

KLIMATNEUTRAL KONKURRENSKRAFT

KVANTIFIERING AV ÅTGÄRDER I KLIMATFÄRDPLANER



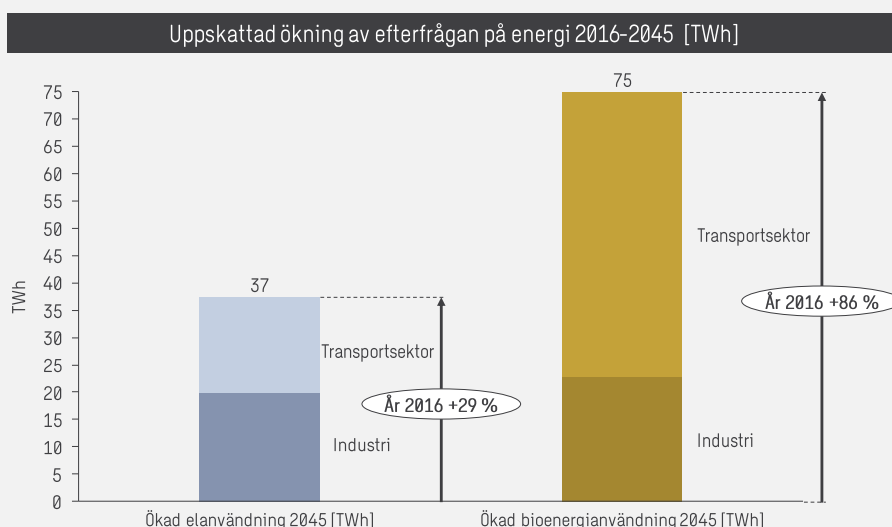
SAMMANFATTNING

Under våren 2018 presenterade nio branscher färdplaner för fossilfrihet eller klimatneutralitet till år 2045. För att åstadkomma utsläppsminskningar av koldioxid kommer övergång till bioenergi och elektrifiering att spela en central roll. Denna studie kvantifierar det ökade behovet av el och bioenergi som åtgärderna i färdplanerna innebär. Studien tar ej hänsyn till marknadsvillkor eller konkurrens om råvara, utan syftar enbart till att kvantifiera den totala efterfrågan som skulle krävas för att genomföra färdplanernas samtliga åtgärder. Vid sidan av branschernas färdplaner inkluderas även delar av transportsektorn och kemiindustrin i studien.

Summeras energibehovet i de granskade sektorerna, ökar den årliga efterfrågan med 37 TWh el och 75 TWh högkvalitativ bioenergi. Detta kan jämföras med Sveriges totala användning av el och bioenergi år 2016 som var 129 TWh el respektive 87 TWh bioenergi. Realiseras samtliga åtgärder innebär det att utsläppen i Sveriges industri och transportsektor minskar med 89 %. Resterande utsläpp är från industrier i branscher som ej omfattats av studien, sjöfartens utsläpp samt utsläpp från industrier i berörda branscher men som ej omfattats av färdplanernas arbete och inte heller inkluderats i något scenario i studien. De sistnämnda utsläppen är i dagsläget komplicerade att reducera med befintlig teknik och åtgärder. Åtgärderna som kvantifierats i de inkluderade industribranscherna och transportslagen leder sammanlagt till en minskning av Sveriges totala koldioxidutsläpp med cirka 62 %.

Behovet av el och bioenergi utgår ifrån energimängderna som krävs för att ersätta fossila bränslen vid dagens produktionsnivå och tar således inte hänsyn till produktionsökningar inom industrin till år 2045. Mängden bioenergi som krävs utgår ifrån den energimängd fossila bränslen som ska ersättas av biologisk råvara. Energibehovet inkluderar ej energiåtgången för att producera dessa högkvalitativa förädlade biobränslen som efterfrågas. För att färdplanerna ska realiseras och det ska vara möjligt att genomföra de beskrivna åtgärderna krävs stora omställningar, tekniksatsningar och investeringar – vilket i sin tur ställer krav på att rätt förutsättningar finns från politik och samhället i stort. Många av de åtgärder som presenteras är enbart i forskningsstadiet och branscherna understryker vikten av politisk vilja, samarbete, ekonomiska förutsättningar och vidare forskning för att omställningen ska vara möjlig.

Figur 1: Uppskattad efterfrågan på el och bioenergi år 2045 om åtgärder i studien realiseras



Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

Copyright © 2018 Sweco Energuide AB

All rights reserved

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without the prior written permission of Sweco Energuide AB.

Disclaimer

While Sweco Energuide AB ("Sweco") considers that the information and opinions given in this work are sound, all parties must rely upon their own skill and judgement when making use of it. Sweco does not make any representation or warranty, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of the information contained in this report and assumes no responsibility for the accuracy or completeness of such information. Sweco will not assume any liability to anyone for any loss or damage arising out of the provision of this report.

Rapportnamn	Klimatneutral konkurrenskraft
Rapportstatus	Publicerad
Datum	2019-01-17
Beställare	Svenskt Näringsliv
Uppdragsledare	Emma Wiesner
Författare	Emma Wiesner, Erica Edfeldt
Kvalitetssäkring	Johan Bruce

INNEHÅLL

INLEDNING	1
Bakgrund.....	1
Syfte	1
Metod	1
Avgränsningar och antaganden	2
KVANTIFIERING AV FÄRDPLANER	5
Färdplan: Betong.....	5
Färdplan: Bygg- och anläggning.....	5
Färdplan: Cement.....	6
Färdplan: Dagligvaruhandeln	6
Färdplan: Gruvor och mineral.....	7
Färdplan: Skogsnäring.....	8
Färdplan: Stål.....	8
SCENARIO: KEMIINDUSTRI, ALUMINIUM OCH RAFFINADERIER	9
SCENARIO: TRANSPORTSEKTOR.....	11
Vägtrafik.....	11
Järnväg.....	13
Sjöfart.....	13
Färdplan: Flyg.....	13
Arbetsmaskiner.....	13
KVANTIFIERING 2045.....	18
Utsläppsreduktion	18
Efterfrågan El.....	22
Efterfrågan Bioenergi.....	24
Utsläppsreduktion per åtgärd.....	26
DISKUSSION AV RESULTAT	27
BILAGOR	28

INLEDNING

BAKGRUND

I april 2018 presenterade nio olika branscher färdplaner för hur de skulle kunna bli fossilfria alternativt klimatneutrala till 2045 med stärkt konkurrenskraft. Färdplanerna har arbetats fram i respektive bransch under 2017-2018, och skett i samverkan med regeringsinitiativet Fossilfritt Sverige. I färdplanerna identifieras nödvändiga teknikskiften, hinder och förslag till hur hinder kan undanröjas för att ställa om till ett konkurrenskraftigt fossilfritt eller klimatneutralt näringsliv. Färdplanerna är inte att likställa med åtaganden, utan pekar ut vad branschen utifrån dagens kunskap tror kan vara möjliga vägar till fossilfrihet eller klimatneutralitet, förutsatt att rätt förutsättningar finns.

Respektive färdplan har en processägare som har varit uppdragsledare för processen att sammanställa färdplanen. Färdplanerna innehåller övergripande strategier och scenarier, och är brett förankrade i respektive bransch. Innehållet i färdplanerna varierar och omfattning, utformningen och arbetet ser olika ut i respektive bransch. Förutom de redan presenterade färdplanerna är ytterligare ett antal färdplaner under arbete och kommer att presenteras under 2019.

Studien utförs av Sweco på uppdrag av Svenskt Näringsliv.

Tabell 1: Branscher och processägare för "Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft" presenterade i april 2018

Bransch	Processägare	Status
Betongbranschen	Betonginitiativet	Presenterad, publicerad
Bygg- och anläggningssektorn	Skanska (implementeringsprocess övertagen av Sveriges byggindustrier)	Presenterad, publicerad
Cementbranschen	Cementa	Presenterad, publicerad
Dagligvaruhandeln	Svensk Dagligvaruhandel	Presenterad, publicerad
Flygbranschen	Svenskt Flyg	Presenterad, publicerad
Gruv- och mineralbranschen	Svemin	Presenterad, publicerad
Skogsnäringen	Skogsindustrierna	Presenterad, publicerad
Stållindustrin	Jernkontoret	Presenterad, publicerad
Åkerinäringen	Sveriges Åkeriföretag	Presenterad, ej publicerad

Källa: Fossilfritt Sverige

SYFTE

Denna studies syfte är att sammanställa ambitionerna i färdplanerna och kvantitativt bedöma vilka utsläppsminskningar som skulle kunna åstadkommas av ett antal tekniska åtgärder som pekas ut i färdplanerna. Därtill uppskattas behov av bioenergi och el för att nå fossilfrihet eller klimatneutralitet till år 2045. Studien skall även inkludera kvantifiering av delar av kemibranschens samt transportsektorns samlade behov av el- och bioenergi för att fasa ut fossila utsläpp till 2045. Efterfrågan på biomassa utanför energi- eller industriprocesser inkluderas inte. I analysen inkluderas de färdplaner som presenterades under våren 2018 där branschen har egna utsläpp. De branscher där utsläppen företrädesvis finns i dess värdekedjor och hos leverantörer inkluderas inte.

METOD

Arbetsprocessen

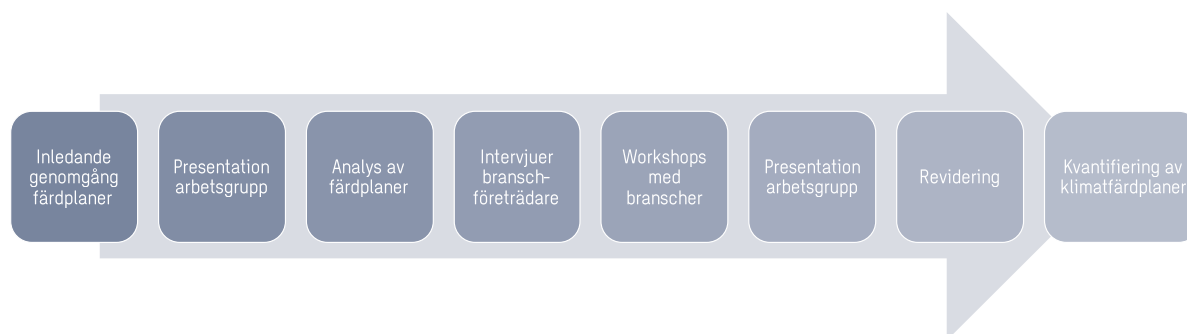
Arbetet har bestått av att systematiskt gå igenom de publicerade klimatfärdplanernas antaganden och föreslagna åtgärder. För de färdplaner som innehåller kvantifierade behov och uppskattad energiåtgång för framtida processer har dessa värden sammanställts. För de färdplaner där antaganden ännu inte kvantifierats har scenarion kvantifierats med hjälp av data från färdplanerna i de fall det har varit möjligt och där ytterligare information har krävts har dialog förts med berörda aktörer för att möjliggöra kvantifiering av scenarion och antaganden.

Arbetsprocessen har innehållit analys och litteraturgenomgång av de presenterade färdplanerna, ett tiotal intervjuer med branschföreträdare och andra involverade på enskilda bolag, två workshops tillsammans med branschföreträdare, medverkan och dialog på Svenskt Näringslivs arbetsgrupp för energi- och klimatfrågors arbetsmöten samt kontinuerliga

möten och avstämningar med Svenskt Näringsliv, se Figur 2 för processens delsteg. Arbetsprocessen har inkluderat följande moment:

- Inledande presentation för Svenskt Näringslivs arbetsgrupp för energi- och klimat
- Genomgång av preliminära resultat för Svenskt Näringslivs arbetsgrupp för energi- och klimat
- Workshop med Skogsindustrierna
- Workshop med Transportföretagen och Teknikföretagen
- Intervjuer med företrädare från branschen

Figur 2: Visualisering av kvantifieringens metod



Källa: Sweco

I denna rapport presenteras färdplanerna per bransch. Generellt beskrivs de färdplaner där siffror enkelt kunde extraheras ut något mer kortfattat medan de som krävt något mer analys, intervjuer och kvantifiering av Sweco beskrivs något mer utförligt. Övriga industribranscher och transportsektorn har inte utarbetat branschomfattande färdplaner. För kemiindustri, aluminiumproduktion och raffinaderier har scenarier tagits fram baserat på underlag från branschen samt intervjuer med bransch- och företagsföreträdare. För transportsektorn har framförallt FFF-utredningen använts som underlag, som sedan vidarearbetats i dialog med branschen.

AVGRÄNSNINGAR OCH ANTAGANDEN

Koldioxidutsläpp

För branschernas koldioxidutsläpp används Naturvårdsverkets utsläppsstatistik för 2016 som referensdata för utsläppen¹. Dessa data har även validerats med hjälp av registrerade utsläpp inom EU ETS för berörda företag 2016². Data för EU:s handelssystem med utsläppsrätter inkluderar dock endast de anläggningar som uppfyller kriterier för att omfattas av systemet. Detta innebär att mindre anläggningar och producenter inte redovisas inom EU ETS. Naturvårdsverkets data har därför använts som utgångspunkt då det är dessa utsläpp som redovisas i nationell statistik. Utsläppsmängderna omfattar samtliga utsläpp från industrin och dessa data inkluderar även transportsektorn. Naturvårdsverkets data redovisas i utsläppskategorier, dessa har därefter allokerats på respektive bransch, se Tabell 8 i Bilagor. Att notera är dock att Naturvårdsverkets statistik för koldioxidutsläpp från arbetsmaskiner är simulerade data och inte baserade på faktiska utsläpp³. Koldioxidutsläpp kvantifieras i enheten ktonCO₂-ekvivalenter (benämns förenklat som koldioxidutsläpp i denna rapport).

Energibehov

Energibehovet kvantifieras i rapporten i enheten TWh. Energibehovet för industrin beräknas enligt bibehållen produktionsnivå enligt 2016 års nivåer. Ingen hänsyn tas till eventuellt ökad produktion eller ökad efterfrågan av varor och tjänster. För transportsektorn antas befolkningstillväxt och samhällstrender påverka transportsystemet. Transportbehovet prognostiseras enligt den statliga utredningen "Fossilfrihet på väg"⁴, vars prognoser bygger på Trafikverket och Trafikanalys transportprognoser. FFF-utredningen genomfördes 2013, sedan dess har SCB ändrat sina befolkningsprognoser för befolkningstillväxt. Denna prognosjustering konstateras endast påverka prognostiserat transportbehov år 2050 marginellt⁵.

