansprojekt mellan Boverket och Naturvårdsverket togs det fram klimatscenarier för bygg- och fastighetssektorn (2019).⁹ Projektet syftade till att utveckla en metod som visar framtida utsläpp från bygg- och fastighetssektorn. I studien jämförs olika metoder för att beräkna klimatpåverkan från byggsektorn.

IVA (2014) kommer fram till att de årliga koldioxidutsläppen uppgår till omkring 10 miljoner ton koldioxidekvivalenter inom bygg och anläggningsverksamhet och fördelar sig enligt följande.

- 1,5 miljoner ton vid byggnation av flerbostadshus
- 2–3 miljoner ton vid byggnation av kontorshus och offentliga lokaler
- 0,3-0,5 miljoner ton vid byggande av småhus
- 3 miljoner ton vid byggande av vägar och järnvägar
- 3 miljoner ton vid byggande av andra anläggningar såsom vatten- och reningsverk, el- och värmeverk.

Boverket (2014) kommer fram till lägre nivåer på totalt ca 7 miljoner ton CO₂.

Vid konstruktion av byggnader står materialproduktionen för merparten av koldioxidutsläppen (84 procent, varav produktionen av betong står för hälften) medan resterande utsläpp (16 procent) sker vid själva byggandet (inklusive transporter). Vid vägbyggnation står grundläggningsarbeten för den största delen av koldioxidutsläppen.

Koldioxidutsläpp per investerad miljon SEK

Enligt Boverkets beräkningar hamnar koldioxidutsläppen per investerad miljon SEK på i genomsnitt **24 ton koldioxidutsläpp inom byggsektorn** och **51 ton koldioxidutsläpp vid byggnation av vägar och järnvägar** (2017 års priser). Som jämförelse kommer en japansk studie fram till mellan 36 och 48 ton koldioxidutsläpp per miljoner SEK för järnvägsinvesteringar.¹⁰

När det gäller **maskiner och inventarier** är det knepigare att beräkna klimatpåverkan eftersom det rör sig om många olika typer av investeringar, men om vi antar att den genomsnittliga utsläppsintensiteten inom tillverkningsindustrin är någorlunda representativ så blir siffran **26 ton koldioxid per miljoner investerade SEK**.

Utifrån de olika studierna och inräknat en viss osäkerhet bedömer vi sammantaget att följande utsläppsintensiteter är representativa för svenska investeringar: 15–30 ton/MSEK för bostadshus, 25–50 ton/MSEK för övriga byggnader och anläggningar (inklusive vägar och järnvägar, vatten- och

⁹ Klimatscenarier för bygg- och fastighetssektorn. Förslag på metod för bättre beslutsunderlag. En samverkansåtgärd mellan Boverket och Naturvårdsverket inom ramen för Miljömålsrådets arbete. 2019

¹⁰ Ha et al. 2011. En svensk krona motsvarar ungefär 11 japanska yen.

reningsverk, el- och värmeverk) samt 25–30 ton/MSEK för maskiner och inventarier.

Sveriges totala koldioxidintensitet beräknat som utsläpp av CO₂-ekvivalenter per BNP är i genomsnitt drygt 11,2 ton per miljon SEK (52 miljoner ton CO₂e/4621 miljarder) utifrån ett nationellt perspektiv, dvs. utsläpp inom Sveriges gränser.¹¹ Om vi i stället räknar Sveriges koldioxidintensitet utifrån ett

konsumtionsperspektiv, dvs. de utsläpp som orsakas genom vår konsumtion (oavsett om den sker i Sverige eller i ett annat land), är koldioxidintensiteten 19,5 ton per miljon SEK (90 miljoner ton CO₂-ekvivalenter/4621 miljarder SEK).

I genomsnitt är investeringar alltså nästan dubbelt så koldioxidintensiva som genomsnittlig produktion och konsumtion. Det innebär vidare att övrig konsumtion och produktion har en genomsnittlig koldioxidintensitet på 5,7 och 16,5 ton per miljon SEK beroende på om man använder ett nationellt perspektiv eller ett konsumtionsperspektiv.¹²

Investeringar har enligt våra källor en genomsnittlig koldioxidintensitet på runt 30 ton CO₂ per investerad miljon inom ett intervall från 15 till 50 ton CO₂/MSEK.

Varje investerad miljon orsakar i genomsnitt 30 (15–50) ton koldioxid

I avsnittet om Sveriges investeringar kunde vi se att bostäder (2017) stod för ca 200 miljarder SEK, övriga byggnader och anläggningar för ca 220 miljarder SEK och maskiner och inventarier för ca 310 miljarder SEK. Om vi använder dessa siffror för att uppskatta de totala koldioxidutsläppen för investeringar i Sverige blir resultatet 2,8–5,7 miljoner ton för bostäder, 5,2–11,0 miljoner ton för övriga byggnader (sjukhus, skolor, industribyggnader etc.) och anläggningar (vägar, järnvägar, reningsverk, el, värmeverk etc.) och 7,3–8,8

miljoner ton för maskiner och inventarier. De totala koldioxidutsläppen från investeringar i Sverige uppgår alltså till mellan **15 och 25 miljoner ton per år** (Tabell 1b).¹³

Investeringarna utgör då omkring 30–50 procent av Sveriges totala utsläpp på knappt 52 miljoner ton 2018. Investeringarna utgör alltså en betydligt större andel av utsläppen än deras kostnadsandel av BNP.

De totala koldioxidutsläppen från investeringar i Sverige uppgår alltså till mellan 15 och 25 miljoner ton per år och utgör 30–50 procent av Sveriges totala utsläpp

Investeringarna förbrukar årligen därmed 2–4 procent av den återstående koldioxidbudgeten och övriga utsläpp från produktion och konsumtion 4–6 procent. I takt med att koldioxidbudgeten minskar blir investeringarnas andel större om inte dessa också blir

¹¹ Denna beräkning utgår ifrån den nivå som Sverige rapporterar in till FN och UNFCCC:s rapporteringsriktlinjer och exkluderar förändrad markanvändning.

