

Scenarier över Sveriges energisystem 2023

Med fokus på elektrifieringen 2050

ER 2023:07

Energimyndighetens publikationer kan laddas ner eller beställas via www.energimyndigheten.se

Statens energimyndighet, mars, 2023

ER 2023:07

ISSN 1403-1892

ISBN (pdf) 978-91-7993-112-4

ISBN (tryck) [[Klicka här och skriv](#)]

Tryck: Arkitektkopia, Bromma

Förord

2050-talet. 30 år framåt i tiden. Det är så långt som Energimyndighetens långsiktiga scenarier sträcker sig. Det gör det också intressant att ta en snabb återblick 30 år tillbaka i tiden, till början av 90-talet. Hur såg det ut då? Världens första hemsida hade precis publicerats och klimatfrågan hade börjat komma upp på agendan. Mobiltelefoner började bli vanliga tack vare utbyggnaden av GSM-nätet. Men det var långt från dagens ”smartphones” där vi har tillgång till all världens information samtidigt som vi kan spela in egna filmer, sköta våra inköp och bankärenden, och även styra våra hems energianvändning och så mycket annat. I början av 90-talet var eldrivna fordon fortfarande ganska experimentella, och de som fanns i trafiken gick varken fort eller kom så värst långt. Vindkraften fanns förvisso, men det var småskaligt och framför allt drivet av visionärer och kooperativ. En stor skillnad från dagens vindkraft som levererade 33 TWh förra året.

Tillbaka till nutid och framtid. Energimyndigheten tar vartannat år fram långsiktiga scenarier för det svenska energisystemet. Arbetet görs i samband med rapporteringen av de svenska klimatutsläppen till Europeiska kommissionen. Även ytterligare olika scenarier tas då fram för att få ett brett kunskapsunderlag över möjliga utvecklingsvägar i ett framtida energisystem. I årets rapport har vi valt att titta särskilt på utfallet av en kraftig elektrifiering av samhället och hur ett energisystem kan se ut i ett sådant samhälle.

Det svenska energisystemet är i förändring och det finns många faktorer som påverkar vilken väg utvecklingen tar. Med en snabbt ökande efterfrågan på el i samhället och med nya och förändrade elanvändningsmönster är det viktigt att i god tid skapa rätt förutsättningar för utökad elektrifiering, en del av det är att underlätta för utbyggnad av alla fossilfria kraftslag. En betydande ökning av elanvändning understryker också vikten av energieffektivitet och en resurseffektiv användning av all energi, något vi blivit varse om det senaste året. Samma sak gäller forsknings-, innovations- och utvecklingsarbetet runt centrala delar i ett framtida energisystem såsom energilagring, efterfrågefleksibilitet och energiinfrastruktur.

Framtidsscenarierna i rapporten kan och kommer att användas i olika typer av utredningar och analysarbeten som viktiga underlag såsom en central utgångspunkt i myndighetens regeringsuppdrag om att Analysera utvecklingsvägar för befintlig och ny elproduktion som kommer att redovisas i juni 2023.

Robert Andrén
Generaldirektör

Innehåll

Slutsatser och sammanfattning	9
Slutsatser.....	9
Sammanfattning.....	11
1 Introduktion	15
1.1 Inledning	15
1.2 Bakgrund och syfte	15
1.3 Tidöavtalet och regeringens aviserade politik.....	16
1.4 Om scenarierna.....	17
1.5 Rapportens disposition	20
2 Trender och drivkrafter som påverkar energisystemets utveckling	21
2.1 Nuvarande situation på de globala energimarknaderna innebär osäkerheter för den framtida utvecklingen.....	21
2.2 En kraftigt ökande elanvändning ställer krav på en utökad elproduktion	23
2.3 Nya tekniker och nya energibärare ställer nya krav på energisystemet.....	23
2.4 En ökad digitalisering av samhället	24
2.5 Osäkerheter kring bioenergianvändning	25
2.6 Även internationella drivkrafter och förutsättningar förändras snabbt	25
2.7 Klimatförändringarna ställer nya krav på energisystemet.....	26
3 Total användning och tillförsel i energisystemet visar stort utfallsrum	27
3.1 Energitillförsel.....	28
3.2 Energianvändning	31
4 Industrisektorn	33
4.1 Om industrisektorn.....	34
4.2 Om de olika scenarierna för industrins energianvändning	34
4.3 Total energianvändning inom Sveriges industri	35
4.4 Energianvändning per energibärare	36

4.5	Utökad elanvändning och fossil utfasning	37
4.6	Energianvändning per bransch	39
4.7	Viktiga tekniker för industrins omställning	41
4.8	Förädlingsvärde / Effektivisering	43
5	Transportsektorn	45
5.1	Om transportsektorn	45
5.2	Om de olika scenarierna för transportsektorns energianvändning	45
5.3	Total energianvändning inom transportsektorn	46
5.4	Vägtrafikens utveckling	48
5.5	Utvecklingen för bantrafik, luftfart och sjöfart	53
6	Bostäder och service m.m.	54
6.1	Om sektorn bostäder och service m.m.	54
6.2	Total energianvändning i sektorn bostäder och service m.m.	55
6.3	Bostäder och lokaler	57
6.4	De areella näringarna	60
6.5	Delsektor bygg	61
6.6	Arbetsmaskiner	61
6.7	Datacenter	63
7	El och fjärrvärme	66
7.1	Elbehovet ökar och elproduktion från alla kraftslag behövs	67
7.2	Fjärrvärme	78
8	Måluppfyllelse	81
8.1	Andel förnybar energi bedöms öka i scenarierna men osäkerheterna är stora i framtida beräkningar	81
8.2	Andel förnybar och fossilfri elproduktion ökar	84
8.3	Energiintensitetsmålet nås inte men förutsättningarna har förändrats	86
8.4	Andel förnybart i transportsektorn ökar kraftigt men inkluderar ett oförändrat reduktionspliktssystem	87
9	Avslutande diskussion	89
9.1	Elsystemet blir en alltmer central del av energisystemet	89

9.2	Det finns utmaningar som behöver lösas för att en omfattande elektrifiering ska kunna ske	90
9.3	Elproduktionen kan behöva utökas redan på kort sikt	91
9.4	En viktig pusselbit för elektrifieringen är kompetens- och resursförsörjningen	92
9.5	Utvecklingen av framtida drivmedel och fordonstekniker	93
9.6	Den framtida utvecklingen är beroende av många olika faktorer	94
Bilaga A – Resultattabeller		96
A.1	Lägre elektrifiering	96
A.2	Högre elektrifiering	101
A.3	Känslighetsfall industri	106
A.4	Målberäkningar	111
Bilaga B – Förutsättningar och metod		112
B.1	Generella förutsättningar	112
B.2	El- och fjärrvärmeproduktion	116
B.3	Transportsektorn	131
B.4	Bostäder och service	146
B.5	Industrisektorn	158
B.6	Måluppfyllelse	163

Slutsatser och sammanfattning

Slutsatser

Stora förändringar i energisystemet oavsett scenario

Det är tydligt att stora förändringar kommer ske i energisystemet, oavsett scenario. Från att både användning och tillförsel av energi varit relativt stabil i många år sker stora rörelser, framför allt vad gäller el som energibärare. Elsystemfrågor blir alltmer centrala i energisystemet med el som den huvudsakliga energibäraren 2050. Användningen av fossila bränslen minskar kraftigt fram till 2050. Elektrifieringstakten är avgörande för hur mycket användningen av fossila bränslen minskar, men även biobränslen fortsätter vara viktiga för hur mycket fossila bränslen som finns i systemet.

Som vi kan se i de scenarier som presenterats i denna rapport är utfallsrummet för energianvändning stort och den faktiska utvecklingen är beroende av många olika påverkande faktorer. Det handlar inte bara om osäkerheter på energimarknaderna eller i omvärlden utan den snabba elektrifieringen och utvecklingen av ny teknik gör det svårare att göra bedömningar om framtiden. Att utfallsrummet som presenteras i denna rapport är stort speglar den osäkerhet som finns, men tydligt är att i samtliga scenarier sker stora förändringar av framtidens energisystem.