Då el ersätter fossila drivmedel för att utföra transportarbete minskar energibehovet tack vare elmotorernas effektivitet och verkningsgrad. De höga förlusterna i bensin- och dieslbilar gör att det krävs mer energi att framdriva en bil med diesel eller

¹ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-0/Vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/>

² <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Utslappshandel/Resultat-och-uppfoljning/Listor-over-utslapp-och-tilldelning/>

³ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-0/Vaxthusgaser-utslapp-fran-arbetsmaskiner/>

⁴ <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2013/12/sou-201384/>

⁵ https://www.trafikverket.se/contentassets/7e1063efbcfd4b34a4591b0d4e00f855/2018/oversikt_prognosresultat_basprognoser_20180401.xlsx

bensin jämfört med eldrift. Vid konvertering till eldrift används 30 % av energibehovet som schabloniserad uppskattning av elbehovet.

Bioenergi är en diversifierad uppsättning bränslen med olika kvalitéer och egenskaper. Energiinnehållet i exempelvis grenar och toppar (GROT) eller bark skiljer sig markant ifrån högvärdigt biokol eller biogasol. Denna studie är avgränsad till en första grov uppskattning för att kvantifiera behovet av bioenergi och specificerar inte exakta kvalitéer eller egenskaper av biobränslen som efterfrågas. Bioenergi kvantifieras därför i enheten, TWh, men tar inte ställning till bioenergens kvalitativa egenskaper. Inte heller tas ställning till energin och resurserna som krävs för att producera bränslet.

Den el som nyttjas år 2045 antas vara koldioxidneutral och både el och bioenergi antas därmed medföra noll nettoutsläpp.

Tillgång på bränslen och energi

Studien är avgränsad till att enbart ta hänsyn till efterfrågan på el och biobränslen ur ett tekniskt perspektiv. Färdplanerna pekar ut en riktning för branschen för att uppnå fossilfrihet baserat på tekniska förutsättningar. Studien tar ej hänsyn till förväntade marknadspriser, tillgång, ekonomiska förutsättningar eller konkurrenssituation på bränslemarknaden. Exempelvis kan konstateras att flera industrigrenar efterfrågar högkvalitativa biobränslen. Hur dessa ska tillverkas eller tillgången till dessa analyseras inte i studien, som enbart kvantifierar efterfrågan.

Koldioxidavskiljning (CCS/CCU)

Tekniker för att fånga upp och lagra koldioxid (Carbon Capture and Storage, CCS) eller att fånga upp för att sedan nyttja koldioxiden (Carbon Capture and Usage, CCU) är ännu under utvecklingsstadiet och hur tekniken kommer att mogna är ännu osäkert. I Europa, och inte minst i Norge, pågår pilotprojekt och tester för hur tekniken ska nyttjas i stor skala. CCS och CCU återkommer i flera klimatfärdplaner som en viktig lösning för att reducera koldioxidutsläpp.

Processen för att fånga in och komprimera koldioxid är energikrävande. Hur stor energiåtgången är skiljer sig i olika studier och det är osäkert hur mycket el som kommer att förbrukas av anläggningar i större skala. Det multidisciplinära forskningsprojektet North European Power Perspectives presenterade underlag till IVA – vägval el⁶, i vilken energianvändningen uppskattas vara 0,2–0,3 MWh per ton infångad koldioxid. Antagen elanvändning för CCS antas därför till 0,25 MWh/ton CO₂.

Transporter & arbetsmaskiner

Transportsektorn återkommer i flertalet färdplaner och många branscher är beroende av en omställning i transportsektorn för att nå klimatneutralitet. Eftersom transportsektorn påverkar nästintill alla branscher bör dess omställning tas hänsyn till konsekvent och enhetligt. Denna studie granskar därför den nationella transportsektorn i dess helhet. De delar i färdplanerna som berör transporter kommer därför inte inkluderas, utan beräknas enhetligt i avsnittet om transporter. Även arbetsmaskiner ingår i transportsektorn och dessa analyseras således i avsnittet om transportsektorn. Internationella transporter ingår ej i Sveriges klimatmål och behandlas inte heller i färdplanerna. Utsläpp från internationella transporter har därför exkluderats i denna studie. Svensk flygindustri har kvantifierat bioenergiebehovet för att nå fossilfrihet för internationellt flyg, detta har därför inkluderats i studien, i övrigt är det dock den nationella transportsektorn som avses.

Övriga åtgärder i färdplanerna

Det finns många åtgärder i ett flertal färdplaner som syftar till ett effektivare resursutnyttjande och ökad energieffektivitet. Exempel på sådana åtgärder är materialoptimering, resurseffektivisering, klimatsmart upphandling, ökad samverkan och digitalisering. Syftet med dessa åtgärder är att minska utsläppen genom att effektivisera processer och arbetsmetoder inom vissa sektorer. Effekterna av dessa åtgärder är komplexa att kvantifiera och har därför inte beräknats i denna rapport.

Produktionsnivåer industri

Beräkningarna i rapporten utgår ifrån oförändrade produktionsnivåer i industrin. Det är dock ett osannolikt scenario. Dels på grund av omvärldsfaktorer som exempelvis konjunktursvängningar. Dels för att en förutsättning för de stora investeringar som åtgärderna i de olika branscherna kommer att kräva är att dessa bedöms som lönsamma, och då är kapacitetsökningar och ökade produktionsnivåer sannolika förutsättningar för sådana investeringsbeslut.

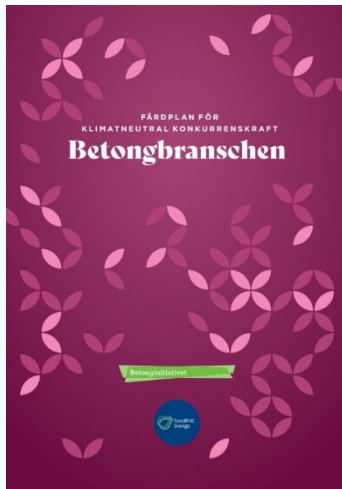
Studien inkluderar enbart de direkta utsläppen och tar exempelvis inte in den positiva klimateffekt svensk industriproduktion innebär då den ofta leder till att industriproduktion med sämre klimatprestanda trängs undan. Studien tar inte heller hänsyn till livscykelperspektiv av produkter.

⁶ <http://www.energienkommissionen.se/app/uploads/2015/09/Slutrapport-Elanv%C3%A4ndningen-i-Sverige-2030-2050.pdf>

Summering antaganden: Generella antaganden
Koldioxidutsläpp baseras på data från Naturvårdsverket, 2016 uppdelning av utsläpp per kategori enligt uppdelning av Sweco efter diskussion med branschföreträdare
Energibehovet för industrin antar i studien bibehållen produktionsnivå enligt 2016 års nivåer
Referensscenario för transportbehovet 2050 prognostiseras enligt statliga utredningen "Fossilfrihet på väg"
Sweco uppskattar att 30 % av energibehovet krävs när eldrift ersätter fossila drivmedel i transporter.
Bioenergi kvantifieras i TWh i studien, utan att ta hänsyn till dess kvalitet, egenskaper eller biomassaåtgång för att producera dem
Kvantifiering av efterfrågade bränslen i branscherna görs enbart ur ett tekniskt perspektiv för att nå fossilfrihet. Hänsyn tas ej till tillgång, ekonomi eller utbud på marknaden.
Sweco antar att elanvändningen för CCS/CCU uppskattas vara 0,25 MWh/ton CO ₂ baserat på data från North European Power Perspectives
Transportsektorns omställning inklusive arbetsmaskiner, analyseras i sin helhet i avsnittet om transportsektorn.

KVANTIFIERING AV FÄRDPLANER

FÄRDPLAN: BETONG



I betongbranschens färdplan⁷ framgår det att 90 % av betongens klimatpåverkan kan härledas till cement. Cementbranschen har genom Cementa tagit fram en egen färdplan, så reduktionen och åtgärderna för att minska dessa utsläpp behandlas i cementbranschens färdplan. Resterande utsläpp kan härledas till transporter och tillverkning av betong. Av totala utsläppen är 5-8 % utsläpp från transporter och 1-5 % utsläpp från tillverkningen. Transportsektorn behandlas i sin helhet i avsnittet om transportsektorns omställning, de kvarvarande utsläppen är därför endast de tillverkningsrelaterade utsläppen. Dessa utsläpp är relativt små och samredovisas med tillverkning av cementprodukter, betongindustrins utsläpp beräknas därför tillsammans med cementindustrins utsläpp.

Swecos antaganden: Betong

Betongbranschens utsläppsreduktion och bränslebehov redovisas tillsammans med cementbranschen

FÄRDPLAN: BYGG- OCH ANLÄGGNING



Färdplanen för bygg- och anläggningssektorn tar ett helhetsgrepp kring branschöversridande omställning⁸. Företagen inom branschen har valt att samarbeta kring ett helhetsperspektiv på branschens utsläpp och behandlar planerings- och konstruktionsskedet, byggskedet, användningsskedet och resursutnyttjande ur livscykelperspektiv. Bygg- och anläggningssektorns utsläpp härleds främst från materialanvändningen vid byggnation samt energiåtgången i användarskedet. Produkterna som berörs är framförallt betong, cement, stål och trävaror. Dessa produkters klimatpåverkan behandlas i dessa branschens färdplaner och beräknas således inte separat för byggbranschen. Energiåtgången för lokaler, bostäder och hushåll i användningsskedet behandlas ej i denna studie.

Av bygg- och anläggningsbranschens utsläpp kvarstår 175 ktCO₂ per år, när byggbranschens ovan beskrivna indirekta utsläpp är borträknade⁹. Dessa utsläpp klassificeras som utsläpp under byggprocessen. Dessa utsläpp är diversifierade och härstammar från olika källor, bland annat används diesel för uppvärmning och uttorkning vid byggnation. Branschens färdplan bedöms täcka in alla relevanta delar och sätta en ambition att minska användningen av fossila bränslen. Branschens

koldioxidutsläpp antas därför reduceras helt till 2045. Förenklat görs antagandet att dessa utsläpp härstammar från diesel och att dieselanvändningen ersätts av biobaserade bränslen så som biodiesel. Diesel för förbränning antas ha utsläppsfaktor 259,2 kg/MWh enligt Naturvårdsverkets nationella emissionsfaktorer 2018.¹⁰ Vid dessa antagande behövs 0,7 TWh biobränsle för ett ersätta fossil diesel i bygg- och anläggningsbranschen.

Swecos antaganden: Bygg- och anläggning

Klimatpåverkan från material och råvaror beräknas i respektive färdplan där utsläppskällan finns, bygg- och anläggningsbranschens antagande för material och råvaror har inte tagits hänsyn till i denna studie.

Sweco antar att förbränning i bygg- och anläggningssektorn kan förenklas till att motsvara diesel

Koldioxid från dieselförbränning antas vara 259,2 kg/MWh enligt Naturvårdsverkets nationella emissionsfaktorer

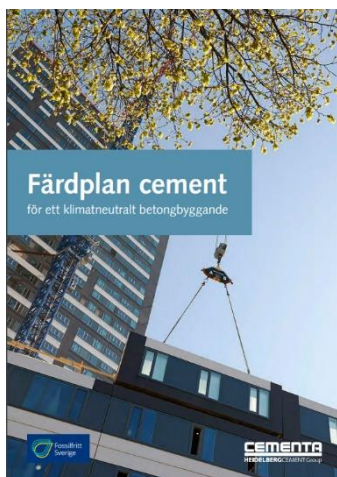
⁷ http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_betongbranschen.pdf

⁸ http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/01/ffs_bygg_anlaggningssektorn.pdf

⁹ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-0/Vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/>

¹⁰ <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/Luft-klimat/emissionsfaktorer-klimat-2018.xlsx>

FÄRDPLAN: CEMENT



Cementa, som är den enda cementproducenten i Sverige¹¹, arbetar mot en nollvision för koldioxidutsläpp under betongprodukternas livscykel. Cementa levererar 85 % av den cement som efterfrågas i Sverige idag. I Cementas färdplan "Färdplan Cement – för ett klimatneutralt betongbyggande"¹² beskrivs arbetet för att minska utsläppen drivs inom fem huvudområden:

- energieffektivisering
- öka andelen biobaserade bränslen
- utveckling av nya cementsorter med mindre klimatavtryck
- forskning kring ett ökat koldioxidupptag hos befintliga betongstrukturer
- koldioxidavskiljning följt av återanvändning eller geologisk lagring, vilket på sikt innebär en återbildning till bergmineral

Om dessa åtgärder genomförs innebär det att cementindustrin skulle ha noll nettoutsläpp från sin produktion. Skulle samtliga åtgärder genomföras skulle detta innebära att cementproduktion år 2045 kräver cirka 0,3 TWh el för CCS och 4-5 TWh biobränslen. Cementa beskriver även att man undersöker möjligheten till elektrifiering av ugnar tillsammans med Vattenfall i projektet CemZero. Vattenfall och Cementa uppskattar att elbehovet skulle öka med 4-5 TWh el för att elektrifiera ugnar och ersätta kol som insatsbränsle. Detta projekt är inte inkluderat i färdplanen och skulle i så fall byta ut biobränsle till el i framtidsscenarioet för 2045.

Swecos antaganden: Cement

Sweco antar att utsläppen minskar enligt färdplanens fördelning:

- 2 % energieffektivisering
- 21 % biobränslen
- 16 % nya cementsorter
- 16 % karbonatisering
- 45 % CCS

Karbonatisering innebär upptaget av koldioxid som sker från luft till betong. En viss mängd koldioxidutsläpp antas därför kvarstå från cementproduktionen. Dessa utsläpp kompenseras av en ökad karbonatisering i cementens livscykel och branschen kan på så sätt nå koldioxidneutralitet.

Koldioxidutsläpp från stenkol antas vara 335 kg/MWh enligt Naturvårdsverkets nationella emissionsfaktorer.¹³ Stenkol ersätts med alternativa bränslen enligt Cementas antaganden om att 4-5 TWh stenkol ska ersättas

Elanvändning för elektrifiering av ugnar inom projektet CemZero inkluderas ej

FÄRDPLAN: DAGLIGVARUHANDELN



Färdplanen för dagligvaruhandeln har valt ut konsumentförpackningar av plast som tema för färdplanen¹⁴. Färdplanen syftar till att minska utsläppen vid förbränning av plastförpackningar och stimulera materialåtervinning. En viss mängd utsläpp uppkommer vid produktion av plastförpackningar, men främst vid förbränning då de kasserats. Utsläpp vid avfallsförbränning ingår i energianläggningarnas utsläpp och värmeproduktion, dessa utsläpp ligger utanför denna studies avgränsningar och behandlas därför ej. Resterande utsläpp är svåra att kvantifiera då utsläpp vid förbränning i livsmedelsproduktion har flera källor och inte enbart kan härledas till plastförpackningar. Eftersom att färdplanen enbart behandlar plastförpackningars påverkan på koldioxid och inte utsläppen i sin helhet har bedömningarna från denna färdplan inte inkluderats i den totala kvantifieringen.