¹² Beräkningar som använder ett livscykelperspektiv bör generellt jämföras med konsumtionsbaserade siffror om inte produktionen i huvudsak skett i Sverige.

¹³ Skillnaden mot IVA:s siffror beror på att deras inte inkluderar maskiner.

CO₂-effektivare vilket i sin tur är avhängigt hur andra länder lyckas förändra sin CO₂-intensitet. 2025 kommer investeringarna, om de är lika stora, förbruka 4–7 procent av den kvarvarande budgeten. Investeringarna bör dock bidra till att utsläppen närmar sig netto noll 2045.

På tio år har investeringarna förbrukat 20–40 procent av koldioxidbudgeten om de ligger kvar på nuvarande nivåer. Om de skulle fördubblas (som exempelvis IEA föreslår, se nedan) skulle de förbruka dubbelt så mycket (40–80 procent) och lämna en mycket liten del kvar till konsumtionsbehoven.

Tabell 1: Uppskattad resursanvändning och CO₂-utsläpp från olika typer av investeringar i Sverige.

a) Resursanvändning och CO₂-utsläpp per investerad MSEK

	Bostäder	Övriga byggnader och anläggningar	Maskiner och inventarier	Genomsnittlig påverkan
CO ₂ (ton)	15–30	25–50	25–30	30
Energianvändning (MWh)	75	75 – 165	245	145
Timmer (ton)	5	5		5

b) Resursanvändning och CO₂-utsläpp per år från investeringar

	Bostäder	Övriga byggnader och anläggningar	Maskiner och inventarier	Totalt
CO ₂ (miljoner ton)	2,8 – 5,7	5,2 – 11,0	7,3–8,8	15–25
Energianvändning (TWh)	15	17–36	76	108–112
Timmer (ton)	900 000	1 000 000		1 900 000

När det gäller energiåtgången var den totala årliga energianvändningen i Sverige 370 TWh 2015, vilket är 70 procent mer än den svenska globala andelen. Utifrån våra beräkningar använder svenska realkapitalinvesteringar mellan 42 och 45 procent av Sveriges andel av 450-scenariot (vars svenska andel är cirka 220 TWh per år). För att energianvändningen ska vara hållbar behöver vi i grova drag fördubbla energieffektiviteten på konsumtionssidan.

Virke och biomassa är en hållbar och förnyelsebar resurs givet att vi inte använder mer än den årliga tillväxten. Gränsen för hållbar användning av biomassa i vår studie är att användningen inte får överstiga den globala årliga tillväxten. Vi har utgått från en global avverkning på 3 miljarder m³ (Köhl et al. 2015) trots att nya studier indikerar att denna nivå är för hög för att vara koldioxidneutral.

Utifrån Sveriges andel av den globala tillväxten av skogsbiomassa på 0,8 miljoner ton är investeringarnas användning 230 procent av Sveriges hållbara andel timmer. Om vi skulle ta den svenska skogsbiomassaproduktionen som bas skulle det resultera i tjugo gånger mer timmer och sätta aktuell användning inom

hållbara gränser. Det förutsätter dock en nationell gräns för hållbarhet.

Våra resultat visar att det inte är en hållbar strategi att kompensera och ersätta fossila bränslen med åtgärder som ökar energianvändningen och inte heller användningen av biomassa och biobränslen, givet ett globalt perspektiv där dessa resurser ska fördelas rättvist.

En given nästa fråga är hur stora CO₂-utsläpp omställningen till ett mer hållbart samhälle skulle orsaka. I nästa kapitel tittar vi närmare på några av de investeringar som skulle behövas för att minska de totala koldioxidutsläppen.

VAD KOSTAR EN GRÖN OMSTÄLLNING – I PENGAR OCH MILJÖ?

Parisavtalet, Agenda 2030 och EU:s gröna giv

Ökade investeringar globalt anses nödvändiga för att nå FN:s hållbarhetsmål och klimatmålen. Enligt OECD:s beräkningar krävs det investeringar på 6,9 biljoner USD per år fram till 2030 för att nå de globala hållbarhetsmålen och Parisavtalets klimatmål (OECD).

Om vi bara tittar på investeringsbehoven på energisidan beräknar det internationella energiorganet (IEA) och Internationella byrån för förnybar energi (IRENA), IEA/IRENA, att det globalt krävs investeringar på 3,5 biljoner USD per år till 2016–2050. Det är en fördubbling av investeringsnivån i energisektorn jämfört med 2015.

IEA och IRENA inkluderar i sin analys investeringar i teknik med låga koldioxidutsläpp inom kraftproduktion, transport, byggnader och industri (inklusive uppvärmning och kylning) som behövs för att underlätta minskningen av koldioxid i dessa sektorer (OECD/IEA & IRENA, 2017). Deras analys är baserad på en antagen CO₂-budget på 790 Gt för energisektorn. Även om deras koldioxidbudget för energisektorn är högre än den återstående koldioxidbudgeten för att klara Parisavtalet, se föregående avsnitt, drar de slutsatsen att utmaningen är stor. Givet en global koldioxidbudget på 600 Gt koldioxid för att uppnå Parisavtalet måste IEA/IRENA-analysen och ambitionen anpassas till den nya budgeten, samt ge utrymme för utsläpp från konsumtion. IEA/IRENA-planen står rimligen inför en rejäl revidering.

Ytterligare, men förmodligen också överlappande, investeringar behövs för att uppnå målen för hållbar utveckling, som i utvecklingsländerna beräknas ligga i

Ökade investeringar globalt anses nödvändiga för att nå FN:s hållbarhetsmål och klimatmålen – men det görs sällan någon analys av effekter på klimat och resurs-användning.

storleksordningen 3,3 till 4,5 biljoner dollar per år (OECD, 2016).