Industrin driver utvecklingen mot en ökad el- och energianvändning

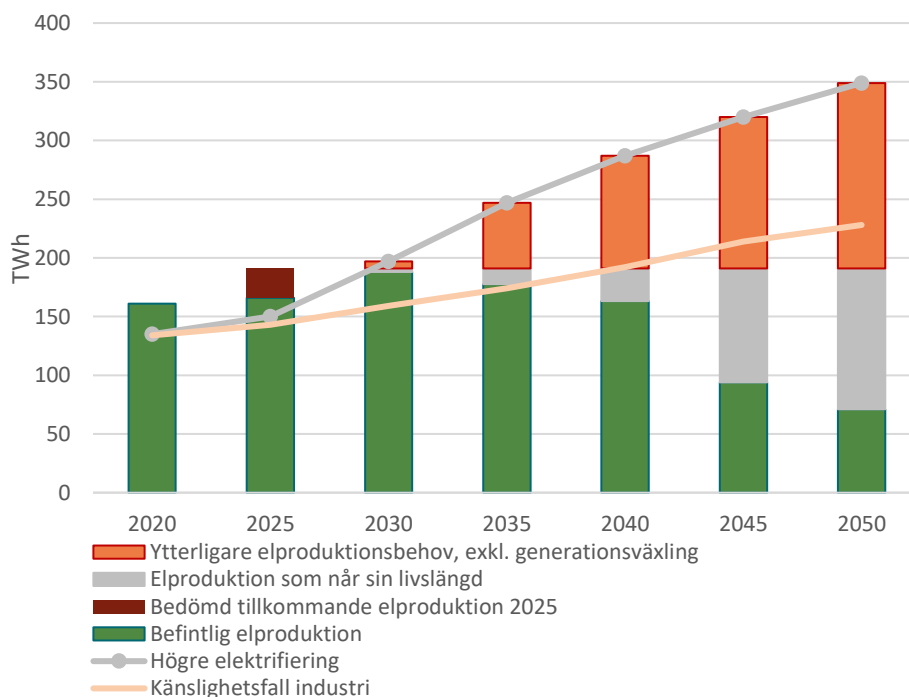
Energimyndigheten har identifierat en rad initiativ inom industrin som sammantaget innebär att sektorn genomgår en stor omställning fram till 2050. Det handlar inte bara om ett skifte från fossila bränslen till el (byte av energibärare) utan också om ny tillkommande elanvändning som uppstår genom en ökad förädling av råvaror i Sverige (mer stål av svenskt järn) samt etablering av nya industrier (till exempel tillverkning av elektrobränslen, batterifabriker, ny malmbrytning). I samtliga scenarier är det dock huvudsakligen produktion av vätgas genom elektrolys som bidrar till den ökade elanvändningen.

Allt detta är energiintensiva verksamheter och tillsammans med en utökad elektrifiering även i övriga sektorer leder det till att vi i det mest progressiva scenariot (*Högre elektrifiering*) har en total elanvändning som går från 134 TWh 2020 till 349 TWh 2050. Den totala vätgasanvändningen i scenarierna för industrin är till största delen kopplad till ett fåtal stora aktörer. Det faktiska utfallet för industrins (och även hela Sveriges) el- och energianvändning påverkas därför av dessa aktörers beslut kring elektrolysbaserad vätgasproduktion. Om olika hinder för att denna produktion ska komma till stånd uppstår får det också en stor påverkan. Den stora ökningen sker däremot inte från en dag till en

annan utan det handlar om stegvisa utökningar i samband med att olika investeringar och projekt kommer till stånd.

Efterfrågan på el kan öka kraftigt redan på kort sikt

Redan 2030–2035 kan vi i scenarierna se en ökad efterfrågan på el. För att tillgodose denna stora efterfrågan på el behövs också en mycket stor mängd ny elproduktion och elnät, samt en reinvestering i det befintliga elsystemet. I scenariot för *Högre elektrifiering* kommer det behövas ny elproduktion redan till 2030 för att möta det ökade elbehovet. Om inte utmaningar kopplat till i utbyggnaden av elnätet och produktionsanläggningar kan lösas är risken stor att vissa planerade satsningar inte kan komma till stånd. Det finns ett ömsesidigt beroende mellan användning, produktion och elnätsutbyggnad och vilka förutsättningar de olika delarna har och hur de utvecklas kommer att vara avgörande för hur den framtida utvecklingen av elsystemet kommer att se ut. Oavsett hur behovet av ny el tillgodoses kommer det att ta en viss tid för att fatta investeringsbeslut, få tillstånd, skapa acceptans, bygga nya elnät etc. Även energieffektivisering kommer därmed att bli en allt viktigare fråga för att kunna hantera den kraftiga utökningen på kort sikt.



Ökning av elbehovet till 2050 (utfallsrummet visar skillnaden mellan *Högre elektrifiering* och *Känslighetsfall industri*) i jämförelse med befintlig elproduktion, antagande om elproduktion 2025 och ytterligare behov för att nå det högre utfallet.

För att klara en kraftfull elektrifiering behövs alla fossilfria kraftslag

På längre sikt finns många möjliga utvecklingsvägar för framtidens elproduktion och alla kraftslag har sina olika för- och nackdelar. Den framtida elproduktionsmixen är starkt beroende av hur acceptansen i samhället ser ut för olika kraftslag. Det är också viktigt att politiken tar ansvar för att undanröja hinder, ta ställning i olika målkonflikter samt skapa långsiktiga spelregler. Med den kunskap vi har idag ser vi inte att en kraftig elektrifiering är möjlig utan goda förutsättningar för samtliga fossilfria kraftslag. Vi har samtidigt en stor potential på sikt av framför allt landbaserad vindkraft, befintlig kärnkraft, havsbaserad vindkraft och ny kärnkraft. Alla dessa kraftslag bedöms ha en lönsamhet på sikt i de energisystemmodelleringar som gjorts i det här arbetet. Utifrån det högre elektrifieringsscenario som tagits fram i detta arbete kommer flera möjliga utvecklingsvägar för elproduktionen presenteras och analyseras djupare i Energimyndighetens regeringsuppdrag att Analysera utvecklingsvägar för befintlig och ny elproduktion.