¹¹ [http://www.ikem.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=b691ef84-1b3e-491f-9cea-663286d3bce2&FileName=IKEM_Koldioxidbesparande_Innovationer_web+\(003\).pdf](http://www.ikem.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=b691ef84-1b3e-491f-9cea-663286d3bce2&FileName=IKEM_Koldioxidbesparande_Innovationer_web+(003).pdf)

¹² http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_cementbranschen.pdf

¹³ <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/Luft-klimat/emissionsfaktorer-klimat-2018.xlsx>

¹⁴ http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_dagligvaruhandel.pdf

Swecos antaganden: Dagligvaruhandel

Utsläpp vid förbränning av plastförpackningar redovisas inom energiindustrin (el och fjärrvärme) i Naturvårdsverkets statistik, dessa utsläpp inkluderas ej i studien.

Förbränning i livsmedelsindustri har flertalet utsläppskällor, färdplanen för dagligvaruhandel behandlar ej dessa

Färdplanen kvantifieras ej i studien

FÄRDPLAN: GRUVOR OCH MINERAL



Gruv- och mineralnäringens färdplan ¹⁵ inkluderar järnmalmsframställning, metallframställning och cement- och kalkframställning. Färdplanen angränsar till både stålindustrins och cementbranschens färdplaner. Färdplanen går igenom en rad alternativa tekniker och möjliga teknikskiften för att ställa om till fossilfri produktion. Färdplanen specificerar dock inte vilka tekniker som är mest troliga och kvantifierat heller inte energiåtgång för alternativa tekniker.

Kvantifieringen för gruv- och mineralbranschen har därför utgått ifrån dialog och diskussioner med de företag som har störst utsläpp i branschen. Företagen har därför själva uppskattat och angett antaganden för att uppskatta el- och bioenergiebehov framåt utifrån vilka möjliga teknikslag de sett som tänkbara. Att understryka är dock att branschen själva poängterar att sådana antaganden är svåra att göra, då till exempel en del avgörande teknikvägval inte är gjorda än. Det ger i sin tur att osäkerheten i uppskattningarna är hög.

Gruv- och mineralnäringen omfattar i grova drag dels brytningsverksamheter i dagbrott eller underjordsgruvor, dels förädlingsprocesser (järnmalmspellets-tillverkning, metallframställning och kalkbränning). För gruv- och mineralnäringen är det huvudsakligen i utsläppen i förädlingsstegen som de stora utmaningarna ligger. Den fossila användningen i brytningsstegen kan lösas genom elektrifiering och i de fall där det inte är möjligt, med hjälp av byte till biobaserade alternativ. Processutsläppen är svårare att komma åt. Utsläppen är svåra att reducera på grund av det fossila kolets egenskaper nyttjas i processerna och är svårt att byta ut. Vad gäller kalkbränning så genereras också ofrånkomligen utsläpp till följd av kalkstenens kemiska sammansättning. Gruv- och mineralbranschen beskriver i sin färdplan att arbetsmaskinerna som används för gruvbrytning, kommer att vara fullt ut elektrifierade till år 2045. Arbetsmaskinerna behandlas dock under stycket 'Arbetsmaskiner' i denna studie. Som beskrivits i metodkapitlet ovan har transportererna kvantifierats enbart i transportsektordelen i syfte att undvika dubbelräkning. Det bör noteras att gruv- och mineralindustrin har ett betydande ytterligare behov av framförallt ytterligare el men även biodiesel i sin transportomställning.

Möjligheten att avskilja koldioxid efterfrågas av de verksamheter som vill reducera sina koldioxidutsläpp där substitut till fossila material anses tekniskt utmanande eller där koldioxid är en konsekvens av produktionsprocessen på grund av materialets specifika kvaliteter, exempelvis i då koldioxid frigörs när kalksten upphettas i produktion av bränd kalk. Koldioxidavskiljning för att avlägsna och lagra eller använda koldioxid bedöms ha stor potential att reducera gruv- och mineralindustrins koldioxidutsläpp. Cirka 25 % av utsläppen från branschen kan reduceras med hjälp av teknik för koldioxidavskiljning i de anläggningar där koldioxid finns i koncentrerad form där dessa tekniker är möjliga. Bränsle i processer kan bytas ut till både bioenergi eller ersättas med elektrifiering. Graden av bioenergi och elektrifiering är osäker, i vissa anläggningar bedöms 100 % elektrifiering vara möjlig och i andra krävs även bioenergi där el inte kan ersätta fossila energikällor. I dessa beräkningar uppskattas 1,1 TWh el och krävas för elektrifiering och 2,2 TWh bioenergi för ett ersätta fossila bränslen i gruv- och mineralbranschen. Detta inkluderar inte gruvbranschens arbetsmaskiner eller internt transporter.

Swecos antaganden: Gruvor och mineraler

Efter diskussion med branschen antar Sweco att 25 % av utsläppen reduceras med CCS

Efter diskussion med branschen antar Sweco att el och bioenergi ersätter fossila bränslen i olika hög grad i förbränningsprocesser

Eftersom branschen inte har kvantifierat möjliga åtgärder i en gemensam färdplan omfattas endast delar av branschen. De delar som inte inkluderats redovisas som kvarstående. Det är dock troligt att dessa utsläpp också reduceras i och med branschens omställning.

¹⁵ http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_gruv-och-mineralnaringen.pdf

FÄRDPLAN: SKOGSNÄRING

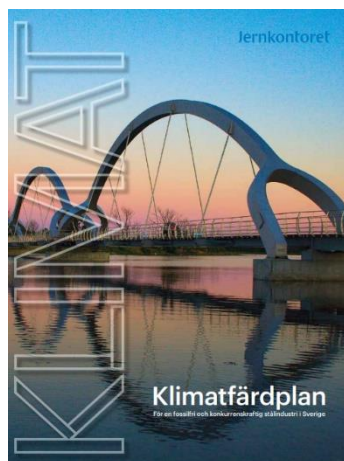


Skogsnäringens färdplan inkluderar industri bland annat för papper, massa och trävaror¹⁶. Skogsnäringen har kommit långt i sin omställning till fossilfrihet och exempelvis är skogsindustrins processer vid papper- och massabruk idag 96 % fossilfria. De koldioxidutsläpp som kvarstår återfinns är de resterande fossila bränslena i pappers- och massaindustrin samt förbränning i trävaruindustrin. År 2016 kvarstod 2,2 TWh fossil energi i pappers- och massaindustrin samt 0,3 TWh i trävaruindustrin¹⁷. De fossila bränslena beskrivs i färdplanen som olja vid exempelvis uppstart av pannor. Denna olja antas kunna bytas ut mot biologiska oljor till 2045.

Swecos antaganden: Skogsnäringen

Sweco antar att fossila bränslen i massa-, papper- och träindustri ersätts av biobränslen, exempelvis biolja eller träpellets i pannor.

FÄRDPLAN: STÅL



Stålintustrins färdplan¹⁸ har utförligt kvantifierat branschens framtida behov av el och bioenergi. De största utsläppen i branschen kommer från reduktionen av järnmalm till järn. Ett branschöverskridande pilotprojekt, HYBRIT, har initierats av LKAB, SSAB och Vattenfall för att utveckla en ny processteknik som ersätter kol med väte i reduktionsprocessen. Totalt behövs 15 TWh el för att tillverka vätgas för att upprätthålla stålproduktion på nuvarande nivå med den nya produktionsprocessen. Ytterligare 2 TWh tillkommer för att delvis elektrifiera bränsleeldade värmnings- och värmebehandlingsugnar som i dagsläget drivs med fossila bränslen.

Vidare uppskattar stålintustrins färdplan att branschen kommer att kräva 1-1,5 TWh biokol för att ersätta kol för reduktion av järnmalm i pulvertillverkningen samt i skrotsmältningsprocesserna. Värt att notera är att detta ställer höga krav på biokolets kvalitet och egenskaper. Branschen uppskattar även att 2-3 TWh biobaserad gas kommer att krävas för att ersätta de fossila bränslena som används för värmning och värmebehandling. Detta innebär att ugnar som inte kan elektrifieras behöver bioenergi för att bli fossilfria. Gasens kvalitet bör vara motsvarande naturgas eller gasol för att

detta skall gå att genomföra.

Swecos antaganden: Stålintusti

Sweco antar behov av el och bioenergi enligt kvantifierade uppskattningar i färdplan

Utsläppen från några enskilda anläggningar inkluderas inte i färdplanens antaganden, dessa utsläpp är dock relativt små. En viss utsläppsmängd kvarstår även på grund av tekniska förutsättningar där tekniskifte i dagsläget inte anses möjligt.

Energimängden, uttryckt i TWh, som krävs för att ersätta fossila bränslen tar inte hänsyn till bioenergins kvalitet. Energimängden som kvantifieras är motsvarande fossila bränslets egenskaper.

¹⁶ http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_skogsnaringen.pdf

¹⁷ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/energilaget/energilaget-i-siffror-2018_20180419.xlsx

¹⁸ http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_stalindustrin.pdf

SCENARIO: KEMIINDUSTRI, ALUMINIUM OCH RAFFINADERIER

Kemiindustrin är diversifierad med olika typer av industrier, tillverkande företag och produkter. Kemiindustrin har inte tagit fram någon gemensam färdplan för att nå fossilfrihet eller klimatneutralitet. Denna studie har därför analyserat möjliga scenarier för att reducera utsläppen från de anläggningar i kemiindustrin som har de största punktutsläppen av koldioxid. I studien inkluderas således inte hela kemiindustrin. Nedan beskrivs vilka delar som har inkluderats. Scenarierna är framtaget utifrån IKEMs rapport "Så minskas kemiindustrins klimatpåverkan"¹⁹ samt i dialog med branschförening, företag och företrädare från industrin. Uppskattningen har gjorts utifrån dagens produktionsnivå.

Kemiindustrin är diversifierad med ett stort antal företag i Sverige. I Stenungssund finns ett företagskluster med stora aktörer inom petrokemiindustrin. Dessa företag utgör cirka 75 % av kemiindustrins utsläpp inom handelssystemet med utsläppsrätter.²⁰ Dessa företag driver tillsammans initiativet Hållbar Kemi²¹. Projektet syftar till att minska klimatpåverkan från företagen i Stenungssundsklustret. I ett av delprojekten som berör energieffektivisering har en forskningsstudie uppskattat att energibesparingar motsvarande 500 GWh, motsvarande 10 % av koldioxidutsläppen skulle kunna uppnås genom energieffektivisering. En forskarstudie som genomförts vid Chalmers²² konstaterar även att åtgärder kan vidtas för att minska behovet av fossil råvara i petrokemiindustrin. De tekniska förutsättningarna finns att tillsätta biologiskt framställda kemikalier, så kallade drop in bio-kemikalier, i tillverkningsprocessen av vissa produkter. Studien har granskat två av tillverkningsindustrierna i Stenungssund och konstaterar att de tekniska förutsättningarna för att blanda in biologiska kemikalier är goda och att man på detta sätt kan reducera koldioxidutsläppen från anläggningarna med 70 %. Behovet av bioenergi för att tillgodose dagens tillverkningsnivå i anläggningarna är 8 TWh. Kemiindustrins arbete för minskade utsläpp av koldioxidutsläpp omfattar därutöver en mängd olika typer av åtgärder som inte varit föremål för analys i denna studie. En viktig utgångspunkt är återvinning av såväl plast som koldioxid till råvara i kemiindustrins processer. Återanvändning av material och mekanisk återvinning av plast i kombination med kemisk återvinning av plast i s.k. plastreturraffinaderier och CCU är utvecklingsområden som kan leda till stora minskningar av kemiindustrins koldioxidutsläpp och som kommer att innebära en ökad elanvändning. Även annan CCS-teknik för att avskilja koldioxid från processutsläpp är möjliga utvecklingsspår som har undersökts och testas i branschen.

Aluminiumindustrin är elintensiv och till stor del elektrifierad redan idag. Idag produceras cirka 125 000 ton aluminium i Sverige och för varje ton aluminiumprodukt krävs cirka 400 g kol. Av de koldioxidutsläpp som uppstår i processen går cirka 80 % att härleda till kolanvändningen. Skulle kol bytas ut mot biologiskt kol, med motsvarande kvalitéer och egenskaper som fossilt kol, så skulle koldioxidutsläppen kunna reduceras med 80 %. Ett annat alternativ skulle kunna vara att hitta alternativa material som ersätter kol som anod i reduktionsprocessen. Dessa tekniker är dock endast på forskningsstadiet idag och att byta ut kol mot biokol kan ses som en övergångslösning till des att andra tekniker är mogna.

För att minska utsläpp från raffinaderierna så behövs stora teknikskiften och nya råvaror. 25 % av koldioxidutsläppen från raffinaderierna är diffusa utsläpp, det vill säga läckage och ångbildning från processen vid exempelvis transport och lagring av petroleumprodukter. Dessa utsläpp skulle kunna minskas med cirka 10 % om nya tekniker så som tätningsslösa kärl och trycksättning av tankar och kärl användes i större utsträckning. De processrelaterade utsläppen är svåra att minska, då själva råvaran i processen är fossil. För att minska utsläppen krävs därför CCS-teknik och teknik för att avskilja koldioxid.

Bland de svenska raffinaderierna finns också anläggningar som har påbörjat ett skifte mot att producera biobränslen. Som reduktionsmedel i processen används vätgas producerad av naturgas. Vätgasen i processen skulle istället kunna produceras av el, en uppskattning är att 0,8 TWh el skulle behövas för att ersätta naturgasen i den mängd biobränsle som produceras idag. Det finns ansatser om att öka produktionen av biobaserat fordonsbränsle i Sverige, vilket därmed även kan leda till ökat elbehov för vätgasproduktion. Som exempel kan nämnas att Vattenfall beräknat att det behövs ytterligare minst 3 TWh el för att öka biodrivmedelsproduktionen med cirka 3 miljoner m³. Raffinaderierna själva menar dock att behovet troligtvis är större då man använder andra uppskattningsmetoder.²³

¹⁹ [http://www.ikem.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=b691ef84-1b3e-491f-9cea-663286d3bce2&FileName=IKEM_Koldioxidbesparande_Innovationer_web+\(003\).pdf](http://www.ikem.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=b691ef84-1b3e-491f-9cea-663286d3bce2&FileName=IKEM_Koldioxidbesparande_Innovationer_web+(003).pdf)

²⁰ <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Utslappshandel/Resultat-och-uppfoljning/Listor-over-utslapp-och-tilldelning/>

²¹ <http://kemiforetagenistenungssund.se/>

²² <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/236530/236530.pdf>

²³ [http://www.ikem.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=b691ef84-1b3e-491f-9cea-663286d3bce2&FileName=IKEM_Koldioxidbesparande_Innovationer_web+\(003\).pdf](http://www.ikem.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=b691ef84-1b3e-491f-9cea-663286d3bce2&FileName=IKEM_Koldioxidbesparande_Innovationer_web+(003).pdf)

Swecos antaganden: Kemiindustri, aluminium och raffinaderi

Beräkningar utgår ifrån i ett tänkbart för scenario för delar av kemiindustrin, raffinaderier och aluminiumproduktion, dessa antaganden grundar sig inte i någon färdplan utan har tagits fram av Sweco i dialog med enskilda aktörer i kemiindustrin

Drop-in kemikalier ersätter viss mängd fossil råvara i verksamheter inom petrokemin

Energieffektivisering av företagsklustret i Stenungssund leder till 10 % minskade utsläpp i dessa industrier, enligt initiativet Hållbar Kemi²⁴

Biokol ersätter fossilt kol i aluminiumtillverkning, detta minskar utsläppen med 80 % för aluminiumproduktion

CCS-teknik används för att reducera raffinaderiernas processutsläpp

10 % av raffinaderiernas diffusa utsläpp reduceras med hjälp av nya tekniker

Vätgas för framställning av flytande biodrivmedel produceras med hjälp av el: 0,8 TWh för att ersätta dagens nivå.