EU:s gröna giv som presenterades i januari 2020 är tänkt att mobilisera minst 1 biljon euro, eller 100 miljarder euro per år, fram till 2030 i hållbara investeringar inom energi, transporter och renovering av byggnader. Detta är mycket pengar men lite i jämförelse med vad IEA och OECD räknar med behövs.

Svenska gröna investeringar och Sveriges klimatlag

På svensk nivå finns det också en del uppskattningar av investeringsbehoven även om det saknas en övergripande sammanställning. Den klimatpolitiska handlingsplanen talar om behovet av investeringar, investeringsfonder och ansvar, men ger inga siffror på det totala investeringsbehovet utifrån klimatomställningen. Mycket handlar om industrins omställning, och investeringarna handlar mycket om FoU snarare än om fysiska investeringar. Ordet investering nämns 146 ggr, så det är uppenbart att de anses viktiga för omställningen.

Energimyndigheten (2018) har tagit fram fyra olika scenarier för 100 procent förnybar el i Sverige där olika förnybara energikällor utnyttjas i olika grad. Oavsett scenario bedömer myndigheten att cirka 100 TWh el behöver ersättas till och med 2040-talet. Kostnaden för detta påverkas inte så mycket av vilket scenario som används och beräknas till cirka 600–1 400 miljarder över en 20-årsperiod.

I den **Nationella planen för transportsystemet 2018–2029** som beslutades av regeringen 31 maj 2018 aviseras kraftigt ökade anslag till järnvägen för att möjliggöra en upprustning och återställa dess funktionalitet på stora delar av nätet. I planen ingår också utveckling och ny teknik för att modernisera järnvägen. Totalt satsar staten 622,5 miljarder kronor. I planen fördelas de 622,5 miljarderna på:

- 125 miljarder kronor till drift och underhåll av statliga järnvägar
- 164 miljarder kronor till drift och underhåll av statliga vägar
- 334 miljarder kronor till utveckling av transportsystemet.

Denna plan inkluderar inte utbyggnaden av höghastighetsjärnvägar. Detta är en investering som förutsätter kompletterande finansiering. Höghastighetsjärnväg planeras mellan Stockholm och Malmö samt mellan Stockholm och Göteborg. Totalt omfattar den ca 75 mil ny järnväg med stationer för av- och påstigning i 13 orter. Det finns två alternativa utbyggnadsförslag där det ena ger en topphastighet på 350 km/h och det andra 250 km/h.

Höghastighetsjärnväg med en topphastighet på 350 km/h har högre investeringskostnader men betydligt lägre underhållskostnader än höghastighetsjärnväg med en topphastighet på 250 km/h.

Att **energirenovera miljonprogrammets** bostäder är ytterligare ett förslag för att minska CO₂-utsläppen från

bostadssektorn. En siffra från EU-projektet Cityfied¹⁴ visar att kostnaden för energirenoveringar i bostadsområdet Linero i Lund uppgår till ca 1400 SEK/m². Som ett räkneexempel skulle en energirenovering av 500 000 lägenheter på 57 kvadratmeter vardera kosta i storleksordningen 40 miljarder SEK, och ge en besparing av CO₂-utsläpp motsvarande storleksordningen 300 000 ton per år.

Hur hållbara är då dessa investeringar? Hur mycket av koldioxidbudgeten äter de upp? Nedan använder vi de siffror som finns och som vi redovisade i förra kapitlet för att skatta investeringarnas koldioxidutsläpp och andel av Sveriges resterande koldioxidbudget.

Energiomställningen

Om vi utgår ifrån Energimyndighetens bedömning att 100 TWh behöver tillföras det svenska energisystemet och använder en typisk CO₂-intensitet enligt LCA-studier – vilket brukar ligga på 10–20 g CO₂/kWh för förnybart – så innebär detta CO₂-utsläpp på cirka 1–2 miljoner ton per år eller omkring **20–40 miljoner ton för hela satsningen**. Livslängden för vindkraftverk och solceller uppskattas till omkring 20 år.

I fråga om huruvida kärnkraft skulle vara ett alternativ, vilket ibland föreslås, så kan vi till att börja med konstatera att ingen ny kärnkraft kommer att vara i drift under de närmsta en–två decennierna på grund av den långa byggnationstiden. För sakens skull kan det ändå vara intressant att uppskatta hur mycket CO₂ som genereras av 10 TWh utbyggd kärnkraftskapacitet. Det är omdiskuterat hur mycket CO₂ kärnkraftsproduktion genererar i ett livscykelperspektiv men en sammanställning från Stanford University (Jacobson, 2009) ger ett spann på mellan 9 och 70 g CO₂/kWh. Att bygga ut kärnkraften med 10 TWh (från nuvarande 60–70 TWh) skulle då generera i storleksordningen 90 000 till 700 000 ton CO₂ per år. Spannet beror på en mängd faktorer, men en trolig skillnad mellan olika studier är antagen livslängd hos reaktorer. Vi antar att den i de flesta fall ligger mellan 40 och 60 år. Det ger i så fall mellan 3,6 miljoner och 42 miljoner ton CO₂ över hela kärnkraftens livscykel. Av utsläppen utgörs den största delen av bränsleframställningen medan ungefär 15 procent uppstår vid byggnationen. Det betyder att själva investeringen av 10 TWh kärnkraft skulle motsvara 0,5 till 6 miljoner ton CO₂. Och för att göra siffran jämförbar med investeringar i förnyelsebar energi ovan skulle kärnkraftssatsningen ge utsläpp på totalt 5–60 miljoner ton, eller **36–420 miljoner ton för en kärnkraftsatsning** i samma storleksordning som Energimyndighetens scenarier i förnybar energi (100 TWh). Dock är satsningarna ju inte helt jämförbara då livslängden för förnyelsebart bara är ungefär hälften av kärnkraftens. Samtidigt genererar kärnkraften ett radioaktivt avfall och denna fråga är ännu inte löst. Det finns självfallet mängder av ytterligare skillnader som vi här inte går in på och som ligger utanför denna studies syfte.