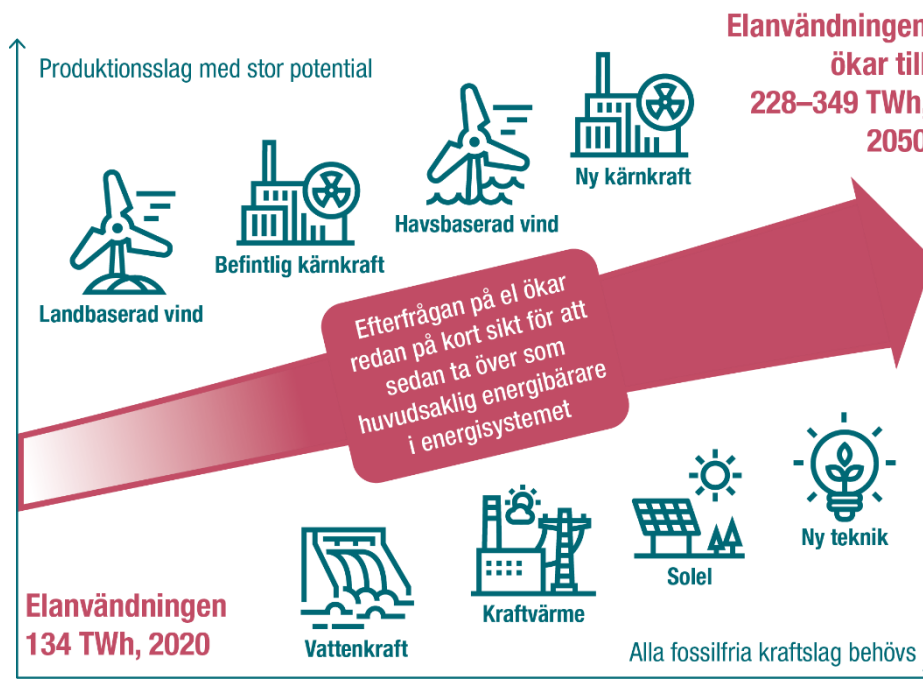


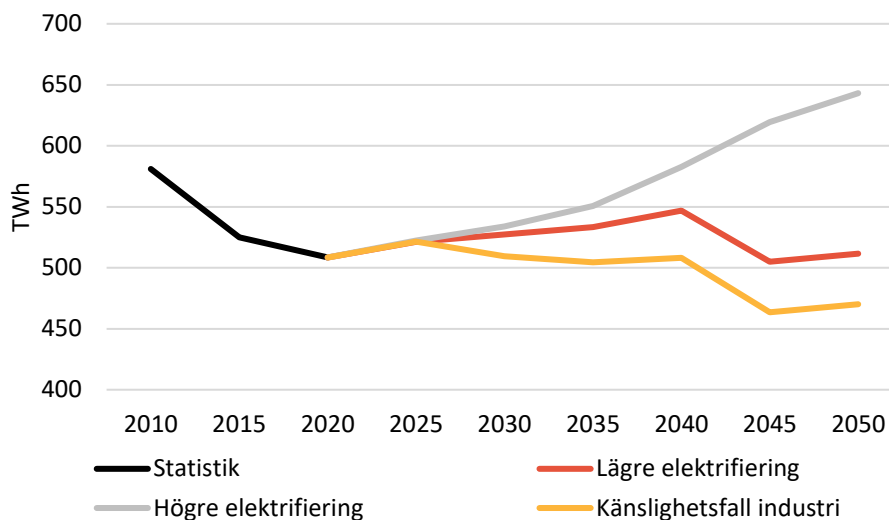
Illustration Energimyndigheten.

Sammanfattning

I Energimyndighetens långsiktiga scenarier görs en analys av energisystemets utveckling fram till 2050. Vi ser en trend och utveckling mot alltmer elektrifiering i samhället och huvudfokus för scenarierna denna gång har därför varit att titta närmare på varierande grad av elektrifiering. Med el som huvudsaklig energibärare blir elsystemfrågor alltmer centrala i energisystemet och vi ser i alla scenerier en ökad elanvändning på grund av elektrifieringen.

Total energianvändning & tillförsel

Total energianvändning och tillförd energi visar på en stor spridning i de olika scenarierna 2050.¹ Total energitillförsel var 509 TWh under 2020.² År 2050 förväntas energitillförseln vara 470–643 TWh beroende på scenario.



Total energitillförsel (inkl. nettoimport/export) 2010, 2015 och 2020 samt i scenarierna till 2050, TWh.

Total energianvändning var 498 TWh under 2020.³ Total energianvändning är mellan 470–643 TWh beroende på scenario. Gemensamt för samtliga scenarier är att användningen av fossila bränslen i form av olje-, kolprodukter och naturgas minskar kraftigt med mellan 70–77 procent mellan 2020–2050.

Industrisektorn

Scenarierna för industrisektorn spänner upp ett utfallsrum för energianvändning på mellan 170 och 259 TWh 2050 med en motsvarande elanvändning mellan 97 och 187 TWh. Den ökande energianvändningen beror primärt på ökad elanvändning, främst inom järn- och stålindustrin. Den övre delen av spannet inkluderar en stor ökning i efterfrågan på exempelvis elektrobränslen, fossilfritt stål och batterier vilket bidrar till en ökad industriell produktion.

¹ Energisystemet är alltid i balans. Den använda energin inklusive förluster är alltid lika stor som den tillförda energin.

² Under 2020 pågick covid-19-pandemin som ledde till att energianvändningen och tillförd energi var den lägsta sedan 1984.

³ Skillnaden mellan energitillförsel och energianvändningen 2020 utgörs av en statistisk differens.

Det är huvudsakligen produktion av vätgas genom elektrolys som i samtliga scenarier bidrar till den ökade elanvändningen. Behovet av el för produktion av vätgas beräknas vara 22–100 TWh 2050.

De fossila bränslena inom industrin bedöms minska med 58–70 procent till 2050. Kvarvarande fossila bränslen är huvudsakligen gasol, naturgas och vissa övriga bränslen⁴.

Bostäder- & servicesektorn

Den totala energianvändningen i sektorn har varit och förväntas fortsätta vara på en relativt stabil nivå över tid. Energianvändningen ökar från 140 TWh 2020 till mellan 145–155 TWh 2050 beroende på scenario. Elanvändningen i sektorn förväntas öka oavsett scenario. Orsaken till detta är framför allt en förväntad ökad etablering av datacenter samt en ökad elektrifieringstakt för arbetsmaskiner. Total elanvändning i sektorn ökar mellan 8 TWh och 21 TWh till 2050 beroende på scenario (jämfört med 2020). El till uppvärmning förväntas dock minska på grund av en förväntad utfasning av direkt eluppvärmning av bostäder.

Transportsektorn

Utfallsrummet för den totala energianvändningen för Sveriges transportsektor (inrikes transporter) visar på en minskning från cirka 79 TWh 2020 till mellan 49 och 54 TWh fram till 2050 beroende på scenario.

År 2050 antas personbilsflottan i princip vara helt elektrifierad i det högre elektrifieringsscenariot, men även i det lägre scenariot antas andelen elfordon och laddhybrider vara omfattande. Redan 2030 antas mellan cirka 20 och 40 procent av personbilarna vara helt drivna av el beroende på scenario. Det är viktigt att påpeka att denna utveckling är helt beroende av att laddinfrastruktur byggs ut i tillräcklig omfattning samt att det finns tillgång till elfordon.

El och fjärrvärme

Elanvändningen ökar kraftigt i samtliga scenarier till 2050 och uppgår till mellan 228 och 349 TWh. Elproduktionen ökar i samtliga scenarier till 2050. Den högsta elproduktionen noteras i scenariot med högst elektrifiering där främst den höga efterfrågan på el driver fram en elproduktion på 362 TWh. Nettoexporten minskar i samtliga scenarier men Sverige förblir nettoexportör i två av scenarierna. I ett av scenarierna övergår Sverige till att vara nettoimportör.

Kärnkraften finns med i samtliga scenarier genom att de antaganden som gjorts för drifttidsförlängning gör det till en lönsam investering. Investeringar i ny kärnkraft blir lönsamt i två av scenarierna. Landbaserad

⁴ Posten övriga bränslen inkluderar framför allt fossilt verksamhetsavfall och bränngas.

vindkraft byggs utan stödsystem under perioden i samtliga scenarier. Även havsbaserad vindkraft byggs ut i två av scenarierna. Solkraften förväntas öka fram till 2050 i samtliga scenarier.

Det är viktigt att notera att elproduktionsmixen till 2050 är en relativt känslig balans mellan kostnadsantaganden och potentialer för vindkraft på land, till havs, kärnkraft och handeln med andra länder. Om någon av beräkningsförutsättningarna ändras för något av kraftslagen, exempelvis kostnadsbildningen eller utbyggnadstakten, förändras också resultaten. Speciellt för havsbaserad vindkraft och ny kärnkraft är osäkerheten stor då det saknas större genomförda projekt i närtid i Sverige

Måluppfyllelse

Sverige har inget fastställt mål för andel förnybar energi till 2030. I scenarier och känslighetsfall blir andelen mellan 74 och 76 procent.

Andel förnybar elproduktion blir i scenarierna 78–80 procent 2040. Då kärnkraft inkluderas i beräkningen blir den fossilfria elproduktionen 99–99,5 procent till 2040.

Målet för energiintensiteten, uttryckt som tillförd energi i förhållande till BNP, är att den ska vara 50 procent lägre 2030 än 2005. Målet nås inte i något av scenarierna. Minskningen blir 41–43 procent. Konvertering av befintlig industri samt nya elintensiva industrier ökar den tillförda energin i jämförelse med tidigare gjorda scenarier där minskningen var något större.