²⁴ <http://kemiforetagenistenungsund.se/>

SCENARIO: TRANSPORTSEKTOR

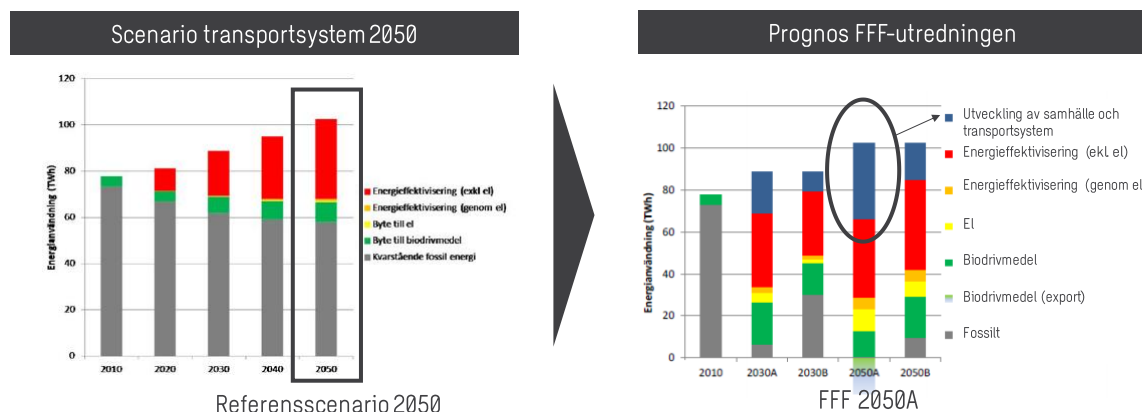
VÄGTRAFIK

Samhällets många funktioner är i hög grad beroende av ett fungerande transportsystem. Transportsystemet genomsyrar hela samhället och innebär inte minst att dess utveckling påverkar hela näringslivet. Denna studie behandlar transportsektorns utveckling genom att kvantifiera ett scenario för transportsektorn. Scenariot utgår ifrån den statliga offentliga utredningen "Fossilfrihet på väg" även kallad FFF-utredningen²⁵, och har i studien omarbetats för att bättre motsvara berörda branschens utsikter om det framtida transportsystemet. FFF-utredningen har kritiserats från många håll. Anledningen till att FFF-utredningen ändå valts som underlag är att det i princip är det enda scenario som finns för nettollutsläpp för vägtrafiken 2045. Utredningen ligger också i stor utsträckning till grund för svenska regeringens (regeringen 2014-2018) klimatpolitik och strategier för transportsektorn.

I FFF-utredningen presenterades ett referensscenario för transportsektorns utveckling baserat på trafikverkets transportbehovsanalyser, se till vänster i Figur 3. Utifrån referensscenariot beskrevs sedan olika scenarier för att nå fossilfrihet till år 2050, där olika åtgärder beräknas slå igenom i olika utsträckning, se till höger i Figur 3. Varje åtgärd anges med ett förväntat resultatintervall för vilken effekt åtgärden kan innebära. De högsta värdena i varje intervall summeras för samtliga åtgärder, vilket bildar scenario 2050A och de lägsta värdena i varje intervall utgör scenario 2050B i FFF-utredningen. Scenario 2050B når ej fossilfrihet till 2050, varför scenario A har nyttjats som huvudscenario för arbetet i denna studie. De olika åtgärdskategorierna som inkluderas i utredningens prognoser är:

- Biodrivmedel
- Byte till el
- Energieffektivisering
- Utveckling av samhälle och transportsystem

Figur 3: FFF-utredningens referensscenario (vänster) samt beräknade resultat för åtgärdsscenarion i utredningen (höger). Markeringen till höger visar energibehovsminskningen under kategorin "Utveckling av samhälle och transportsystem" (blå stapel).



Källa: Statens offentliga utredningar 2013:84, Sweco

FFF-utredningens referensscenario (till vänster i Figur 3) visar att bränslebehovet i transportsektorn förväntas minska från 75 TWh år 2010 till 68 TWh år 2050. Energieffektivisering av fordon gör att energibehovet minskar trots att transportbehovet ökar jämfört med idag. Figur 3 presenterar resultaten från FFF-utredningens scenarion (till höger). Tabell 2 sammanfattar energibehoven för de olika scenarierna.

Skulle bränslebyte, energieffektivisering och minskat transportbehov genomföras i den utsträckning som FFF-utredningen antog i sitt A-scenario skulle det leda till minskat slutligt energibehov i transportsektorn till cirka 23 TWh. Åtgärderna inom kategorin "Utvecklingen av samhälle och transportsystem" är den blå delen av stapeln i Figur 3 och utgör cirka 40 TWh av energibesparing till år 2050. Energiebehovsminskningen från kategorin motsvarar nästan 60 % av energibehovet i referensscenariot. Denna kategori inkluderar en rad olika antaganden och tänkbara samhällslösningar för att minska transportbehovet så som trängselskatter, stadsplanering, e-handel och samåkning. Branschorganisationerna som deltagit

²⁵ <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2013/12/sou-201384/>

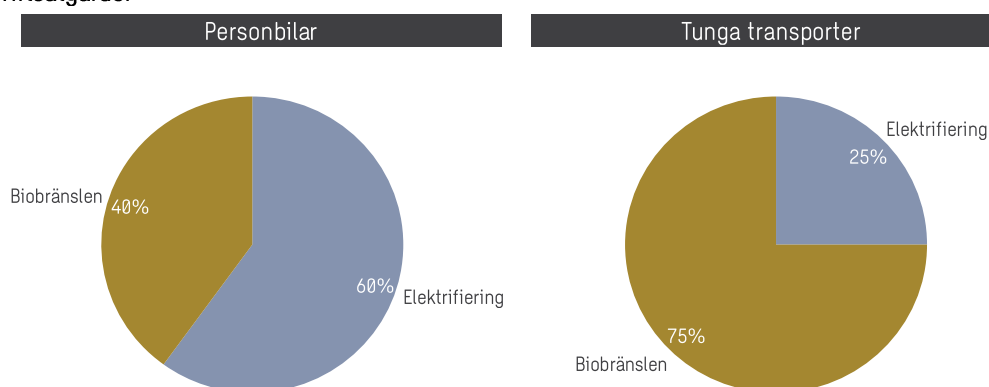
i denna studie är övertygade om att utveckling och teknikskiften kommer att ske i transportsektorn. Exakt vilka dessa åtgärder kommer att vara och vad de kommer att ha för effekt på transport- och energiefterfrågan är dock ännu oklart.

Transportutvecklingsprognoser pekar dock på att transportbehovet snarast kommer att öka till 2045 och att transportarbete således ökar till följd av ett mer transportberoende samhälle. De branschföreträdare som deltagit i diskussionerna kring transportsektorns utveckling i denna studie gör därför bedömningen att det är realistiskt att likt FFF-utredningen utgå ifrån att transportbehovet skulle minska motsvarande hela 40 TWh. Därför har FFF-utredningens antaganden om det framtida transportarbetet omarbetats i denna studie.

Scenariot för transportsektorn i denna studie utgår därför ifrån FFF-utredningens antaganden om andel elektrifiering, bioenergi och energieffektivisering. Åtgärderna under kategorin "Utveckling av samhälle och transportsystem" inkluderas dock inte i studien. De 40 TWh som antas minska under denna kategori, fördelas därför i enlighet med övriga scenarion i FFF-utredningen vad gäller andelen övergång till el, bioenergi och effektivisering.

FFF-utredningen redovisar ett scenario för vägtrafiken med 60 % elektrifiering av fordonsflottan och 40 % biodrivmedel, se Figur 4. Skulle åtgärderna i FFF-utredningens A-scenario inom kategorin "Utveckling av samhälle och transportsystem" genomföras reduceras 62 % av energibehovet för lätta transporter, motsvarande 26 TWh, och 64 % för tunga transporter, motsvarande 14 TWh. När dessa energibehov istället fördelas om enligt Figur 4 innebär det att förutom det prognostiserade energibehovet i FFF-utredningen tillkommer 10,4 TWh bioenergi samt 4,8 TWh el för eldrift av lätta fordon och 10,5 TWh bioenergi och 1,1 TWh el för tunga fordon.

Figur 4: Personbilarnas utveckling (vänster) och tunga transporters utveckling (höger) i FFF-utredningen, fördelat på framdriftsåtgärder



Källa: Statens offentliga utredningar 2013:84

Det totala energibehovet i FFF-utredningens A-scenario är 10 TWh el och 13 TWh bioenergi, se Tabell 2. Exkluderas antagandena för "Utveckling av samhälle och transportsystem", och detta transportarbete istället fördelas mellan el och biobränslen som ovan beskrivet, så tillkommer ytterligare 5,8 TWh el och 20,9 TWh biobränsle. Denna studie tar även viss hänsyn till effektivisering av vägflottan i form av energieffektivare fordon, energieffektivare framdrift av fordon och minskad energianvändning i fordon i och med elektrifiering. Det uppskattade energibehovet i transportsektorn blir då cirka 50 TWh år 2050, se Tabell 2.

Tabell 2: Energianvändning för vägtransporter i olika scenarion

	Totalt energibehov transporter, [TWh]	El, [TWh]	Bioenergi, [TWh]	Fossila bränslen, [TWh]
FFF, referensscenario	68	2	8	58
FFF, Scenario A	23	10	13	0
FFF, Scenario B	38	10,2	20	8
Scenario i denna studie:				
FFF, Scenario A utan åtgärder i kategori utveckling av samhälle och transportsystem	50	10,2 + 5,8	13 + 20,9	0

Källa: Statens offentliga utredningar 2013:84, Sweco

JÄRNVÄG

Järnvägssektorn är till 95 % elektrifierad redan idag. Dock kvarstår en viss mängd diesellok, vilket innebär cirka 18 460 000²⁶ liter diesel förbrukas varje år i järnvägssektorn. Järnvägen står för utsläpp av 44 ktCO₂-ekv/år. Antaget att energiinnehållet i diesel för järnvägstrafik innehåller 9,8 MWh/m³²⁷ så innebär detta att cirka 0,2 TWh diesel ersätts med eldrivna lok. Till år 2050 prognostiseras även en behovsökning i järnvägssektorn motsvarande 0,5 TWh el.

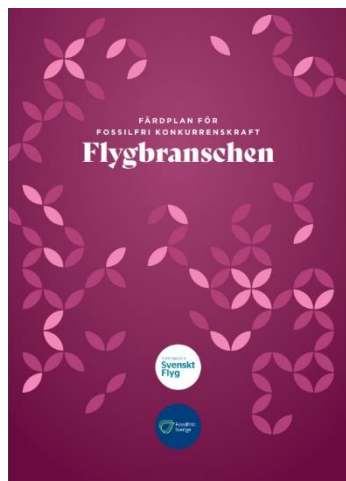
SJÖFART

I statistiska sammanhang delas sjöfartens energianvändning upp i inrikes sjöfart och utrikes sjöfart. Inrikes sjöfart inbegriper fartyg som trafikerar mellan två eller flera svenska hamnar. Utrikes sjöfart inbegriper fartyg på internationell resa inklusive fartyg som endast anlämt svenskt territorium eller hamn för att bunkra bränsle men som inte utfört lastning eller lossning av gods eller passagerare. Utvecklingen för såväl inrikes som utrikes sjöfart påverkas av industriproduktionens utveckling samt handel med omvärlden. Utsläppen av utrikes transporter via sjöfart omfattas inte av nationella klimatmål.

Fartyg används i internationell trafik i större utsträckning än vägfordon och tåg varför drivmedelstillförsel för bunkring i Sverige omfattar betydande kvantiteter som inte förbrukas i nationell trafik. I FFF-utredningen (2013) antogs energianvändningen för inrikes sjöfart vara omkring 1,75 TWh och motsvarande för utrikes sjöfart cirka 30 TWh år 2045.

Sjöfartsbranschen lanserade 2015 en klimatifärdplan som pekade på viktiga åtgärder för att branschen ska kunna bli fossilfri till år 2050. Dock inkluderar planen ingen kvantifiering av el eller behov av bioenergi. Inom sjöfartsbranschen arbetar man med omfattande energieffektiviseringar samt investerar i samt elektrifiering och på sikt är förhoppningen att kunna byta ut fossila bränslen mot biobränslen och biogas.

FÄRDPLAN: FLYG



Flygbranschen har presenterat en färdplan för sin omställning till förnybar energi. I färdplanen konstateras att det är tekniskt möjligt att idag flyga med 100 % förnyelsebara biobränslen. Energieffektivisering av flygplanen gör att energianvändningen minskar med cirka 1,5-2 % per år, men denna minskning kompenseras av att efterfrågan och behovet av flygresor också ökar kontinuerligt med motsvarande energimängd fram till 2050. Färdplanen uppskattar att 10 TWh biodrivmedel skulle behövas för att ersätta bränslet till det internationella flyget och 2 TWh för att ersätta bränslet till det nationella flyget.

Färdplanen konstaterar att elektrifiering kan spela en viktig roll för branschen på längre sikt, men att i tidsperspektivet 2045, är biobränslen det avgörande tekniksiftet.

ARBETSMASKINER

Inom kategorin arbetsmaskiner ingår fordon och utrustning för bland annat industri, skogsbruk och jordbruk. Hur arbetsmaskinerna kommer att ställa om från fossila drivmedel är svårt att prognostisera och varierar mycket beroende på bransch och tillämpningsområde. Elforsk har tagit fram en färdplan²⁸ för transportsektorn och målar där upp ett scenario till 2030 som inkluderar arbetsmaskiner. I scenariot framgår att cirka 10 % av arbetsmaskinflottan förväntas att elektrifieras till 2030 och ytterligare 5 % till 2050. 50 % av bränslet i arbetsmaskinerna prognostiseras att bytas ut till biodrivmedel, 35 % av energibehovet minskar genom energieffektivisering och sparsam körning. Detta skiljer sig något från enskilda branschens uppskattningar: exempelvis uppskattar gruvbranschen att de skulle kunna elektrifiera över 90 % av sina arbetsmaskiner. Ingen ökning av transportarbetet av arbetsmaskiner antas för någon sektor i och med att produktionsnivån i industrin skall antas konstant.