¹⁴ <http://www.cityfied.eu/>

Transportomställningen

För transportinvesteringarna i den Nationella planen för transportsystemet 2018–2029 finns inga specifika beräkningar av investeringarnas CO₂-utsläpp men om vi utifrån våra egna siffror antar att 50 ton CO₂ genereras per investerad miljon blir resultatet **31 miljoner ton CO₂ för hela satsningen och 6,3 miljoner ton för järnvägssatsningen.**

För höghastighetståg finns beräkningar från Trafikverket som anger ett genomsnitt på 8,4 ton CO₂ per kilometer byggd järnväg. Skulle 75 mil höghastighetsjärnväg byggas skulle det följaktligen innebära utsläpp på 6,3 miljoner ton CO₂.

En annan viktig del av transportomställningen gäller övergången från bensin- och dieseldrivna bilar till elbilar. En rapport från International Council on Clean Transportation (ICCT, 2018) går igenom forskning om hur rena elbilarna egentligen är, vilket framför allt beror på vilken el som används. Redan innan bilarna börjar rulla på vägarna sker dock utsläpp i samband med batteritillverkning och övriga utsläpp vid fabrikerna. Studien anger som exempel att en Renault Zoe med 41 kWh-batteri kan släppa ut mellan 2,3 och 20 ton CO₂ innan den tas i drift. Att ersätta två miljoner svenska bensinbilar med sådana elbilar – ungefär hälften av den befintliga personbilsflottan – skulle därmed generera **4,6 till 40 miljoner ton CO₂.**

Bostadsbyggande

Det beräknade byggbehovet för riket är drygt 640 000 nya bostäder under tioårsperioden 2018–2027, det vill säga cirka 64 000 nya bostäder per år i genomsnitt (Boverket 2018¹⁵). Av det totala behovet beror en del på befolkningsökning (antal hushåll). Drygt 160 000 bostäder bedöms som ett underskott, dvs. ett behov av att bygga i kapp en brist på bostäder.

Prognosen bygger på SCB:s befolkningsprognos från april 2018 (SCB). Sammantaget innebär det 334 000 bostäder 2020–2025.

Boverkets beräkningar innebär att bostadsbyggandet generellt behöver öka med 35 procent, och vi kan schablonmässigt skala upp vår egen beräkning för de årliga utsläppen från denna sektor (2,8–5,7 miljoner ton för bostäder/år) till 3,7–7,6 miljoner ton CO₂ per år. Fram till 2025 innebär det 22,5–45,8 miljoner ton CO₂.

Det saknas beräkningar av hur olika typer av åtgärder minskar byggandets klimatpåverkan. I samverkansprojektet Klimatscenarioer för bygg- och fastighetssektorn mellan Boverket och Naturvårdsverket listas en rad åtgärder som kan vidtas. Åtgärderna inkluderar minimering av materialåtgången (reduktion), minskning av CO₂-utsläppen inom cement- och ståltillverkning, ökad återanvändning och återvinning av material, ökad användning av biobränsle, elektrifiering av maskiner och transporter, minskad bo- och arbetsyta per person etc.

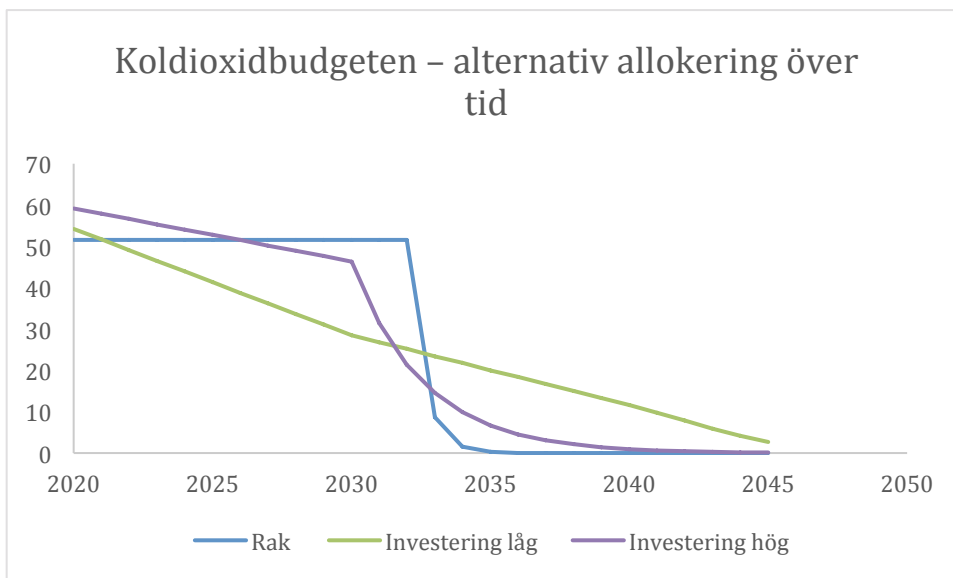
¹⁵ <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsmarknaden/behov-av-bostadsbyggande/byggbehovsberakningar/>

En blick mot framtiden

De investeringar som enligt ovan kan ses som nödvändiga inklusive omställning till hållbar energi och hållbara transporter och bostadsbyggande uppgår enligt våra beräkningar till storleksordningen 60–170 miljoner ton CO₂. Det är 9–25 procent av en total budget på 670 miljoner ton. Det är samtidigt långt ifrån en fullständig bild av alla investeringar som skulle kunna inkluderas, exempelvis i gång- och cykelvägar, e-vägar, kollektivtrafik, laddstolpar, fler investeringar inom industrin såsom de som pekas ut i de 21 färdplaner för fossilfri konkurrenskraft som tagits fram av svenska branscher inom ramen för regeringsinitiativet Fossilfritt Sverige. I det senare ingår anläggningar för produktion av fossilfri vätgas som kan användas för att producera koldioxidfritt stål, bioraffinaderier för att producera mer hållbara biodrivmedel och biogas, och investeringar i CCS-teknik, koldioxidinfångning och lagring av koldioxid.