Andelen förnybar energi som används i transportsektorn är 77–81 procent till 2030 i scenarierna men inkluderar då dagens reduktionsnivåer till 2030 i reduktionspliktssystemet.

1 Introduktion

1.1 Inledning

Samhället och energisystemet står inför stora förändringar i syfte att uppnå klimat- och energipolitiska mål. Efter att elanvändningen i Sverige har varit relativt konstant under de senaste decennierna förväntas elanvändningen, till följd av elektrifieringen i samhället, öka kraftigt under kommande decennier. Störst förändringar kommer troligen att ske inom transportsektorn och industrin då dessa sektorer dels har höga utsläpp idag, dels då flera aktörer inom dessa branscher menar att omställningen behöver göras för att de ska vara konkurrenskraftiga både på kort och lång sikt.^{5,6} Utöver detta finns det också elintensiva branscher som är på frammarsch i form av framför allt industrier som på olika sätt använder vätgas producerad genom elektrolys, såsom järn- och stålproduktion, samt elektrobränslen, datacenter och batteriproduktion. En ökad elektrifiering är en global trend och inte unikt för Sverige.

1.2 Bakgrund och syfte

Samhället går som sagt mot en omfattande omställning av energisystemet utifrån ett antal trender och drivkrafter som påverkar framtidens energisystem. Samtidigt finns också ett antal osäkerheter som kan påverka farten och riktningen för energiomställningen. Sammantaget ökar dessa osäkerhetsfaktorer behovet att förstå framtidens utmaningar och en viktig del för att öka förståelsen kan vara att göra olika typer av scenarioanalyser. För att öka kunskapen om de utmaningar som omställningen innebär tar Energimyndigheten fram denna scenariorapport som syftar till att visa på en helhetsbild av energisystemet och möjliga utvecklingsvägar framåt.

En utgångspunkt för scenarioarbetet i denna rapport är de långsiktiga scenarier över energisystemet som Energimyndigheten tar fram vartannat år i samband med att Sverige ska rapportera de svenska klimatutsläppen till Europeiska kommissionen. Rapporteringen görs enligt Klimatrapporteringsförordningen⁷. Den svenska rapporteringen av klimatutsläppen samordnas av Naturvårdsverket och baseras på underlag från flera olika myndigheter.

Scenarierna används även för att följa upp de energipolitiska målen och i olika typer av utredningar där scenarier över framtiden behövs som underlag. Energimyndigheten brukar därför i samband med detta arbete även ta fram ytterligare ett eller flera scenarier samt känslighetsanalyser

⁵ Fossilfritt Sverige, Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft – Omställning och utveckling av svensk industri. <https://fossilfritt Sverige.se/fardplaner/> (hämtad 2023-02-28).

⁶ Sweco på uppdrag av Svenskt Näringsliv, Klimatneutral konkurrenskraft – Kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner, 2019.

⁷ SFS 2014:1434, Klimatrapporteringsförordning.

för att få ett brett kunskapsunderlag på möjliga utvecklingsvägar i ett framtida energisystem.

Energimyndigheten gör inte någon bedömning av vilket scenario som är mest troligt och har därför inte något huvudscenario. Vi presenterar olika scenarier som visar på olika utvecklingsvägar och som spänner upp ett utfallsrum. Scenarierna utgår från dagens energisystem och undersöker olika parametrar i syfte att öka förståelsen för hur dessa påverkar energisystemet i stort. Inget av scenarierna är måluppfyllande vad gäller de energi- och klimatpolitiska målen till 2030 och 2045. Däremot kan scenarierna användas för att analysera fortskridandet mot måluppfyllelse samt eventuella gap till att uppfylla målen.

I rapporten diskuteras vilka antaganden som är osäkra och hur det påverkar resultaten av scenarierna. En viktig del i utredningen är att visa på de osäkerheter som finns och resultaten i denna rapport ska inte betraktas som en prognos. Energimyndighetens långsiktiga scenarier ska användas för att analysera utvecklingen på längre sikt. För utvecklingen på kort sikt tar Energimyndigheten fram kortsiktiga prognoser⁸ som sträcker sig fyra år framåt i tiden.

1.3 Tidöavtalet och regeringens aviserade politik

I oktober 2022 presenterades Tidöavtalet: Överenskommelse för Sverige.⁹ I denna ges på en övergripande nivå en politisk plattform för regeringens kommande arbete. Flertalet reformer presenteras inom energi och klimat som har kopplingar till scenarioarbetet. Här kan nämnas förutsättningar för investeringar i kärnkraft, lagändringar för ny kärnkraft, nya regler för elmarknaden, bättre förutsättningar för kraftvärmen och vattenkraften, slopade subventioner för havsbaserad vindkraft och utbyggd laddinfrastruktur. Utöver reformerna som presenterats i Tidöavtalet har regeringen aviserat en sänkning av reduktionsplikten i början på 2024, vilket skulle kunna innebära ett behov av en snabbare elektrifieringstakt för att nå transportsektorns klimatmål.

Detta är i nuläget aviserad, men ännu inte beslutad, politik och det har inte varit möjligt att ta hänsyn till dessa reformer i detta scenarioarbete. Regeringen har även under november 2022 tagit bort den klimatbonus som tidigare utbetalats för elbilar. Effekterna av politiken kommer att analyseras och beaktas i kommande utredningar.

⁸ Energimyndigheten, Prognoser och scenarier – Kortsiktiga prognoser. <https://www.energimyndigheten.se/statistik/prognoser-och-scenarier/?currentTab=0> (hämtad 2023-02-22).

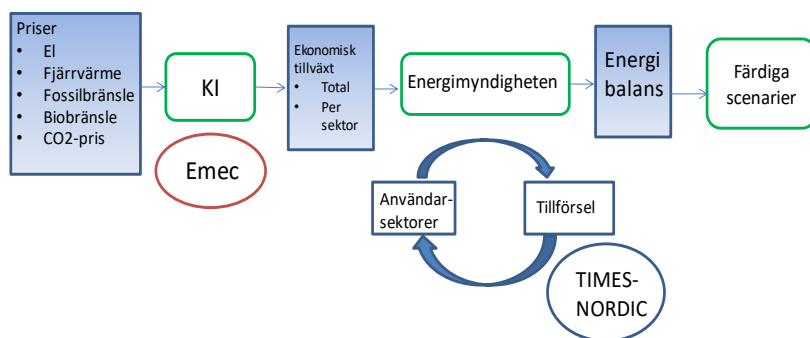
⁹ Avtalet är framtaget av samarbetspartierna Sverigedemokraterna, Moderaterna, Kristdemokraterna och Liberalerna och innehåller en inriktning för ett gemensamt samarbete under mandatperioden 2022–2026.

1.4 Om scenarierna

Här beskrivs kortfattat de scenarier som presenteras i rapporten. Se faktaruta för en generell metodbeskrivning.

Generell metodbeskrivning

Energimyndighetens scenariometod beskriver utvecklingen av energisystemet utifrån antaganden om den ekonomiska utvecklingen, energipriser, sektorsspecifika förutsättningar, befintliga och beslutade styrmedel. Processen illustreras nedan.



Processbild över framtagande av långsiktiga scenarier

Steg ett är att scenarier över bränsle-, samt el- och fjärrvärmepriser tas fram. Vissa av dessa scenarier (utsläppsrätter, råolja, kol och naturgas) levereras av Europeiska kommissionen. Scenarier för el- och fjärrvärmepriser samt fasta biobränslen tas fram genom modellen Times-Nordic. Därefter gör Konjunkturinstitutet (KI) ekonomiska scenarier baserat på dessa förutsättningar. Därefter bestäms de förutsättningar som gäller specifikt för varje sektor. Dessa redovisas i Bilaga B – Förutsättningar och metod.