²⁶ <https://www.jvl.se/sidor/omraden/transporter/jarnvag.html>

²⁷ https://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/branslen/varmevarden-och-emissionsfaktorer/varmevarden_2017.xlsx

²⁸ <http://www.profu.se/pdf/slutrapport.pdf>

Tabell 3: Scenario för arbetsmaskiner

Transportslag	Behovsökning	El	Bio	Effektivisering	Sparsam körning
Arbetsmaskiner	Ingen ökning	10 % + 5 %	50 %	30 %	5 %

Källa: Roadmap för fossilbränsleoberoende fordonsflotta 2030

Swecos antaganden: Transporter
Sjöfart inkluderas inte i studien
Flygbranschens åtgärder enligt färdplan, 100 % biobränslen
Utgångspunkt i FFF-utredningens scenario 2050A för kvantifiering av vägfordonens energibehov 2050
Åtgärder i FFF-utredningen under kategorin "Utveckling av samhälle och transportsystem" (cirka 40 TWh) inkluderas inte i studien. Biobränslen och el enligt utredningens fördelning ersätter energibesparingen i denna kategori. Energibesparingar tack vare energieffektivisering och energieffektivare fordon kvarstår.
Då el ersätter fossila drivmedel antas effektivisering med 70 %, vilket innebär att 30% av energibehov ersätts av el
Energibehov i transportsektorn efter energieffektivisering antas vara cirka 65 TWh år 2050
Cirka 60 % elektrifiering personbilsflottan
Cirka 25 % elektrifiering av lastbilsflottan
Arbetsmaskiner: 50 % bio, 15 % el 35 % effektivisering till år 2045
5% av dagens energianvändning för järnväg ej elektrifierad, diesel ersätts av el
Ökat behov av järnvägstransport enligt FFF-utredningen 0,5 TWh till 2050
Utsläppsminskningar i form av energieffektivisering tack vare elektrifiering, klassificeras under elektrifiering då minskningarna ska klassificeras.

Tabell 4: Sammanställning av industrins klimattfärdplaner samt scenarion för kemi, aluminium, raffinaderi och transportsektorn

Sektor	Teknik	Åtgärder	Status	Reduktion av årliga koldioxidutsläpp [ktCO ₂ -eq/år]	El [TWh]	Bioenergi [TWh]
Betong	Redovisas med cementbranschen	Upphandling, livscykelperspektiv, CCS/CCU, utbildning och utveckling, materialutveckling, övergång biobränslen.	Samarbete genom betonginitiativet	Redovisas med cementbranschen	-	-
Bygg- och anläggning	Varierade åtgärder	Kravställning upphandling, systemperspektiv, bränslebyten, minimera avfall, digitalisering.	Arbete med implementering påbörjat	0specificerat	-	-
	Biobränsle	Användning av fossila bränslen i byggprocess och driftfas minimeras och konverteras till förnybara bränslen.	Flertalet utsläppspunkter, osäkerhet	150-200 kt	-	0,7 TWh
Cement	Energieffektivisering	Energieffektivisering av processer och materialåtgång	Kontinuerligt arbete	40-60 kt	-	-
	Biobränslen	Byte till biobaserade bränslen i uppvärmningsprocesser.	20 % bio- och 50 % avfallsbränslen idag	400-600 kt	-	3-5 TWh
	Nya produkter	Materialeffektivisering och nya koldioxidsnåla produkter och cementsorter genom forskning och produktutveckling.	Forskning och utveckling	300-400 kt	-	-
	CCS/CCU	Koldioxidavskiljning för återanvändning eller geologisk lagring av koldioxid.	Avskiljningsteknik demonstrerad, pilotprojekt i Norge. Oklarheter kring lagring. Incitament, lagstiftning och ekonomi krävs.	1000-1100 kt	0,2-0,4 TWh	-
	Elektrifiering	Ersätta fossila bränslen i uppvärmningsprocesser genom elektrifiering. Forskning och utveckling krävs, pågående projekt CemZero. Ej åtgärd inom färdplan.	CemZero för testprojekt. Forskning och utveckling	400-600 kt	Ej kvantifierad åtgärd	-
Dagligvaruhandel	Plastsorteringsanläggning	Investering i plastsorteringsanläggning för modern plaståtervinning i Sverige	Investeringsbeslut fattat	0specificerat	-	-
	Ökad återvinning	Förpackningsavgifter, incitament för återvinning, nulägesanalys av förpackningssystem	Samarbete pågår	0specificerat	-	-
Gruv och	Elektrifiering	Elektrifiering av processer	Forskning och utveckling	200-300 kt	1-1,5 TWh	-

	Bränslebyte	Bränslebyte där bioolja, biokol och biogas ersätter olja, kol och naturgas i uppvärmningsprocesser.	Forskning och utveckling. Högkvalitativa biobränslen ej tillgängliga	500-600 kt	-	2-3 TWh
	CCS/CCU	Koldioxidavskiljning för återanvändning eller geologisk lagring av koldioxid.	Demo- och testanläggningar krävs. Pilotprojekt i Norge.	400-500 kt	0,1-0,2 TWh	-
	Konvertering av maskindrift och arbetsprocesser	Elektrifiering av arbetsmaskiner ca 95%, resterande samt i övergångsperioder, nyttjande av biodrivmedel.	Testprojekt, under utveckling	Kvantifiering under kategori arbetsmaskiner	-	-
Skogsnäring	Bränslebyte	Konvertering från fossila bränslen i förbränning och processer.	Påbörjad process, incitament och ekonomi krävs	900-1000 kt	-	2,5 TWh
Stål	Vätgas	Vätgasbaserad reduktion av malm, HYBRIT	Demoprojekt HYBRIT, under utveckling	4000-5000 kt	15 TWh	-
	Elektrifiering	Elektrifiering av värmnings- och värmebehandlingsugnar	Påbörjad process, forskning och utveckling	300-400 kt	2 TWh	-
	Bränslebyte	Bränslebyte till biobaserad gas i bränsleldade värmnings- och värmebehandlingsugnar.	Forskning och utveckling	500-600 kt	-	2-3 TWh
	Biokol	Biokol för att ersätta fossilt kol i pulvertillverkning och ljusbågsugnar. Ställer krav på högvärdigt biokol.	Forskning och utveckling. Högkvalitativt biokol ej tillgängligt	100-200 kt	-	1-1,5 TWh
Kemi	Energieffektivisering	Energieffektivisering av processenergi i företagskluster	Påbörjad process	~100 kt	-	-
	Drop in-kemikalier	Biobaserade drop-in kemikalier i tillverkningsprocessen av petrokemisk råvara	Forskning och utveckling, demoprojekt krävs	500-600 kt	-	8 TWh
	Bränslebyte	Byte till biobaserad kol i reduktionsprocessen för aluminiumproduktion.	Forskning och utveckling. Högkvalitativa biobränslen ej tillgängliga	100-200 kt	-	0,3-0,5 TWh
	Ny teknik, raffinaderiprocesser	Tätningsslösa kärl och trycksättning av tankar och kärl i större utsträckning för raffinaderiprocessen samt lagring av fossila produkter. Minskar diffusa utsläpp.	Möjligt idag, incitament och ekonomi krävs	50-100 kt	-	-

	Vätgas	Naturgas ersätts av vätgas producerad av el, som reduktionsmedel i raffinaderiprocesser för att framställa biodrivmedel.	Påbörjad process, demoprojekt, incitament och ekonomi krävs	100-200 kt	0,5-1 TWh (+3 TWh)	-
	CCS	Koldioxidavskiljning för återanvändning eller geologisk lagring av koldioxid på raffinaderier.	Demo- och testanläggningar krävs. Forskning och utveckling	1000-2000 kt	0,5-1 TWh	-
Transport	Elektrifiering vägtrafik	Elektrifiering av vägtrafik.	Påbörjad process, incitament och ekonomi krävs	2500-3000 kt	16 TWh	-
	Bränslebyte vägtrafik	Biobaserade bränslen ersätter fossila drivmedel.	Påbörjad process, incitament och ekonomi krävs	5000-5500 kt	-	30-35 TWh
	Effektivisering vägtrafik	Elektrifiering och effektivare transporter ger minskat energibehov.	Påbörjad process, fortsatt forskning och utveckling, incitament och ekonomi krävs	8000-8500 kt	-	-
	Elektrifiering järnväg	Elektrifiering och utfasning av dieseldrivna lok. Ökat transportbehov järnväg.	Pågår	30-50 kt	0,5-0,7 TWh	-
	Bränslebyte flyg	Övergång till biobaserade flygbränslen för inrikes och utrikes flyg.	Tekniskt möjligt, men saknas idag tillgång till biobränslen, ekonomi krävs	2500-3500 kt	-	2+10 TWh
	Elektrifiering arbetsmaskiner	Elektrifiering av arbetsmaskiner i den mån det är möjligt.	Testprojekt, under utveckling	500-1000 kt	0,5-1 TWh	-
	Bränslebyte arbetsmaskiner	Biobaserade bränslen ersätter fossila drivmedel i arbetsmaskiner där elektrifiering ej är möjlig.	Påbörjad process, incitament och ekonomi krävs	1500-2000 kt	-	5-7 TWh
	Effektivisering arbetsmaskiner	Elektrifiering, effektivare transporter och planerat transportarbete ger minskat energibehov	Pågår	1000-1500 kt	-	-

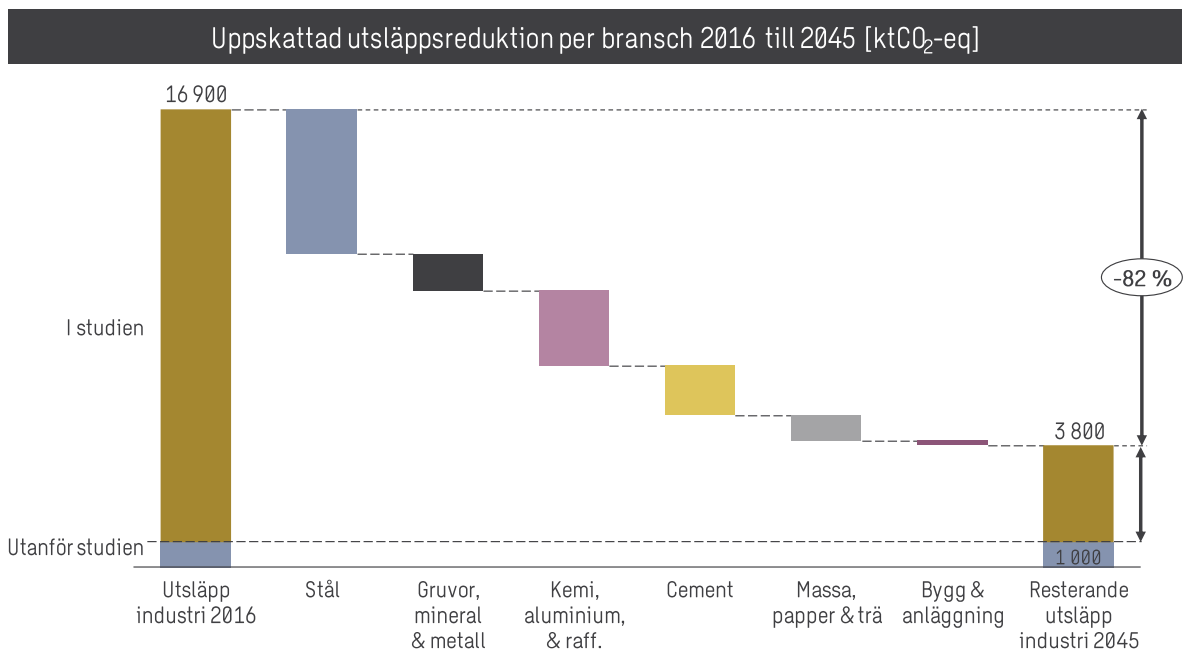
Källa: Sweco, Klimatfärdplaner, scenario för kemibranschen samt scenario för transportsektorn

KVANTIFIERING 2045

UTSLÄPPSREDUKTION

Skulle åtgärderna i industrins klimatifärdplaner som kvantifieras i den här studien samt åtgärderna som beskrivs i scenariot för delar av kemiindustrin, aluminium och raffinaderi genomföras och uppnå uppskattade resultat minskar industrins årliga koldioxidutsläpp med cirka 13 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Detta motsvarar en minskning av de granskade industriernas klimatutsläpp med 82 %. Om detta jämförs med industrins totala utsläpp 2016, dvs även de delar av industrin som inte har inkluderats i den här studien, så medför åtgärderna en minskning av industriutsläppen med 78 %. Störst koldioxidreduktion görs i stålindustrin följt av den sammantagna reduktionen i kemiindustri, aluminium och raffinaderi och cementindustrin, se Figur 5.

Figur 5: Uppskattad utsläppsreduktion i Sveriges industrisektor genom åtgärder i färdplaner

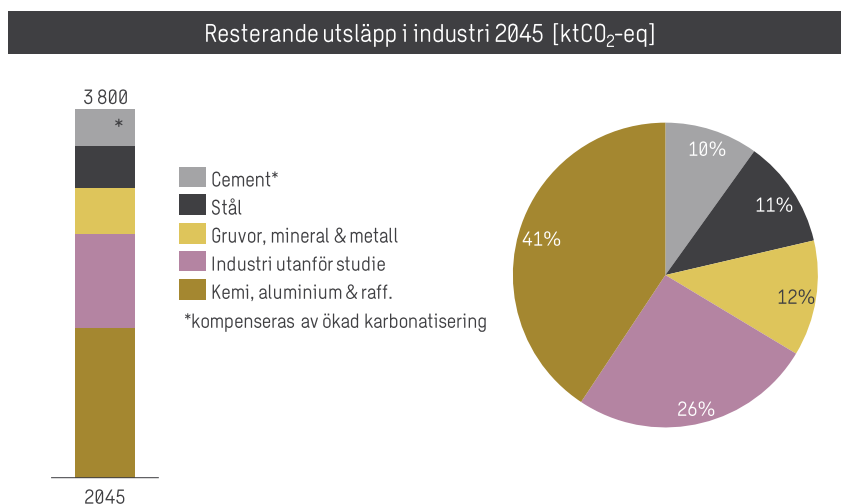


Källa: Klimatifärdplaner, Sweco

De industrier som har presenterat färdplaner har visionen om att helt reducera sina koldioxidutsläpp till 2045. Som beskrivits i denna studie har inte alla branscher tagit fram färdplaner. För att ändå få med industrianläggningarna med störst utsläpp i Sverige har delar av kemiindustrin, aluminiumproduktion och raffinaderi inkluderats i ett för den här studien utvecklat scenario. Utöver detta kvarstår utsläpp i andra delar av industrin, vilket förklarar varför den redovisade reduktionen av koldioxid ej är 100 % till 2045. De utsläpp som kvarstår inom industrin år 2045 är således utsläppen i de branscher som ej inkluderats i studien, utsläpp som kvarstår i scenariot för de branscher där färdplan ej tagits fram och även särskilt komplicerade utsläppskällor där tekniskt möjliga åtgärder inte ännu har identifierats. Dessa utsläppskällor specificeras i Figur 6.