Det är svårt att veta i vilken utsträckning de gröna investeringar vi gett som exempel ovan skulle minska koldioxidutsläppen ifrån resten av ekonomin. Givet att vi ställer om i storleksordningen halva personbilsflottan och gör omfattande investeringar inom såväl transportsektorn som energisektorn och bostadssektorn bedömer vi det som rimligt att de årliga koldioxidutsläppen i Sverige kan minska någonstans mellan 25 och 50 procent. Om vi utifrån detta skissar på ett optimistiskt scenario (låga utsläpp – 60 miljoner ton CO₂ – från investeringar och hög utväxling – 50 procent minskade utsläpp) och ett pessimistiskt scenario (170 miljoner ton CO₂ och 25 procent minskade utsläpp) kan vi bilda oss en uppfattning om vad vi faktiskt har råd med utifrån vår koldioxidbudget.

Utsläppen är 51,5 miljoner ton CO₂ per år 2020. Låt oss anta att investeringarna sker jämnt utspritt under tio år och får full effekt år 2030, så att de årliga utsläppen minskar linjärt med 5 procent per år i det optimistiska scenariot och med 2,5 procent per år i det pessimistiska scenariot. Ackumulerat blir nettoeffekten av investeringar (utsläpp investeringarna orsakar minus de minskade utsläpp de resulterar i) 425 miljoner ton CO₂-utsläpp i det optimistiska scenariot och 495 miljoner ton CO₂-utsläpp i det pessimistiska scenariot. Låt oss vidare anta att hälften av de föreslagna hållbarhetsinvesteringarna är kompletterande investeringar och alltså ökar den ordinarie investeringsnivån och därmed inte finns med i de årliga utsläppen, så blir de ackumulerade utsläppen 455 miljoner ton CO₂ i det optimistiska scenariot och 580 miljoner ton CO₂ i det pessimistiska scenariot. Därmed återstår 225 respektive 100 miljoner ton CO₂ av Sveriges koldioxidbudget, eller 15 respektive 6,5 miljoner ton per år fram till 2045 då vi ska ha nått netto noll utsläpp.



Figur 4. Alternativa sätt att fördela den resterande koldioxidbudgeten (670 miljoner ton CO₂) fram till 2045.

En fråga att ställa är vad som händer om vi väntar med dessa investeringar. Om utsläppen fortsätter i två år på nivån 51,5 miljoner ton CO₂ per år innan minskningarna påbörjas kommer hela budgeten att vara förbrukad år 2032 i det pessimistiska scenariot. I det optimistiska scenariot skulle motsvarande ske om investeringarna dröjer mer än fyra år. Det är också uppenbart att dessa investeringar i sig inte tar oss hela vägen ner till nollutsläpp. Vad mer behöver göras för att nå dit? Sannolikt finns ytterligare investeringar att göra, med tillhörande koldioxidavtryck, men förändringar behöver också göras inom våra produktions- och konsumtionsmönster.

DISKUSSION

Bekymrande men inte oväntade resultat visar att dagens investeringar är ohållbara på lång sikt

Investeringarnas avgörande betydelse för övergången till en mer hållbar ekonomi är odiskutabel. Men samtidigt som mer hållbara investeringar kan minska resursanvändningen och utsläppen på lång sikt kräver de resurser och släpper ut CO₂ vid investeringstillfället. Och skapar ett anspråk på framtida utsläpp då investeringarna ska användas, underhållas och renoveras.

I vår vetenskapliga studie som publicerades 2019 visade våra beräkningar att nuvarande investeringar i Sverige inte är hållbara. Den analysen inkluderade CO₂-utsläpp, energianvändning, virke, stål, aluminium, sand och grus.

I denna rapport fokuserar vi på klimatfrågan och redovisar endast översiktligt resultaten för de klimatrelaterade resurserna energi och skogsråvara. Syftet med rapporten är att illustrera våra forskningsresultat som indikerade ett behov av ett budgetperspektiv när det gäller koldioxidutsläppen. Detta då det är de kumulativa utsläppen som ökar koncentrationen i atmosfären och måste begränsas för att vi ska kunna nå Parisavtalets målsättning och ha en chans att begränsa uppvärmningen till så nära 1,5 grader som möjligt. Ett andra syfte är att visa på investeringarnas betydelse. På lång sikt är det viktigare med hållbara investeringar än hållbar konsumtion, eftersom investeringarna innebär ett spårberoende. Det vi investerar i avgör i hög utsträckning vår framtida välfärd och hur hög vår hållbara konsumtionsnivå blir. Investerar vi i dag i hållbara transportlösningar kan vi resa mer och hållbarare i framtiden.

I Sverige utgör realkapitalinvesteringar 20–30 procent av BNP men 30–60 procent av koldioxidutsläppen utifrån våra beräkningar. Den kvarvarande CO₂-budgeten sjunker snabbt och med nuvarande utsläppsnivåer tar den slut om drygt 12 år.

Analysen av hur hållbara investeringarna är avseende övrig resursanvändning visar att vi även här står inför betydande utmaningar. Trävaruanvändningen för investeringar i Sverige uppskattas till över 200 procent av en globalt hållbar nivå. Energianvändningen för investeringar använder drygt 40 procent av en hållbar kapacitet enligt våra definitioner, observera att energianvändning för konsumtion då inte är inkluderad.

Siffrorna är dystra men givet det vi redan vet, att vi på global nivå i rika länder och i Sverige överkonsumerar, är resultaten samtidigt inte förvånande.

Att öka investeringarnas andel av BNP på kort sikt kan bidra till högre konsumtionsnivåer på lång sikt

Våra resultat väcker den obekväma frågan om i vilken utsträckning vi har utrymme att inom ramen för koldioxidbudgeten genomföra alla de investeringar som vi vill göra för att få ett hållbarare transport- och energisystem, energieffektiva bostäder etc. Och att

vi i beräkningen måste ta med de anspråk på energi och resurser dessa investeringar innebär för drift och underhåll.