Prisscenerierna och de ekonomiska scenarierna går sedan in som förutsättningar till användarsektorernas scenarier. Scenarier över energianvändningen i respektive sektor (transport, industri samt bostäder och service m.m.) tas fram baserat på dessa. Energibehovet från användarsektorerna fungerar sedan som input till Times-Nordic, som optimerar hela det nordiska energisystemet så att den totala kostnaden för att tillhandahålla energiefterfrågan minimeras. Modellen tillåter handel med el mellan de nordiska länderna (exklusive Island) samt Tyskland, Polen och Baltikum. I modellen optimeras sedan bland annat hur uppvärmningsbehovet i bostadssektorn ska tillgodoses samt energitillförsel för omvandling till och distribution av el och fjärrvärmeproduktion. I modellen hanteras dock inte transportsektorn, det är endast elbehovet i transportsektorn som är en parameter i modellen.

Tillförselsektorn gör sina scenarier utifrån användarsektorernas scenarier och Times-Nordic modellresultat. Detta resulterar i kompletta energi-, el- och fjärrvärmebalanser. För att gå från resultatet från Times-Nordic till energibalanserna behöver Energimyndigheten lägga till det som saknas i

modellen som till exempel transportsektorn och vissa bränslen samt dela upp andra bränslen i fler kategorier eftersom bränslefördelningen i balansen inte riktigt är densamma som i modellen.

Med tanke på den omfattande elektrifieringen i samhället fokuserar vi denna gång på elektrifieringen i våra scenarier. Vi redovisar följande scenarier över energisystemet, *Lägre elektrifiering*¹⁰ och *Högre elektrifiering*. För att se vad det kan få för konsekvenser för omställningen om olika hinder fördröjer industrins omställning har vi tagit fram *Känslighetsfall industri* där vi tittar på industrisektorn medan vi håller andra antaganden lika jämfört med *Lägre elektrifiering*. Flera av de faktorer som skulle kunna bromsa omställningen av industrisektorn kan även ha påverkan på de andra sektorerna. I det här arbetet har vi inte haft möjlighet att göra ett scenario där vi tittar på hinder för alla användarsektorer utan vi har valt att fokusera på industrisektorn där det är stora investeringar som skulle kunna påverkas. Om ett projekt eller del av ett projekt skjuts framåt i tiden eller inte kan genomföras får det en direkt stor påverkan på såväl el- som energianvändningen. Skillnaden mellan scenarierna är framför allt beroende av hur omfattande elektrifieringen är inom industrisektorn.

1.4.1 Högre elektrifiering

I *Högre elektrifiering* sker en omfattande elektrifiering i samhället som en del av omställningen för att nå klimatmålen. I *Högre elektrifiering* antas utvecklingen av elektrifieringen i Norden och i EU vara högre än i *Lägre elektrifiering*.

Inom industrisektorn sker elektrifieringen då branscher ställer om sin produktion samt nyetableringar av olika elintensiva verksamheter. En högre efterfrågan på produkter som är hållbart producerade eller bidrar till klimatomställningen leder till ytterligare ökad industriell produktion av exempelvis fossilfritt stål, elektrobränslen och batterier. Dessa varor är elintensiva att producera varpå elanvändningen ökar kraftigt. Även fler projekt med koldioxidinfångning omfattas. Hinder kring ny elproduktion, utbyggnad av elnät samt kritiska material antas lösas.

Inom transportsektorn ökar efterfrågan på eldrivna fordon samt infrastruktur kopplat till detta, vilket ytterligare bidrar till att öka elbehovet. Scenarierna baseras till stor del på att Europeiska unionens (EU:s) överenskommelse 2022¹¹ om skärpta krav kring koldioxidutsläpp (CO₂-krav) för lätta fordon uppfylls. Dessa krav ställs på

¹⁰ Lägre elektrifiering är det scenario som vi redovisar som underlag till klimatrapporeringen, och som vi tidigare har kallat Referens EU.

¹¹ Europeiska rådet, Infografik – 55 %-paketet: skärpta EU-regler för utsläpp från personbilar och lätta lastbilar. <https://www.consilium.europa.eu/sv/infographics/fit-for-55-emissions-cars-and-vans/> (hämtad 2023-02-27).

fordonstillverkarna och påverkar vilka fordon de kan sätta på EU:s marknad. I takt med att dessa krav blir hårdare kommer fordonstillverkarna behöva säkerställa att de säljer en viss mängd nollutsläppsfordon till EU-marknaden. I *Högre elektrifiering* uppskattas också högre CO₂-krav för tunga fordon än dagens krav (utsläppskrav på cirka -45 procent till 2030 jämfört med 2019).

Även inom bostäder och service sker en ökad elanvändning främst genom ett ökat elbehov i datacenter och att arbetsmaskiner elektrifieras i högre utsträckning.

För scenariot *Högre elektrifiering* ska även olika utvecklingsvägar för elproduktionen analyseras vidare inom ramen för regeringsuppdraget Analysera utvecklingsvägar för befintlig och ny elproduktion¹². Analyserna för olika utvecklingsvägar för elproduktionen kommer att göras separat och resultaten från detta arbete kommer att redovisas av Energimyndigheten under juni 2023. Scenariot *Högre elektrifiering* kommer även att användas i fortsatta och fördjupade analyser i Energimyndighetens Uppdrag att analysera en effektivare användning av energi, effekt och resurser för att underlätta elektrifieringen¹³.

I ett scenario med sådan kraftig ökning av elbehovet som i *Högre elektrifiering* behöver all elproduktion öka. Syftet med analysen i uppdraget om utvecklingsvägar för elproduktionen är således inte att ställa olika kraftslag mot varandra eller peka ut vilken elproduktionsmix som är den ”bästa”. I stället handlar analysen om att undersöka under vilka förutsättningar en viss elproduktionsmix kan bidra till en robust, konkurrenskraftig och hållbar elförsörjning.

1.4.2 Lågre elektrifiering

Lågre elektrifiering baseras på dagens styrmedel (till och med 30 juni 2022). Elektrifieringen sker inte bara i Sverige utan samtidigt med motsvarande utveckling i Norden och i EU.

Jämfört med *Högre elektrifiering* antas vissa hinder uppstå fram till åren omkring 2030 kopplade till nätets och elproduktionens utbyggnadstakt för att möta det snabbt ökande elbehovet. Detta leder till en långsammare omställning och elektrifiering. Vidare utökas inte utvinningen av järnmalm vilket också kräver mindre mängd el till produktion av vätgas genom elektrolys ämnad för direktreduktion av järnpellets. Färre projekt

¹² Regeringen, Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Statens energimyndighet, <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?rbid=22914> (hämtad 23-01-18).

¹³ Regeringen, Uppdrag att analysera en effektivare användning av energi, effekt och resurser för att underlätta elektrifieringen. <https://www.regeringen.se/contentassets/f13b2645887a42798a182d40c5770395/i-2022-01393-uppdrag-att-analysera-en-effektivare-anvandning-av-energi-effekt-och-resurser.pdf> (hämtad 2023-02-28).

för att producera elektrobränslen genomförs jämfört med *Högre elektrifiering*.

För transportsektorn innebär scenariot *Lägre elektrifiering* att de nu beslutade CO₂-kraven^{14,15} ligger i scenarierna tillsammans med en lägre elektrifieringsgrad av fordonsflottan jämfört med scenariot *Högre elektrifiering*.

1.4.3 Känslighetsfall industri

Känslighetsfall industri har samma förutsättningar som i *Lägre elektrifiering*. I det här känslighetsfallet antar vi en lägre elektrifiering inom industrin. Scenariot skiljer sig från *Lägre elektrifiering* genom att omställningsprojekt förskjuts i tid och tillkommande projekt är färre till antal eller etableras endast delvis till följd av hinder kring förutsättningarna för projektens genomförande.

1.5 Rapportens disposition

I kapitel 2 presenteras ett antal trender och drivkrafter som kan få en större eller mindre påverkan på framtidens energisystem. I kapitel 3 redovisas en övergripande bild över scenarierna för hela energisystemet. I kapitlen 4, 5 och 6 redovisas scenarier för användarsektorerna industri, transportsektorn samt bostäder och service. I kapitel 7 redovisas scenarier för el och fjärrvärme. I kapitel 8 diskuteras utvecklingen av de energipolitiska målen. Kapitel 9 innehåller en avslutande diskussion.