De industrier som ligger utanför studien är de branscher som ännu inte presenterat klimatifärdplaner med undantag för delar av kemiindustrin, aluminiumproduktion och raffinaderier. Detta är exempelvis livsmedelsindustri, verkstads- och elektronikindustri. Detta innebär dock inte att utsläppsminskningar inte kommer att ske i dessa sektorer. Tvärtom har många företag i dessa industrisegment ambitiösa klimatmål och jobbar aktivt för att minska sina utsläpp. Den totala utsläppsminskningen för industrin är med all sannolikhet därför betydligt större år 2045.

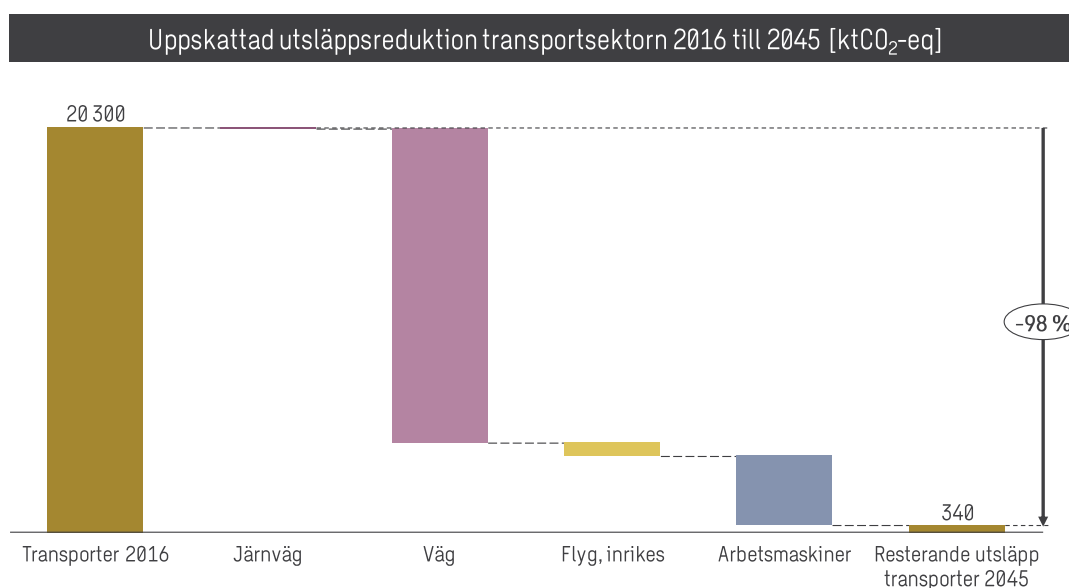
Figur 6: Utsläpp från industri som inte inkluderats i kvantifieringen i denna studie



Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

Utsläppsminskningen inom transportsektorn motsvarar cirka 20 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Åtgärderna i transportsektorn beräknas leda till att utsläppen inom den nationella transportsektorn som helhet minskar med 98 % till år 2045, se Figur 7. Störst utsläppsreduktion sker genom scenariot för vägtransporter. De utsläpp som inte inkluderats i denna studien är sjöfartens nationella utsläpp samt internationella transporter. Svenska sjöfartsbranschen har under flera år arbetat med klimatfrågor och presenterade en klimatfärdplan redan 2015, men kvantifiering av olika åtgärder har ännu inte varit möjligt utifrån detta underlag. De resterande 1-2 % av transportsektorns utsläpp är därför den nationella sjöfartens koldioxidutsläpp.

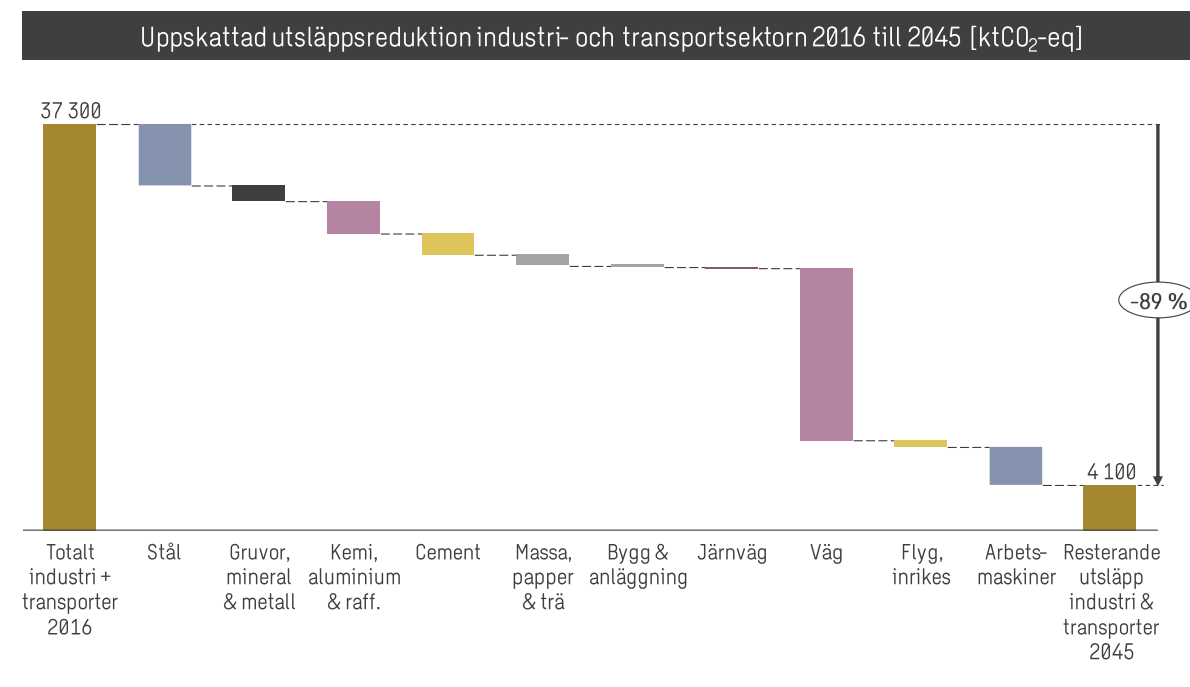
Figur 7: Uppskattad utsläppsreduktion i Sveriges transportsektor genom åtgärder i scenario



Källa: Sweco, FFF-utredningen

Nationella transporter och industri släppte år 2016 tillsammans ut cirka 37 miljoner ton koldioxidekvivalenter enligt Naturvårdsverkets statistik²⁹, detta inkluderar ej internationella transporter. Genomförs studiens samlade åtgärder för industri och transporter minskar utsläppen till cirka 4 miljoner ton, vilket motsvarar en utsläppsminskning med 89 % jämfört med de totala utsläppen i de två sektorerna, se Figur 8.

Figur 8: Uppskattad utsläppsreduktion i Sveriges industri- och transportsektor genom åtgärder i färdplaner och transportscenario



Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

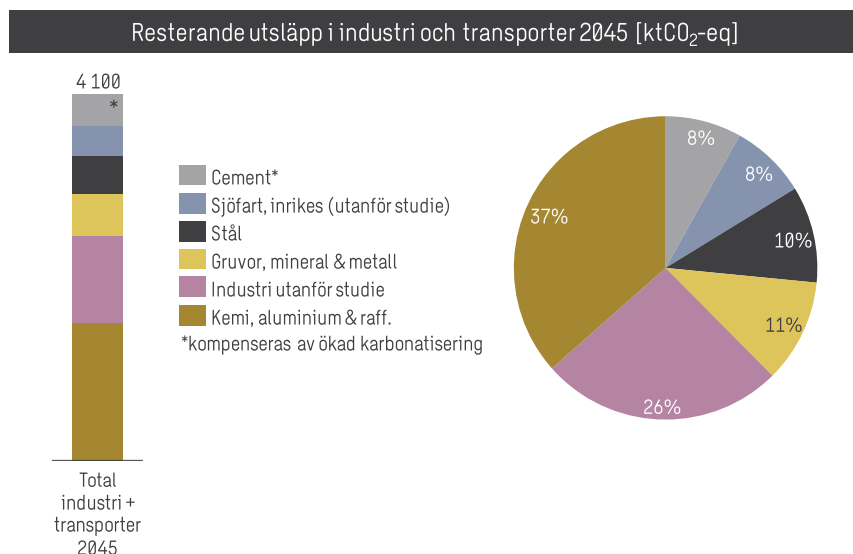
Av de utsläppen om cirka 4,1 miljoner ton koldioxid, som kvarstår år 2045 så är 37 % från kemi-, aluminium- och raffinaderiindustrierna, vilka inte fullständigt integrerats i denna studie, samt cirka 26 % är utsläppen från de industrier som inte har färdplaner och därför exkluderats denna studie, se Figur 9.

Inte heller sjöfartens utsläppsminskningar och planerade åtgärder har granskats inom denna studie. Sjöfartens utsläpp av växthusgaser kan främst relateras till den internationella sjöfarten och dessa utsläpp omfattas i dagsläget inte av Sveriges nationella klimatomål. Inrikes sjöfart bidrog med 2 % av transportsektorns utsläpp 2016, vilket motsvarar drygt 300 tusen ton koldioxidekvivalenter, motsvarande siffra för den internationella sjöfarten var 2016 omkring 6 800 tusen ton. Internationell sjöfart regleras av FN:s sjöfartsorgan IMO (International Maritime Organization) som våren 2018 beslöt att som minst halvera den internationella sjöfartens växthusgasutsläpp med 50% till år 2050 jämfört med 2008. Dessa åtgärder inkluderas ej i denna studie, varför sjöfartens utsläpp kvarstår och är oförändrade jämfört med 2016. Drygt 60 % av sjöfartens utsläpp kommer från kommersiell trafik och resterande del kommer från privata fritidsbåtar. Utsläppen från den kommersiella inrikes sjöfarten har dock minskat med nästan två tredjedelar sedan 1990 samtidigt som utsläppen från fritidsbåtar ökat med omkring 25 % under samma period³⁰.

²⁹ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-0/Vaxthusgaser-nationella-utslapp-och-upptag/>

³⁰ <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6782-3.pdf?pid=21185>

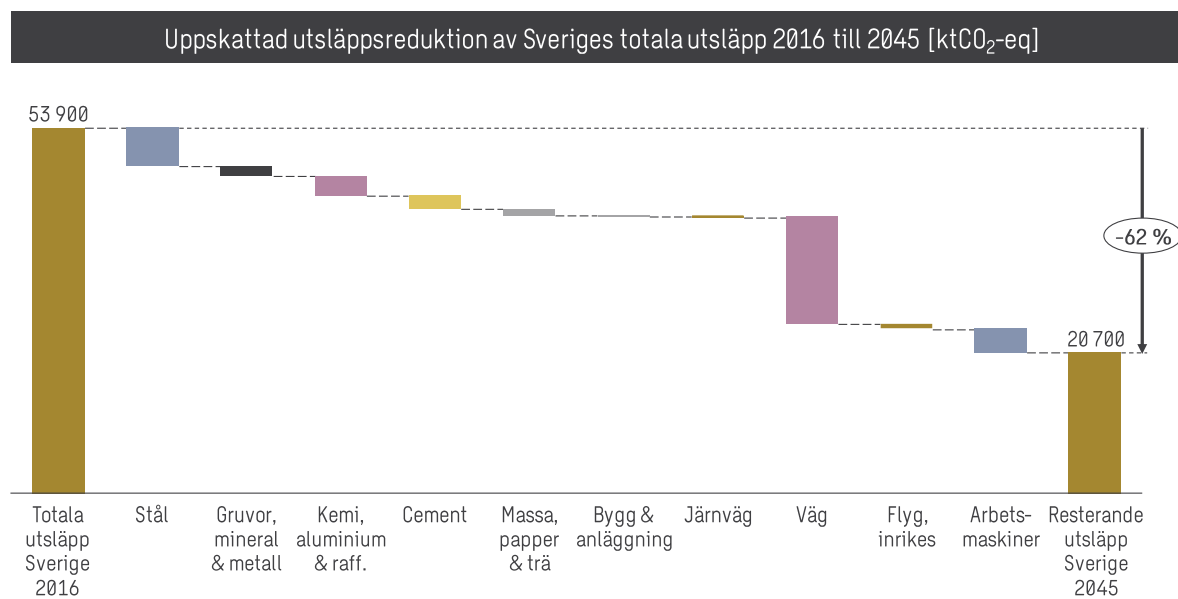
Figur 9: Uppskattade utsläpp från industri och transporter år 2045 som ej inkluderats i kvantifieringen i studien



Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

På nationell nivå innebär de samlade åtgärderna i denna studie att de nationella utsläppen, som var cirka 54 miljoner ton koldioxidekvivalenter 2016, reduceras med omkring 62 %, se Figur 10. Naturvårdsverkets data för de nationella utsläppen inkluderar ej internationella transporter och tar ej hänsyn till LULUCF³¹. Av denna utsläppsreduktion står industrin för ca 40 % och transportsektorn för ca 60 %. De resterande utsläppen som kvarstår är bland annat utsläpp från jordbrukssektorn, el- och fjärrvärme, avfall, bostäder och service.

Figur 10: Uppskattad utsläppsreduktion i Sverige genom åtgärder i färdplaner och transportscenario



Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

³¹ LULUCF – Emissions from land use, land use change and forestry

EFTERFRÅGAN EL

Flertalet åtgärder inom både industri och transportsektor bygger på elektrifiering. Det kvantifierade elbehovet om samtliga av dessa åtgärder skulle genomföras är totalt cirka 37 TWh. Denna siffra är en grov uppskattning av färdplanernas ambitioner och innebär att industrin efterfrågar cirka 20 TWh mer el år 2045 och transportsektorn motsvarande cirka 17 TWh, se Tabell 5. Detta är alltså ny efterfrågan på el, som ska adderas till den el som redan används i sektorerna. Denna efterfrågan inkluderar inte ändrade produktionsnivåer i industrin, högre efterfrågan på koldioxidsnåla tekniker och produkter eller elbehovet för att producera vätgas för biodrivmedelsproduktion i raffinaderier.