Nuvarande investeringar förbrukar årligen 2–4 procent av den återstående budgeten men i takt med att budgeten minskar blir andelen allt större. 2025 kommer investeringarna, om de är lika stora, förbruka 4–7 procent av den kvarvarande budgeten.

Vår analys visar att investeringar som sannolikt är nödvändiga för att ställa om ekonomin till att bli fossilfri, i kombination med andra nödvändiga investeringar såsom bostadsinvesteringar, kommer att ta en betydande del av vår koldioxidbudget i anspråk. Vi har i vår analys räknat på de investeringspaket som Energimyndigheten och Trafikverket tagit fram samt antagit att hälften av den nuvarande personbilsflottan ersätts av elbilar under kommande årtionde och att bostadsbyggandet följer Boverkets plan. Beräkningarna är illustrativa och långt ifrån kompletta. Resultaten visar att investeringarna skulle resultera i utsläpp på i storleksordningen 60–170 miljoner ton CO₂. Det är 9–25 procent av en total budget på 670 miljoner ton.

Samtidigt leder investeringar sannolikt till minskade utsläpp. I vår analys antar vi att investeringarna kan minska utsläppen med 25–50 procent och att de får effekt successivt under en tioårsperiod. I det optimistiska scenariot (låga utsläpp – 60 miljoner ton CO₂ – från investeringar och hög utväxling – 50 procent minskade utsläpp) blir den ackumulerade nettoeffekten av investeringar 455 miljoner ton CO₂-utsläpp och i det mer pessimistiska scenariot (höga utsläpp – 170 miljoner ton CO₂ – från investeringar och hög utväxling – 25 procent minskade utsläpp) 580 miljoner ton CO₂-utsläpp. Därmed återstår 225 respektive 100 miljoner ton CO₂ av Sveriges koldioxidbudget, eller 15 respektive 6,5 miljoner ton per år fram till 2045 då vi ska ha nått netto noll utsläpp.

Räcker det återstående utrymmet till de kompletterande investeringar som krävs? Det ser ut att bli tufft. Å andra sidan – vad är alternativen och vad händer om vi väntar med att genomföra investeringarna? Vi skissade på att investeringsbesluten skjuts upp – kanske för att vi har fullt upp med krishanteringen av coronapandemin.

Om investeringarna skjuts upp två år kommer hela koldioxidbudgeten vara förbrukad år 2032 i det pessimistiska scenariot. I det optimistiska scenariot skulle motsvarande ske om investeringarna dröjer mer än fyra år.

För att vi ska kunna investera i en omställning till en koldioxidneutral ekonomi inom ramen för Sveriges resterande koldioxidbudget måste investeringsbesluten verkställas snarast och samtidigt vara väl avvägda. En svår kombination men en situation vi försatt oss i genom att inte agera tidigare.

Ytterligare utmaningar, avvägningar och möjligheter

Våra resultat bör som påpekats tidigare ses som vägledande och illustrativa eftersom det är relativt ont om tidigare studier på resursbehov och utsläpp från investeringar. Det finns faktorer som kan underlätta utmaningen men också faktorer som kommer att

göra utmaningen ännu svårare, till exempel ekonomisk tillväxt som hittills, trots effektivitetsvinster, har lett till ökad användning av resurser och utsläpp, och som generellt hänger samman med ökade investeringar. Det betyder att även om CO₂-utsläppen sjunker per investerad krona så sjunker de inte lika mycket i absoluta tal. Tillväxten inom förnybar energi och kostnadsminskningar är positiva trender när det gäller koldioxidutsläpp men det finns också utmaningar.

En ytterligare utmaning rör avvägningar mellan energi- och materialresurser. Investeringar i mycket energieffektiva byggnader minskar långsiktig energianvändning men kräver högre energianvändning i investeringsfasen. Passivhus reducerar till exempel energianvändningen under husets livstid med cirka 50 procent men ökar resurserna och energin som används i byggfasen på grund av tjockare väggar och isolering (Brown et al. 2014; Copielli 2016).

En studie genomförd av Världsbanken (2017) visar att teknologierna som antas för att fylla den rena energiförskjutningen – vind-, sol-, väte- och elsystem – är mer materialintensiva i sin sammansättning än nuvarande traditionella fossila bränslebaserade energiförsörjningssystem.

Det verkar således finnas en viss avvägning mellan resurseffektivitet och energieffektivitet.

Genom att tillämpa principerna för en cirkulär ekonomi kan resurs- och energianvändning minskas samtidigt som värdeskapandet ökar. Detta kan öka den hållbara konsumtionsnivån både på kort och på lång sikt.

Ur ett hållbarhetsperspektiv är det också nödvändigt att diskutera nettoeffekten av investeringarna på koldioxidbudgeten och andra hållbarhetsmål på samma sätt som vi behöver diskutera konsumtionsnivåerna. De flesta politiker och myndigheter är överens om att det råder en bostadsbrist i Sverige, särskilt i storstäderna, och att ett ökat bostadsbyggande därmed är nödvändigt. Detta innebär samtidigt att en stor del av de svenska investeringarna sker i bostäder snarare än i grön omställning.

Beträffande energiomställningen så är behoven större i många andra länder än i Sverige som ju redan har en till stor del koldioxidfri elproduktion. Givet detta skulle det gynna klimatet mer om investeringar i fossilfri energi skedde i andra delar av världen. Sverige och andra rika länder har också enligt Parisavtalet ett ansvar för våra historiska utsläpp vilket skulle kunna tala för att en del av vår koldioxidbudget faktiskt borde användas för investeringar i andra länders gröna omställning.