Resultattabeller för samtliga scenarier finns i Bilaga A – Resultattabeller. I Bilaga B – Förutsättningar och metod presenteras förutsättningar och metod för scenarioarbetet.

¹⁴ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2019/631 av den 17 april 2019 om fastställande av normer för koldioxidutsläpp för nya personbilar och för nya lätta nyttofordon och om upphävande av förordningarna (EG) nr 443/2009 och (EU) nr 510/2011.

¹⁵ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2019/1242 av den 20 juni 2019 om fastställande av normer för koldioxidutsläpp från nya tunga fordon och om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 595/2009 och (EU) 2018/956 och rådets direktiv 96/53/EG.

2 Trender och drivkrafter som påverkar energisystemets utveckling

Det finns ett antal faktorer som kan påverka farten och riktningen för energiomställningen. Det händer mycket på energimarknaderna och utvecklingen går snabbt. Det skapar många möjligheter, men osäkerheten kring framtidens utmaningar ökar samtidigt behovet av att försöka förstå utvecklingen. I scenarioanalyser som de som presenteras i denna rapport går det inte att ta hänsyn till alla möjliga utvecklingsvägar framåt, men vi vill kunna visa på ett spann för energianvändning och tillförsel som täcker in flera möjliga utfall. I detta kapitel presenteras ett antal trender och drivkrafter som kan få en större eller mindre påverkan på framtidens energisystem.

2.1 Nuvarande situation på de globala energimarknaderna innebär osäkerheter för den framtida utvecklingen

De senaste åren har karaktäriserats av stora händelser som fått stor påverkan på energisystemet, ekonomin och samhället som helhet. År 2021 och 2022 karaktäriserades till viss del fortsatt av spridningen av covid-19 men också av återhämtning och återuppbyggande. En stark global ekonomisk tillväxt och stigande energiefterfrågan, efter en kraftig nedgång under 2020, ledde till höga energipriser och en ökad polarisering kring takten för energiomställningen. Energipriserna har stundvis varit rekordhöga och mycket volatila – en utveckling som har förstärkts av Rysslands krig mot Ukraina.

I februari 2022 invaderade Ryssland Ukraina. Invasionen och det efterföljande kriget har påverkat energisektorn på flera sätt och orsakat stor osäkerhet kring utvecklingen framåt. Sedan invasionen har de redan höga energipriserna stigit ytterligare och uppvisat rekordhög volatilitet. Det är flera faktorer som tillsammans drivit upp priset på el. En av de främsta orsakerna har varit obalans mellan utbud och efterfrågan av naturgas globalt. Rysslands krig mot Ukraina har gjort att Europa velat göra sig fri från beroendet av rysk gas, vilket drivit upp priset. Även drivmedelspriserna har påverkats av kriget i Ukraina. Utvecklingen i Ukraina är något som kommer påverka energimarknaderna under en obestämmd tid framöver.

Covid-19-pandemin har också skapat störningar i produktions- och leveranskedjor vilket bidragit till brist på vissa komponenter och resurser samt ytterligare påverkat priserna. Pandemin i kombination med kriget och de höga energipriserna har lett till en ökande inflation och påverkat den ekonomiska utvecklingen. Allt detta är faktorer som kan ha en påverkan på energisystemet även på längre sikt beroende på hur

situationen utvecklas framåt. Eftersom fokus i Energimyndighetens scenarioarbete är den långsiktiga utvecklingen fram till 2050 tas ingen särskild hänsyn till nuvarande konjunkturläge. Däremot spänns ett utfallsrum upp mellan de olika scenarierna och en mer långvarig kris kan antas driva utvecklingen mer mot ett scenario med en lägre elektrifieringstakt, i likhet med det *Känslighetsfall industri* som tagits fram.

2.1.1 Ökat intresse för energibesparing och energieffektivisering

De höga energipriserna har ökat intresset för möjligheter att minska energianvändningen. De historiskt höga elpriserna under de senaste åren har lett till att många hushåll upplevt kraftigt ökade kostnader. Ökade energikostnader hos flera sektorer och målgrupper har både lett till ett ökat intresse för energibesparingar på kort sikt samt att energieffektiviseringsåtgärder blivit mer kostnadseffektiva. En ökad energieffektivisering är dock en trend som vi har kunnat se över en längre tid.

Det är svårt att göra en samlad bedömning av både potentialen för och konsekvenser av energibesparingar och energieffektivisering. Det varierar mycket mellan sektorer och beror i hög grad på vilka åtgärder som vidtas. En minskad energianvändning kan bland annat bidra till att underlätta elektrifieringen men exempelvis energibesparingar inom industrin kan också påverka ekonomin negativt genom lägre produktivitet.

Antaganden om en viss energieffektivisering är något som finns med i samtliga användarsektorer i scenarierna i denna rapport. Det har dock inte tagits någon särskild hänsyn till en eventuellt ökad energieffektiviseringstakt på grund av den rådande situationen. Den framtida potentialen för energieffektivisering är något som studeras vidare i Energimyndighetens Uppdrag att analysera en effektiv användning av energi, effekt och resurser för att underlätta elektrifieringen¹⁶. Inom ramen för det uppdraget kommer man titta närmare på effekten av en ökad energieffektiviseringstakt.

De volatila elpriserna har också lett till en bred debatt kring hur energisystemet ska klara både mer väderberoende variabel kraft i elproduktionsmixen och en samtidig elektrifiering av industri- och transportsektorn. En effektivare och flexiblare användning av energi är viktiga grundförutsättningar för en snabb elektrifiering. Efterfrågefleksibilitet och energilagring blir allt viktigare i framtidens elsystem för att balansera ökande andelar variabel elproduktion samtidigt

¹⁶ Regeringen, Uppdrag att analysera en effektivare användning av energi, effekt och resurser för att underlätta elektrifieringen. <https://www.regeringen.se/contentassets/f13b2645887a42798a182d40c5770395/i-2022-01393-uppdrag-att-analysera-en-effektivare-anvandning-av-energi-effekt-och-resurser.pdf> (hämtad 2023-02-28).

med en ökad efterfrågan på el. Vi har inte fokuserat särskilt på dessa frågor i dessa scenarier men ser att det är frågor som kan få en större påverkan i framtiden. Dessa frågor studeras också närmare i det Uppdrag att främja ett flexibelt elsystem¹⁷ som Energimyndigheten har fått tillsammans med Svenska kraftnät, Energimarknadsinspektionen och Swedac¹⁸.

2.2 En kraftigt ökande elanvändning ställer krav på en utökad elproduktion

Vi har de senaste åren sett ett ständigt inflöde av planerade projekt inom industrin som ökar uppskattningen av elanvändningen i framtiden. Dessutom går elektrifieringen i transportsektorn snabbare än vad som tidigare förväntats. Elektrifieringen innebär ett nytt läge för elsystemet som går från en förvaltande till en mer expansiv fas. Det finns stora utmaningar som behöver hanteras för att säkerställa den storskaliga elektrifieringen av flera olika sektorer i samhället. Det är svårt att på ett bra sätt fånga dessa hinder i scenarierna, men det avspeglas framför allt i antaganden kring varierande grad av elektrifiering. Scenariot *Känslighetsfall industri* som tagits fram ska särskilt illustrera större hinder för elektrifiering.

Den kraftigt ökande elanvändning som elektrifieringen leder till kommer att ställa krav på en utökad elproduktion. Förutom behov av ny elproduktion kommer även en generationsväxling av minst 100 TWh el att ske fram till slutet av 2040-talet. Kärnkraften har i början av 2040-talet nått 60 års drift vilket sätter fart på diskussioner om drifttidsförlängning eller helt nya anläggningar. Nya tekniker så som små modulära reaktorer och fjärde generationens kärnkraft skapar nya möjligheter på sikt. Även vindkraft och kraftvärme kommer att generationsväxlas under samma period där frågetecken finns kring hur dessa kommer att ersättas. Samtidigt som en generationsväxling sker ska även all vattenkraft få nya moderna miljökrav som kan påverka både dess produktion och reglerförmåga. Utmaningar kring framtidens elproduktion diskuteras vidare i kapitel 7 och kapitel 9.