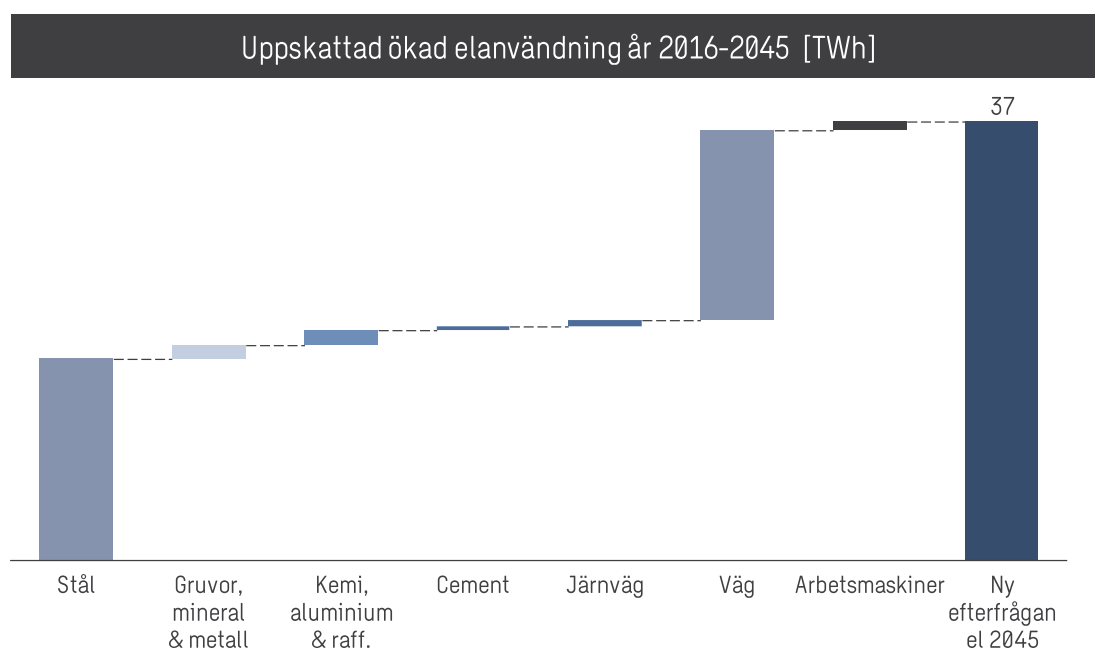
Tabell 5: Summering av uppskattad ökad efterfrågan på el 2045

El	TWh
Industri + transport	35-40
Industri, totalt	20
Stål	17
Gruvor, metall & mineral	1-1,5
Kemi, aluminium & raff.	1-1,5
Cement	0,3-0,5
Massa, papper & trä	0
Transporter, totalt	17-17,5
Järnväg	0,5-1
Vägrafik	16
Flyg, inrikes	0
Flyg, utrikes	0
Arbetsmaskiner	0,5-1

Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

Den uppskattade elanvändningen fördelad per bransch redovisas i Figur 11. Där framgår att störst efterfrågan på el för att genomföra koldioxidreducerande åtgärder finns i stålindustrin som efterfrågar 17 TWh och i vägtransportsektorn som efterfrågar 16 TWh om samtliga åtgärder genomförs.

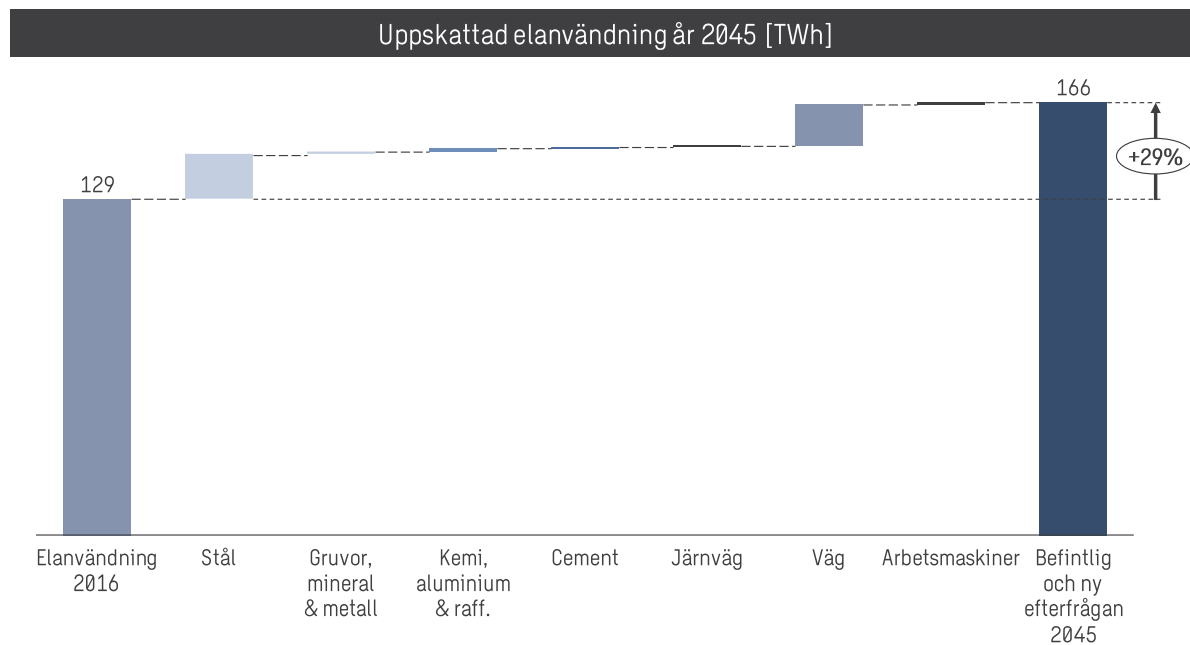
Figur 11: Uppskattad ökad efterfrågan på el 2045



Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

År 2016 var slutlig elanvändningen 129 TWh. Ökar efterfrågan enligt färdplanerna och beskrivna scenarion innebär det ett ökat elbehov om cirka 29 %, se Figur 12.

Figur 12: Jämförelse elanvändning 2016 och uppskattad tillkommande elanvändning till 2045



Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

EFTERFRÅGAN BIOENERGI

Flertalet åtgärder inom både industri och transportsektor kräver tillgång till bioenergi. Även en ökad andel biobaserade råvaror efterfrågas av flera branscher, men inkluderas inte i den här studien. Det kvantifierade bioenergiebehovet om samtliga av dessa åtgärder skulle genomföras är totalt cirka 75 TWh. Detta är alltså ny bioenergiefterfrågan, och ska läggas till den bioenergianvändning som finns redan idag. Denna siffra är en grov uppskattning av färdplanernas ambitioner och innebär att industrin efterfrågar cirka 23 TWh ny bioenergi år 2045 och transportsektorn motsvarande cirka 52 TWh, se Tabell 6. Precis som för elefterfrågan motsvarar denna nivå oförändrade produktionsnivåer i industrin. Kvaliteten på det biobränsle som efterfrågas varierar, generellt kan konstateras att det främst är högkvalitativa förädlade biobränslen som industrin och transportsektorn har störst behov av. Det kvantifierade energibehovet reflekterar slutanvänd bioenergi, hänsyn tas inte till mängden biomassa som krävs för produktion av högförädlade biobränslen. Hur behovet av bioenergi fördelar sig på olika slags bioenergikällor summeras i Tabell 7.

Tabell 6: Summering av uppskattad efterfrågan på bioenergi 2045

Bioenergi	TWh
Industri + transport	75
Industri, totalt	23
Stål	4-5
Gruvor, metall & mineral	2,5-3
Kemi, aluminium & raff.	8-9
Cement	4-5
Skog, trä & papper	2-3
Bygg & anläggning	0,5-1
Transporter, totalt	52
Järnväg	0
Vägtrafik	34
Flyg, inrikes	2
Flyg, utrikes	10
Arbetsmaskiner	6-6,5

Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

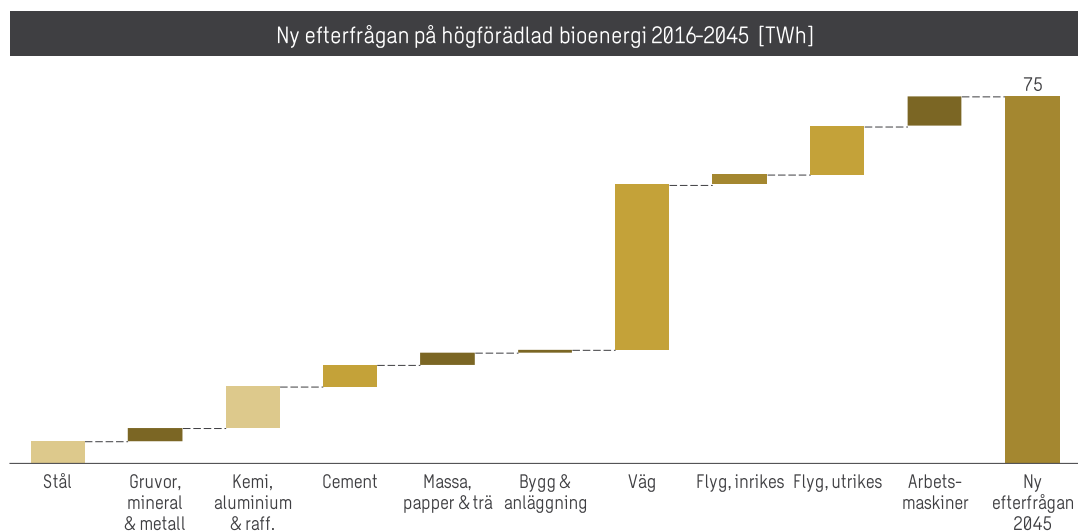
Tabell 7: Kvantifierade mängder bioenergi 2045 [TWh]

	Bio, totalt	Bio, fast	Bio, flytande	Bio, gas	Ospecificerat*
Totalt	~75 TWh	7-8 TWh	~20 TWh	~11 TWh	~37 TWh
Stål	4-5	1,5	0	3	0
Gruvor, metall & mineral	2-3	1,4	1,3	0,1	0
Kemi, aluminium & raff.	8,4	0,4	0	8	0
Cement	4,5	4,5	0	0	0
Massa, papper & trä	2,5	0	0	0	2,5
Bygg- och anläggning	0,5-1	0	0	0	0,5-1
Järnväg	0	0	0	0	0
Vägtrafik	34	0	0	0	34
Flyg, inrikes	2	0	2	0	0
Flyg, utrikes	10	0	10	0	0
Arbetsmaskiner	6-6,5	0	6-6,5	0	0

Källa: Klimatfärdplaner, Sweco, *Ospecificerat innebär att ingen given kvalitet angivits

Den uppskattade bioenergianvändningen fördelad per bransch redovisas i Figur 13. Där framgår att störst efterfrågan på bioenergi för att genomföra koldioxidreducerande åtgärder finns för vägtransporter som efterfrågar 34 TWh och i flygbranschen som efterfrågar 12 TWh år 2045 om samtliga åtgärder genomförs.

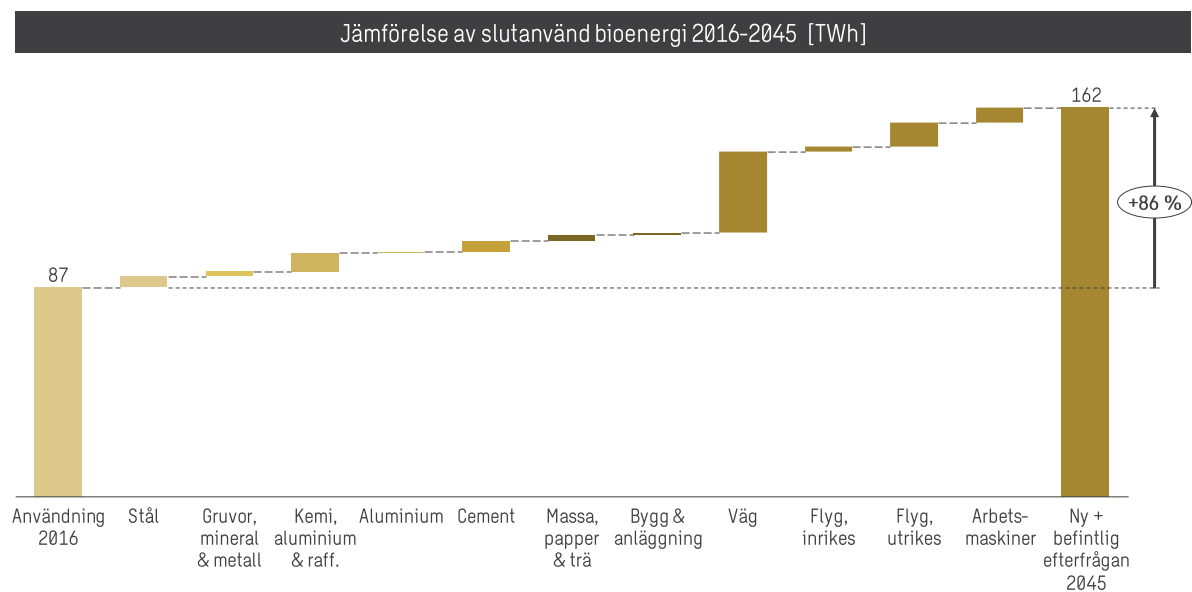
Figur 13: Uppskattad ökad efterfrågan på bioenergi 2045



Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

Det uppskattade nya bioenergiebehovet kan jämföras med den totala biobränsleanvändningen år 2016 som var 87 TWh. Ökar efterfrågan på biobränsle enligt färdplanerna och beskrivna scenarion, dvs med omkring 75 TWh, innebär det att efterfrågan på bioenergi skulle öka med cirka 86 %, se Figur 14. Detta inkluderar endast den energimängd som krävs i processer och inte den mängd biomassa som behövs för att producera biobränslen. Kvaliteten på de efterfrågade biobränslena varierar kraftigt och det är flera olika typer av biomassa som ryms i den uppskattade energimängden.