En grön ny giv

Eftersom BNP är lika med konsumtion plus investeringar är en lösning att under en period öka andelen investeringar och minska andelen konsumtion. Detta då investeringar som minskar resursanvändningen och utsläppen över tid kan öka den långsiktiga hållbara konsumtionsnivån. Hur skulle det gå till? Detta skulle kunna göras genom ökad skatt – en ”klimatvärnskatt” – som

används till ökade investeringar i hållbara transporter, energiomställning och investeringar i bostäders energieffektivitet samt investeringar i hållbara FoU-projekt. Alternativt genom skatteincitament som stimulerar hushåll och företag att öka investeringarna i det som bidrar till ökad hållbarhet. Andra åtgärder som redan är föreslagna är gröna statsobligationer vilket Riksgälden fått i uppdrag av regeringen att ge ut under 2020. Dessa ska enligt regeringens riktlinjer gå till hållbara investeringar och projekt. Som vi diskuterat ovan skulle ökade investeringar sannolikt bidra till att öka utsläppen på kort sikt samtidigt som de kan minska utsläppen över tid och bidra till att en mer hållbar konsumtion blir möjlig i framtiden. Inte desto mindre behöver sannolikt även den materiella konsumtionsnivån begränsas också i framtiden. Som Scocco och Alfredsson skrev 2008 (ITPS, 2008) är alternativet till omfattande investeringar i hållbar infrastruktur stora beteendeförändringar eller till och med minskad ekonomisk aktivitet för att nå klimatmålen.

Coronapandemin har tillfälligt bromsat utsläppen av växthusgaser både från konsumtion och investeringar världen över. Men när den akuta krisen är förbi och ekonomin ska startas upp igen är det avgörande att detta sker på ett för miljön och för klimatet hållbart sätt. EU har som nämndes tidigare redan före krisen beslutat om en grön ny giv på minst 1 biljon euro fram till 2030 för att stärka såväl ekonomin som klimatarbetet. Sannolikt kommer ytterligare satsningar att komma både nationellt och på EU-nivå, liksom i resten av världen, i syfte att stimulera ekonomin efter krisen. För miljön och klimatet är det avgörande att de satsningar som görs är av grön karaktär. Ska flygsektorn och bilindustrin återetableras så måste det ske på marknadsmässiga villkor, inte med subventioner – och antagna styrmedel som flygskatt måste behållas eller rent av stärkas. Coronakrisen kan vara en unik möjlighet att styra rätt en ekonomi som för tillfället saknar en tydlig riktning.

SLUTORD

Resultaten av denna studie avslöjar betydande koldioxidutsläpp och resursanvändning från investeringar och antyder att nuvarande investeringsnivåer i Sverige är ohållbara med tanke på Sveriges rättvisa andel av ett globalt hållbarhetsutrymme. Detta konstaterande överensstämmer med den växande övertygelsen om att mänskliga samhällen för närvarande överskrider flera planetära gränser (Steffen et al. 2015). Med tanke på det starka sambandet mellan ekonomisk tillväxt och investeringsnivåer kan vi anta att trycket på de ekologiska systemen kommer att öka givet fortsatt global ekonomisk tillväxt. Den gröna omställningens miljöeffektivisering måste alltså vara radikalt miljövänligare både avseende CO₂, energianvändning och resursanvändning för att motverka det ökade trycket från ökad konsumtion och befolkningsökning.

De mest kritiska aspekterna av hållbarhet enligt denna studie är koldioxidutsläpp och skogsråvaruanvändning (virke) där de nuvarande effekterna från investeringar ligger över den totala hållbara budgeten och inte lämnar något utrymme för konsumtionen.

Brådskan att ta itu med klimatförändringarna utgör en stor utmaning. Att möta behovet av att böja CO₂-utsläppskurvan nedåt inom några år (Figueres et al. 2017) och sedan fortsätta att minska utsläppen med minst 10 procent varje år under de kommande decennierna innebär att investeringar måste diskuteras utifrån ett koldioxidbudgetperspektiv.

Vi drar slutsatsen att diskussioner behövs både om nivån på de totala investeringarna och sammansättningen av olika typer av investeringar. Vi måste noggrant överväga avvägningar mellan energiintensitet kontra materialintensitet och investeringar kontra konsumtion.

Avslutningsvis vill vi understryka att intentionen med vår analys inte är att ifrågasätta investeringar för en grön omställning. Även om de orsakar koldioxidutsläpp och är resurskrävande kan de om de utformas rätt och är genomtänkta ge stor avkastning över tid. Däremot är vi i ett läge med en mycket begränsad koldioxidbudget, knappa resurser och ont om tid. Vi behöver därför nogsamt analysera hur vi bäst använder den resterande budgeten och ställer om till kraftigt minskad resursanvändning. En grön ny giv som lanserats av EU och som ytterligare aktualiserats i samband med coronapandemins ekonomiska effekter kan rätt utformad bidra till att sänka koldioxidutsläppen från framtida produktion och konsumtion.

REFERENSER

Alfredsson, E. & Malmaeus, M., 2019. Real capital investments and sustainability – The case of Sweden. *Ecological Economics*, 161, 216–224.

Baccini, A., Walker, W., Carvalho, L., Farina, M., Sulla-Menashe, D., Houghton, R., 2017. Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Science* (New York, N.Y.) 358 (6360), 230–234.

Barro R.J. & Sala-i-Martin X., 2004. *Economic Growth*. 2nd Edition, MIT, Cambridge.

Boverket, 2014. *Miljöpåverkan från bygg- och fastighetsbranschen*. Rapport 2014:23

Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., Clement, J. & Cabernard, L., Che, N., Chen, D., Droz-Georget, H., Ekins, P., Fischer-Kowalski, M., Flörke, M., Frank, S., Froemelt, A., Geschke, A., Haupt, M., Havlik, P., Hüfner, R., Lenzen, M., Lieber, M., Liu, B., Lu, Y., Lutter, S., Mehr, J., Miatto, A., Newth, D., Oberschelp, C., Obersteiner, M., Pfister, S., Piccoli, E., Schaldach, R., Schüngel, J., Sonderegger, T., Sudheshwar, A., Tanikawa, H., van der Voet, E., Walker, C., West, J., Wang, Z., Zhu, B. *A Report of the International Resource Panel*. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.