2.3 Nya tekniker och nya energibärare ställer nya krav på energisystemet

Utvecklingen går snabbt och det finns flera olika tekniker och energibärare som troligtvis kommer att få allt större vikt i framtidens energisystem. Det kan gälla exempelvis nya tekniker för koldioxidinfångning, elektrolys av vätgas, eller elektrobränslen.

¹⁷ Regeringen, Uppdrag att främja ett mer flexibelt elsystem.
<https://www.regeringen.se/contentassets/8a55a8d9263e4969b6aa14f22ec44b14/uppdrag-att-framja-ett-mer-flexibelt-elsystem/> (hämtad 2023-02-28).

¹⁸ Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll.

2.3.1 Vätgasens roll i energisystemet

En viktig del av elektrifieringstrenden är produktion och användning av vätgas. Vätgas kan användas i många sektorer och detta kan få stora konsekvenser för hur energisystemet i sin helhet utvecklas. Det kommer också sannolikt vara starkt beroende av vilka vägval EU gör. Intresset för vätgas har ökat kraftigt och allt fler länder delar uppfattningen att vätgas kommer att spela en viktig roll i energiomställningen. En framträdande fråga är den fossilfria vätgasens påverkan på elbehovet, då bland annat flera stora industriella projekt som ska basera sin produktion på vätgas producerad via elektrolys har annonserats. Vätgasens roll slår igenom tydligt i de scenariorisultat som presenteras i denna rapport, men det finns fortfarande många osäkerheter och oklarheter kring hur den framtida användningen och produktionen kommer att se ut. Om industrin väljer att investera i större vätgaslager skapas nya förutsättningar för att balansera elsystemet över dygn och veckor, vilket i sin tur skapar fler alternativa vägar för hur elsystemet i övrigt kan utvecklas. Vätgasen har en potentiellt väldigt stor förändringskraft under perioden fram till 2050.

2.3.2 Carbon Capture and Storage (CCS)

Riksdagen har antagit målet att Sverige ska ha nettonollutsläpp 2045 och därefter negativa utsläpp. Ska vi lyckas nå målet behöver en omställning av såväl energisystem som andra samhällsprocesser göras. Ett verktyg som kan användas är att avskilja koldioxid från olika industriella processer eller förbränningsanläggningar och lagra den permanent i berggrunden. Koldioxiden kan även användas i olika processer för att producera till exempel syntetiska elektrobränslen som därmed kan ersätta fossila bränslen. Teknik finns men är inte införd i någon stor skala och det är oklart till vilken grad detta kan komma att påverka framtidens energisystem. Det kan bland annat få en märkbar påverkan i form av ökad energianvändning.¹⁹

2.4 En ökad digitalisering av samhället

Både dagens och framtidens energisystem är och kommer att vara beroende av digitala lösningar och automatisering för att fungera. Digitaliseringen har en tydlig påverkan på energianvändning framför allt genom etableringen av datacenter i Sverige. Det är en utveckling som pågått under flera år och förväntas öka under scenarioperioden.

Digitaliseringen innebär samtidigt en utveckling till mer styrbar elanvändning och smartare elnät som skapar möjligheter för mer efterfrågeflexibilitet och ett effektivare nyttjande av elnäten. Vi ser också en kraftig ökning av antalet digitala komponenter i elsystemet då elfordon, datacenter, elektrolysörer, vindkraftverk och solceller kräver växel- och likriktare med krav på automation.

¹⁹ Energimyndigheten, *Första, andra, tredje... - Förslag på utformning av ett stödsystem för bio-CCS*, ER 2021:31, 2021.

Digitaliseringen innebär därmed också att energisystemet blir mer sårbart för antagonistiska attacker mot energiinfrastruktur eller teknikhaveri och kräver en ökad robusthet. Staten har en viktig roll att fortsätta att ställa krav, utöva tillsyn och genomföra kunskapshöjande insatser genom att bland annat förmedla hotbilder så att säkerhetsskyddet kontinuerligt stärks hos aktörerna inom energisystemet.

Den ökade digitaliseringen kan alltså påverka energisystemet på flera olika sätt, både direkt och indirekt. Digitaliseringen i sig är något som skulle kunna bidra ytterligare till en ökad energianvändning.

2.5 Osäkerheter kring bioenergianvändning

Det finns många osäkerheter kring den framtida bioenergianvändningen. Reduktionsplikten har lett till att användningen ökat i transporter och för arbetsmaskiner, men det finns osäkerheter kring hur reduktionspliktsnivåerna kommer att se ut framöver. Samtidigt är också bioenergi ifrågasatt på EU-nivå, vilket kan få en direkt inverkan på direktiv som påverkar bioenergianvändningen såsom Förnybartdirektivet som håller på att revideras (från REDII²⁰ till REDIII). Biomassa har även flera alternativa användningsområden och det är därför svårt att göra bedömningar kring framtidens användning av bioenergi.

Många länder inom EU kommer sannolikt att öka sin efterfrågan på biodrivmedel och tillhörande råvaror för att uppnå olika energi- och klimatmål. Användningen av inhemska råvaror för produktion av biodrivmedel är idag begränsad men kan antas öka i takt med en mer begränsad tillgång till import. En ökad efterfrågan på inhemska råvaror för biodrivmedel skulle ytterligare sätta fokus på målkonflikter kring produktion och användning av bioenergi i Sverige. Utvecklingen är mycket osäker, kanske framför allt på grund av osäkerheterna kring EU:s ståndpunkter kring bioenergi, och den framtida bioenergianvändningen kan därför komma att se mycket annorlunda ut än i de scenarier som presenteras i denna rapport.

2.6 Även internationella drivkrafter och förutsättningar förändras snabbt

Även omvärldens drivkrafter och förutsättningar förändras. Utvecklingen i Sverige är starkt påverkad av vad som händer på de globala marknaderna och vilka generella trender och drivkrafter man kan se där. Utvecklingen inom EU är också av stor vikt för vad som händer i Sverige. I vissa fall kan drivkrafterna på EU-nivå överensstämja med Sveriges drivkrafter men eftersom vårt energisystem skiljer sig en del från EU-genomsnittet kan synen på exempelvis naturgas, vätgas, elektrifiering och bioenergi också skilja sig från Sveriges. Det är möjligt att

²⁰ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor.

omvärldsfaktorer leder till att Sveriges energisystem tvingas utvecklas i en annan riktning än vad vi antar i detta scenarioarbete.

2.6.1 Gröna given/Fit for 55

Under de senaste åren har takten i energiomställningen ökat, vilket bland annat ses i en ökad ambition på energi- och klimatområdet både inom EU och internationellt. Europeiska kommissionens meddelande om en europeisk grön giv presenterades i december 2019²¹. Meddelandet utgjorde den nya kommissionens programförklaring med syfte att ställa om EU till en rättvis, välmående, modern, resurseffektiv och konkurrenskraftig ekonomi med nettonollutsläpp år 2050. I enlighet med den gröna given lade kommissionen den 1 juli 2021 fram det omfattande lagstiftningspaketet Fit for 55 som utgör ett förslag till nya och reviderade rättsakter för att nå det nya klimatmålet för 2030. Paketet 1 juli 2021 omfattade 13 rättsakter. De olika förslagen innebär mer eller mindre stora förändringar och kan komma ha en stor påverkan på framtidens energisystem. Eftersom dessa revideringar är under förhandling har inte dessa analyserats särskilt inom ramen för detta scenarioarbete. Eftersom vi spänner upp ett utfallsrum för energianvändningen är det dock mycket möjligt att den påverkan många av förslagen kan få på energianvändningen ändå kan rymmas inom det spann som presenteras i denna rapport.

2.7 Klimatförändringarna ställer nya krav på energisystemet

Vi går mot ett varmare klimat vilket också påverkar energisystemet. Hänsyn till detta tas till viss del i scenarierna när det kommer till uppvärmningsbehovet i bostäder och lokaler samt förutsättningarna för vattenkraften. Men det finns förstås en risk att klimatförändringarna kan påverka energisystemet på andra sätt som inte tagits hänsyn till eller att klimatet blir ännu varmare än de bedömningar som gjorts i detta arbete. Exempelvis blir extrema väderförhållanden mer vanligt förekommande och effekten av detta är mycket svårt att bedöma. Dessa fenomen har en annan typ av påverkan på energisystemet än en mer gradvis uppvärmning har.