Figur 14: Jämförelse bioenergianvändning 2016 och uppskattad tillkommande bioenergianvändning till 2045

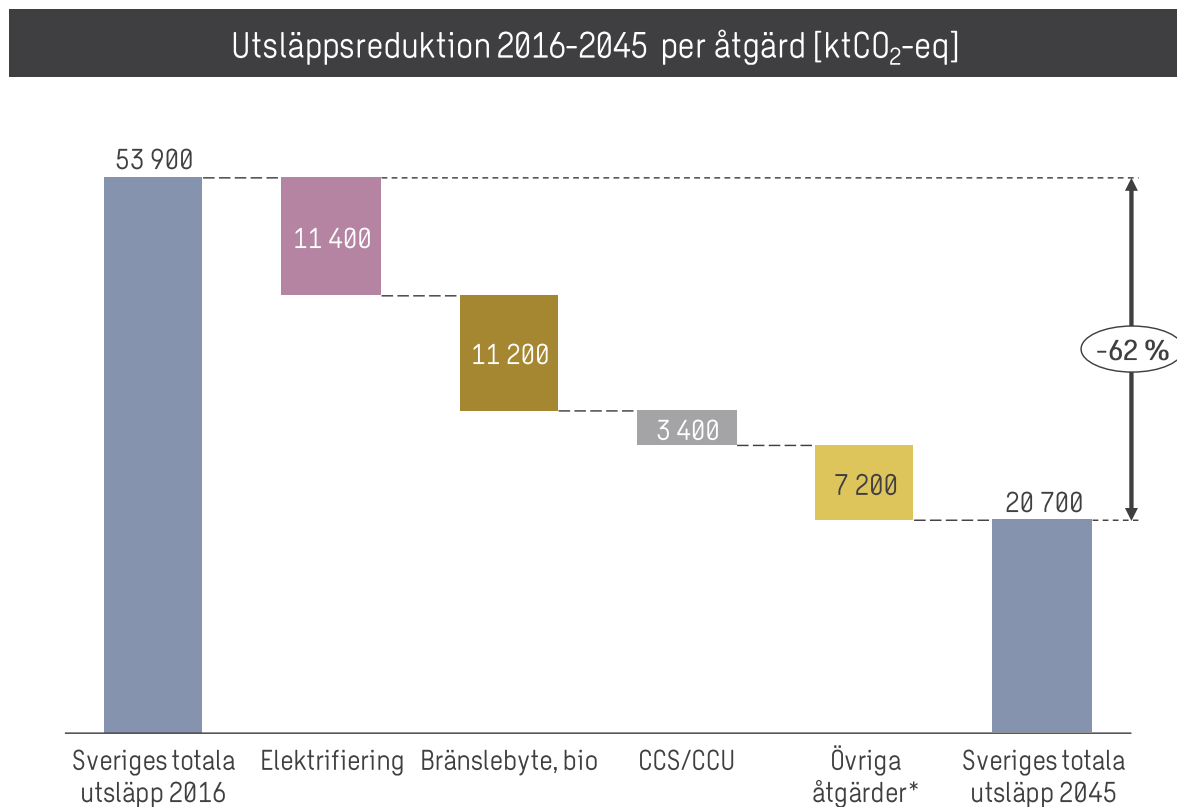


Källa: Klimatfärdplaner, Sweco

UTSLÄPPSREDUKTION PER ÅTGÄRD

Av de åtgärder som beskrivs i klimatzfärdplanerna och i denna studie så har både bränslebyte till bioenergi samt elektrifiering hög potential att sänka koldioxidutsläppen, se Figur 15. Ungefär två tredjedelar av den samlade utsläppsreduktionen i denna studie sker med hjälp av dessa två teknikskiften och de förväntas ha ungefär lika stort bidrag till den samlade utsläppsreduktionen. CCS/CCU står för cirka 10 % av utsläppsreduktionen till 2045 och resterande alternativ bidrar till cirka 20 % av reduktionen.

Figur 15: Utsläppsreduktion per åtgärd beskrivna i klimatzfärdplaner



Källa: Klimatzfärdplaner, Sweco, *Övriga åtgärder inkluderar bl.a. energieffektivisering av processer och utrustning, nya produkter och material etc.

DISKUSSION AV RESULTAT

Uppskattningarna kring industrins omställning i denna studie utgår ifrån dagens produktionsnivåer, och bygger på att de fossila bränslen som ska ersättas motsvarar samma mängd som för dagens produktionsnivå. Hur marknaden och konjunkturer ser ut år 2045 och tiden fram till dess är svårt att uppskatta, men att produktionsnivån är den samma för samtliga industrisektorer är osannolikt. Därtill finns förhoppningar kring att den globala efterfrågan på koldioxidsnåla tekniker kommer att öka i framtiden till följd av politiska ambitioner och koldioxidpriser. Lyckas branscherna genomföra presenterade klimatambitioner leder det troligen till en världsledande industriomställning. Svensk industri är redan idag världsledande inom många områden vad gäller koldioxidsnål produktion. En ökad svensk produktion skulle kunna få betydande påverkan på efterfrågan av el och biobränsle. Exempelvis kan nämnas att det kopplat till järnmalms- och stålproduktion finns uppskattningar i branschen att efterfrågan långsiktigt skulle kunna öka betydligt utöver det som redan aviserats inom Hybrit (15 TWh el).

Behovet av bioenergi som tillkommer har i denna studie kvantifierats till 75 TWh. Denna studie kvantifierar däremot inte mängden biomassa som krävs för att framställa denna mängd bioenergi. En stor mängd av de biobränslen som efterfrågas har höga krav på värmevärdet, energiintensitet och renhet. Mängden biomassa som krävs för att producera 1 TWh bioenergi varierar därför kraftigt. Denna studie tar inte hänsyn till kvantiteterna av biomassa som krävs, tillgången till denna biomassa eller hur denna volym ska produceras. Det behov på 75 TWh som uppskattats tillkomma till 2045 kan jämföras med de 87 TWh bioenergi som nyttjades 2016. Ett troligt scenario är att bioenergianvändningen kommer att förändras i samhället i och med en ökad efterfrågan, då konkurrensen på marknaden ökar. Att addera dessa energivolymer ger därför inte nödvändigtvis en rättvisande bild, utan energimängderna bör snarare användas för jämförelse av storheter.

Det tillkommande behovet av elenergi har i denna studie kvantifierats till 37 TWh. Denna studie berör inte hur denna el bör produceras, elnätets förutsättningar eller kapacitet i befintliga nät. Dessa faktorer är dock viktiga förutsättningar för en ökad elektrifiering. Mängden el som krävs för att ersätta fossila bränslen är osäker och varierar från bransch till bransch. Teknik för elektrifiering är i stor utsträckning ännu omogen och det är därför troligt att kvantifierade elmängder kan vara antingen under- eller överskattade beroende på teknikutvecklingen och om elektrifiering slår igenom i större eller mindre skala än förväntat. Värt att nämna är att FFF-utredningen presenterades år 2013 och den tekniska utvecklingen har kommit långt i transportsektorn sedan dess. Ökad elektrifiering av personbilar, elvägar och elektrifierade arbetsmaskiner är aktuell teknik redan idag och genomslaget av elektrifiering för transportsektorn är därför troligtvis skattat lågt. Behovet av el i transportsektorn kan därför troligtvis bli högre än skattat i denna studie.

Det finns ansatser om att öka produktionen av biobaserat fordonsbränsle i Sverige, vilket därmed även kan leda till ökat elbehov för vätgasproduktion. Detta elbehov har inte kvantifierats i denna studie som enbart tar hänsyn till dagens aktuella produktionsnivåer inom svensk industri. Vattenfall bedömer att elbehovet ökar med minst 3 TWh ytterligare för att öka biodrivmedelsproduktionen med cirka 20 TWh i Sverige. Inhemsk produktion av biodrivmedel kan därför komma att öka elbehovet ytterligare.

De internationella transporterna har inte inkluderats i denna studie. Sjöfartens totala energianvändning är cirka 32 TWh, varav cirka 30 TWh kan härledas till de internationella transporterna. En stor del av energianvändningen inom sjöfart är fossil. Hur sjöfartsbranschen kommer att utvecklas och reducera sina koldioxidutsläpp kan få stor påverkan på behovet av el och bioenergi samt potentiellt leda till stora utsläppsminskningar för Sveriges internationella transporter.

De åtgärder som har presenterats inom branschernas färdplaner är långt ifrån säkra att genomföras. Branscherna har uppskattat vilka vägar som finns framåt och viktat de troligaste scenarierna som summerats i färdplanerna. Dessa åtgärder och scenarier kan komma att ändras då tekniska och ekonomiska förutsättningar förändras och dess genomförande förutsätter att nödvändiga förutsättningar kommer på plats. I flertalet av branscherna pågår forskning parallellt med verksamheternas utveckling. Branscherna och företagen är inte på något sätt bundna att genomföra presenterade åtgärder utan anger visioner kring vad som bedöms vara tekniskt möjligt vid tidpunkten för färdplanens framtagande. De kvantifierade åtgärderna bedöms oberoende av varandra och tar ej hänsyn till ekonomi- eller marknadsmässiga förhållanden för el och bioenergi. Färdplanerna förutsätter dock tillgänglig el och bioenergi till konkurrenskraftiga priser och villkor för att åtgärderna ska kunna realiseras.

Värt att notera är att denna studie förutsätter tillgång till fossilfri el och bioenergi utan nettoutsläpp av koldioxid år 2045. Detta ställer en rad olika krav på bland annat elkraftsystemet och tillgång till hållbart producerad bioråvara från olika källor.

BILAGOR

Tabell 8: Uppdelning av Naturvårdsverkets utsläppskategorier på industrigrenar

Kategori	Utsläppskategorier, Naturvårdsverket
Stål	- Diffusa utsläpp från produktion av koks (CRF 1B1b, 1B1c) - Förbränning i järn- och stålindustri, industriella restgaser för andra ändamål (CRF 1A2a) - Förbränning i järn- och stålindustri, industriella restgaser för el- och fjärrvärmeproduktion (CRF 1A2a) - Förbränning i järn- och stålindustri, övriga bränslen (CRF 1A2a) - Förbränning i koksverk, alla bränslen (CRF 1A1c) - Processutsläpp järnproduktion (CRF 2C1b) - Processutsläpp kalkproduktion (CRF 2A2) - Processutsläpp produktion av direkt-reducerat järn (CRF 2C1c) - Processutsläpp stålproduktion (CRF 2C1a)
Gruvor, mineral & metall	- Förbränning i metallindustri, alla bränslen (CRF 1A2b) - Processutsläpp magnesiumproduktion (CRF 2C4) - Processutsläpp övrig metallindustri (CRF 2C7) - Förbränning i övrig icke-metallisk mineralindustri, alla bränslen (CRF 1A2f) - Processutsläpp produktion av bränd kalk (CRF 2A2) - Förbränning i gruvindustri, alla bränslen (CRF 1A2gviii) - Processutsläpp gruvindustri (CRF 2H3) - Processutsläpp pelletsproduktion (CRF 2C1e) - Processutsläpp kalkproduktion (CRF 2A2) - Förbränning i cement-, kalk- och gipstillverkning, alla bränslen (CRF 1A2f)
Kemi & Raffinaderi	- Förbränning i kemiindustri, alla bränslen (CRF 1A2c) - Processutsläpp kemiindustri (CRF 2B) - Processutsläpp aluminiumproduktion (CRF 2C3) - Förbränning i gummi- och plastvaruindustri, alla bränslen (CRF 1A2gviii) - Diffusa utsläpp från hantering av naturgas (CRF 1B2b, 1B2c12, 1B2c22) - Diffusa utsläpp från produktion och hantering av oljeprodukter (CRF 1B2a, 1B2c21) - Förbränning i raffinaderier (CRF 1A1b)
Cement	- Förbränning i cement-, kalk- och gipstillverkning, alla bränslen (CRF 1A2f) (Motsvarande cementas utsläpp, resterande i gruvor, metall & mineral) - Processutsläpp cementproduktion (CRF 2A1)
Massa, papper & trä	- Förbränning i pappers- och massaindustri samt tryckerier, alla bränslen (CRF 1A2d) - Processutsläpp kalkproduktion (CRF 2A2) - Processutsläpp pappers- och massaindustri (CRF 2H1) - Förbränning i trävaruindustri, alla bränslen (CRF 1A2gviii) - Processutsläpp trähantering (CRF 2I)
Bygg- och anläggning	- Förbränning i bygg- och anläggningssektorn, alla bränslen (CRF 1A2gviii) - Processutsläpp bygg- och rivningsindustri (CRF 2H3)
Övrig industri	- Processutsläpp glasproduktion (CRF 2A3) - Förbränning i glastillverkning, alla bränslen (CRF 1A2f) - Förbränning i livsmedelsindustri, alla bränslen (CRF 1A2e) - Processutsläpp kalkproduktion (CRF 2A2) - Processutsläpp livsmedelsindustri (CRF 2H2) - Förbränning i verkstadsindustri, alla bränslen (CRF 1A2gviii) - Förbränning i övrig industri, alla bränslen (CRF 1A2gviii) - Processutsläpp elektronikindustri (CRF 2E1) - Processutsläpp sinterproduktion (CRF 2C1d) - Processutsläpp mineralullsproduktion (CRF 2H3) - Processutsläpp övrig mineralindustri (keramik, soda, m.m.) (CRF 2A4a, 2A4b)
Transport (ej arbetsmaskiner)	- Inrikes järnväg (CRF 1A3c) - Flyg (CRF 1A5b) - Sjöfart (CRF 1A5b) - Vägtrafik (CRF 1A5b) - Privata friluftsbåtar (CRF 1A3d) - Kommersiella fartyg (CRF 1A3d) - Bilar (CRF 1A3b) - Bussar (CRF 1A3b) - Lätta lastbilar (CRF 1A3b) - Tunga lastbilar (CRF 1A3b) - Mopeder och motorcyklar (CRF 1A3b) - Inrikes flyg (CRF 1A3a)
Transport (arbetsmaskiner)	- Hushåll (CRF 1A4bii) - Fiskerier (CRF 1A4ciii) - Industrier (CRF 1A2gvii) - Jordbruk (CRF 1A4cii) - Kommersiella och offentliga verksamheter (CRF 1A4aii) - Skogsbruk (CRF 1A4cii) - Övrigt (flygplatser, hamnar, m.m.) (CRF 1A3eii)

Källa: Naturvårdsverket, Sweco, intervjuer med branschföreträdare

Hållbarhet

Swecos mission är att aktivt bidra till en hållbar samhällsutveckling. Vår största påverkan på samhället har vi genom våra uppdrag, det som vi kallar Sustainable engineering and design. Därför ligger vårt hållbarhetsfokus på att ta ansvar för de tjänster vi levererar, nu och i framtiden. Vi strävar efter att göra hållbarhet till en naturlig del av vår uppdragsverksamhet, från planering till utförande, från tanke till lösning.

I begreppet hållbar utveckling integreras tre dimensioner av hållbarhet: social, ekonomisk och miljömässig. Med Swecos samlade kompetens bidrar vi till en hållbar samhällsutveckling och arbetar tillsammans med våra kunder till samtliga av FN:s 17 globala hållbarhetsmål. **Detta projekt ser vi har effekt på följande hållbarhetsmål:**



Kvantifiering av klimafärdplaner

Beställare	Svenskt Näringsliv
Uppdrag	15004105 Kvantifiering av klimafärdplaner
Konsult	Sweco Energuide AB
Upprättad av	Emma Wiesner
Granskad av	Johan Bruce, Erica Edfeldt