Brown, N.W.O., Olsson, S., Malmqvist, T., 2014. Embodied greenhouse gas emissions from refurbishment of residential building stock to achieve a 50% operational energy reduction. *Building and Environment* 79, 46–56.

Carlsson Kanyama, A., Baraka, N., Benders, R., Berglund, M., Dunér, F., Kok, R., Lopez I Losada, R., 2019. *Analysis of the environmental impacts of 218 consumption items – Greenhouse gas emissions, land use and water use per SEK and kg*. Mistra Sustainable Consumption, Rapport 1:4. Stockholm: KTH.

Copiello, S., 2016. Economic implications of the energy issue: evidence for a positive nonlinear relation between embodied energy and construction cost. *Energ. Buildings* 123, 59–70.

Costanza, R., 1980. Embodied energy and economic valuation. *Science* 210, 1219–1224

Dixit, M.K., 2017. Embodied energy and cost of building materials: correlation analysis. *Build. Res. Inf.* 45, 508–523. <https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1191760>.

Dixit, M.K., Culp, C.H., Fernandez-Solis, J.L., 2013. System boundary for embodied energy in buildings: a conceptual model for definition. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 21, 153–164.

Energimyndigheten, 2018. *Vägen till ett 100 procent förnybart energisystem*. ER 2018:16

Figueres, C., Schellnhuber, H.J., Whiteman, G., Rockström, J., Hobley, A., Rahmstorf, S., 2017. Three years to safeguard our climate. *Nature News* 546 (7660), 593.

Forster, P., D. Huppmann, E. Kriegler, L. Mundaca, C. Smith, J. Rogelj & R. Seferian, 2018. Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development Supplementary Material. I: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the*

impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Portner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pean, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor & T. Waterfield (red.)]. Tillgänglig på <https://www.ipcc.ch/sr15>

Ha H.-K., Yoshida Y. & Zhang A., 2011. Social efficiency benchmarking of Japanese domestic transport services: A comparison of rail and air. *Transportation Research Part D* 16, 554–561.

Haberl, H., Beringer, T., Bhattacharya, S., Erb, K. & Hoogwijk, M., 2010. The global technical potential of bio-energy in 2050 considering sustainability constraints. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(5-6), 394–403.

ICCT, 2018. *Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions*. <https://theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions>

IEA, 2019. *World Energy Outlook 2019*. International Energy Agency, France.

IRP, 2019. *Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want*. Oberle, B., Bringezu, S., Hatfeld-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., Clement, J., and Cabernard, L., Che, N., Chen, D., Droz-Georget, H., Ekins, P., Fischer-Kowalski, M., Flörke, M., Frank, S., Froemelt, A., Geschke, A., Haupt, M., Havlik, P., Hüfner, R., Lenzen, M., Lieber, M., Liu, B., Lu, Y., Lutter, S., Mehr, J., Miatto, A., Newth, D., Oberschelp, C., Obersteiner, M., Pfster, S., Piccoli, E., Schaldach, R., Schüngel, J., Sonderegger, T., Sudheshwar, A., Tanikawa, H., van der Voet, E., Walker, C., West, J., Wang, Z., Zhu, B. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.

ITPS (2008), *Konsten att nå både klimatmål och god tillväxt, Underlag till en klimatstrategi för EU*, Sandro Scocco och Eva Alfredsson, ITPS, A2008:008

IVA, 2014. *Klimatpåverkan från byggprocessen, En rapport från IVA och Sveriges Byggindustrier*.

Jacobson M.Z., 2009. Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. *Energy Environ. Sci.* 2, 148–173.

Karlsson, M., Alfredsson, E. & Westling, N., 2020. Climate policy co-benefits: A review. *Climate Policy*, 20(3), 292–316.

Köhl, M., Lasco, R., Cifuentes, M., Jonsson, Ö., Korhonen, K.T., Mundhenk, P., Jesus, J., Stinson, N.G., 2015. Changes in forest production, biomass and carbon: Results from the 2015 UN FAO Global Forest Resource Assessment. *Forest Ecology and Management* 352, 21–34.

McGrattan, E.R., Schmitz Jr., J.A., 1999. Maintenance and Repair: Too Big to Ignore. vol. 1999. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review* Fall, s. 2–13.

OECD, 2016. *Development Co-operation Report 2016: The Sustainable Development Goals as Business*

OECD/The World Bank/UN Environment, 2018 – *Policy highlights, Financing Climate Futures: Rethinking Infrastructure*

OECD/IEA, IRENA, 2017. *Perspectives for the energy transition – investment needs for a low-carbon energy system*, executive summary/chapter [1/4].

https://www.energiewende2017.com/wp-content/uploads/2017/03/Perspectives-for-the-Energy-Transition_WEB.pdf.

Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen & J. Foley. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. [online] URL:

<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., 2019. *Sustainable Development Report 2019*. New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN).

Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S.E., Fetzer I., Bennett E.M., Biggs R., Carpenter S.R., de Vries W., de Wit C.A. et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347, 736.

Steinbach, N., Palm, V., Cederberg, C., Finnveden, G., Persson, L., Persson, M., Berglund, M., Björk, I., Faure, E. & Trimme C., 2018. *Miljöpåverkan från svensk konsumtion – nya indikatorer för uppföljning. Slutrapport för forskningsprojektet PRINCE*. Swedish Environmental Protection Agency, Report 6842.

UNEP, 2011. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. I: Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romero Lankao, P., Siriban Manalang, A. (red.), *A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel*.

UNEP, 2016. *Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*. United Nations Environment Programme, Paris.

Wang X., Duan Z., Wu L. & Yang D., 2015. Estimation of carbon dioxide emission in highway construction: a case study in southwest region of China. *Journal of Cleaner Production* 103, 705-714.

arenaidé