²¹ EU-kommissionen. COM (2019) 640 final: Den europeiska gröna given.

3 Total användning och tillförsel i energisystemet visar stort utfallsrum

Viktiga slutsatser

- Total energianvändning och tillförd energi visar på en stor spridning i de olika scenarierna 2050.²² Industrins utveckling i de olika scenarierna och om ny kärnkraft byggs eller ej är de huvudsakliga anledningarna till hur total energianvändning och tillförsel utvecklas till 2050.
- I samtliga fall sker drifttidsförlängning i flera reaktorer. Ny kärnkraft byggs i större utsträckning från 2040 och framåt i *Högre elektrifiering*. I *Lägre elektrifiering* byggs en mindre mängd ny kärnkraft ut i slutet av perioden och i *Känslighetsfall industri* byggs ingen ny kärnkraft.
- I transportsektorn minskar energianvändningen med mellan 25 och 30 TWh mellan 2020–2050 i scenarierna. Minskningen är starkt kopplad till i vilken grad elektrifiering sker. I bostäder och service beror energianvändningen i huvudsak på vilken bedömning som görs för utbyggnaden av datacenter.
- Gemensamt för samtliga scenarier är att användningen av fossila bränslen i form av olje-, kolprodukter och naturgas minskar kraftigt med mellan 70 och 77 procent mellan 2020–2050. Elektrifieringstakten är avgörande för hur mycket användningen av fossila bränslen minskar, men även biobränslen fortsätter vara viktiga för hur mycket fossila bränslen som finns i systemet.
- Det ökade behovet av el leder till en kraftig utbyggnad av både vind- och solkraft till 2050 i samtliga scenarier och känslighetsfall. Störst utbyggnad sker i *Högre elektrifiering*.
- Användningen av biobränslen är mer eller mindre oförändrad mellan 2020–2050 i *Lägre elektrifiering* och *Känslighetsfall industri* och minskar med 11 TWh i *Högre elektrifiering*.

²² Energisystemet är alltid i balans. Den använda energin inklusive förluster är alltid lika stor som den tillförda energin.

Energibalanser över det svenska energisystemet tas fram för två scenarier samt ett känslighetfall.

Scenarierna och känslighetsfallet beskrivs mer i detalj i avsnitt 1.4. Samtliga resultat för scenarierna presenteras i tabellform i Bilaga A – Resultattabeller och förutsättningarna för energibalanserna presenteras i Bilaga B – Förutsättningar och metod.

Vad består energibalansen av?

Energibalansen omfattar både energianvändning och energitillförsel. Den totala energitillförseln består av tillfört bränsle till användarsektorerna och till omvandlingsanläggningar som kraftvärmeverk. I den totala energitillförseln ingår även omvandlingsförluster i raffinaderier samt bruttoproduktionen av el i vind-, vatten- och kärnkraftverk. På grund av att verkningsgraden i kärnkraftverk är relativt låg och att den spillvärmen inte tas omhand är omvandlingsförlusterna stora och brutto- och nettoproduktionen skiljer sig därför kraftigt åt. Slutligen ingår spillvärme från industrier, eftersom denna är insatt energi för fjärrvärmeproduktion. Även eventuell nettoimport av el ingår.

Den totala energianvändningen utgörs av den inhemska användningen, det vill säga den sammanlagda energianvändningen i användarsektorerna (industri, transport samt bostäder och service m.m.), omvandlings- och distributionsförluster samt användningen av energiprodukter för icke-energiändamål. Med icke-energiändamål avses råvaror till kemiindustrin, smörjolja och olja till byggnads- och anläggningsverksamhet.

I en statistisk energibalans är totalt använd och tillförd energi i balans, det vill säga samma energimängd.

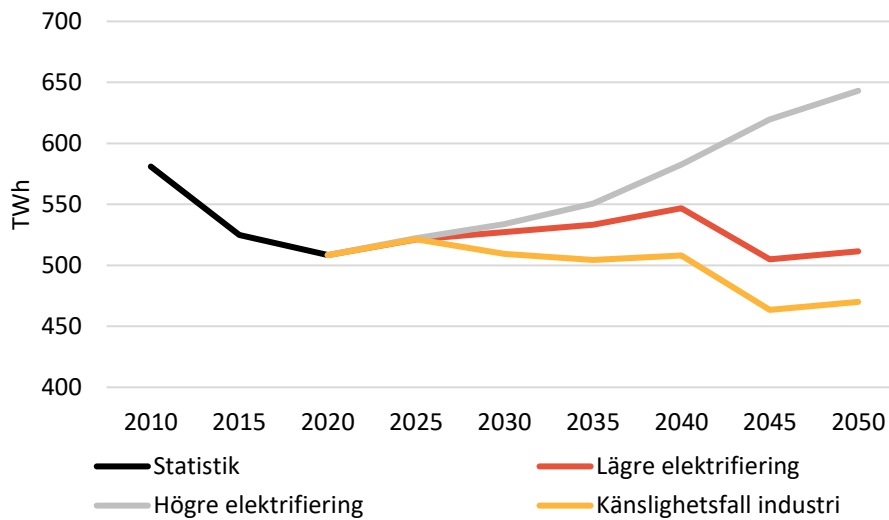
3.1 Energitillförsel

Total energitillförsel var 509 TWh under 2020.²³ År 2050 är energitillförseln mellan 470–643 TWh beroende på scenario, vilket kan ses i Figur 1. Skillnaden mellan scenarierna beror i huvudsak på om energibehovet inom industrin ökar eller minskar samt hur mycket kärnkraft som blir lönsam i respektive scenario.²⁴ År 2040 minskar energianvändningen i *Lägre elektrifiering* och i *Känslighetsfall industri* vilket beror på att det i dessa scenarier inte byggs ny kärnkraft när de tre

²³ Under 2020 pågick covid-19-pandemin som ledde till att energianvändningen och tillförd energi var den lägsta sedan 1984.

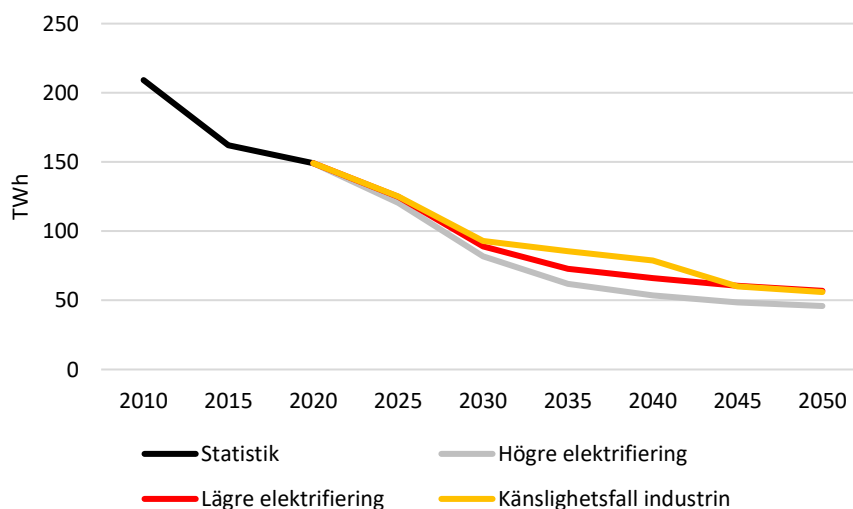
²⁴ På grund av att verkningsgraden i kärnkraftverk är relativt låg och att spillvärmen inte tas omhand är omvandlingsförlusterna stora och just kärnkraft har därför stor påverkan på tillförd energi och energianvändningen i en energibalans.

befintliga reaktorerna som inte drifttidsförlängs fasas ut, vilket minskar förlusterna i kärnkraften. I *Högre elektrifiering* ses inte den utvecklingen.



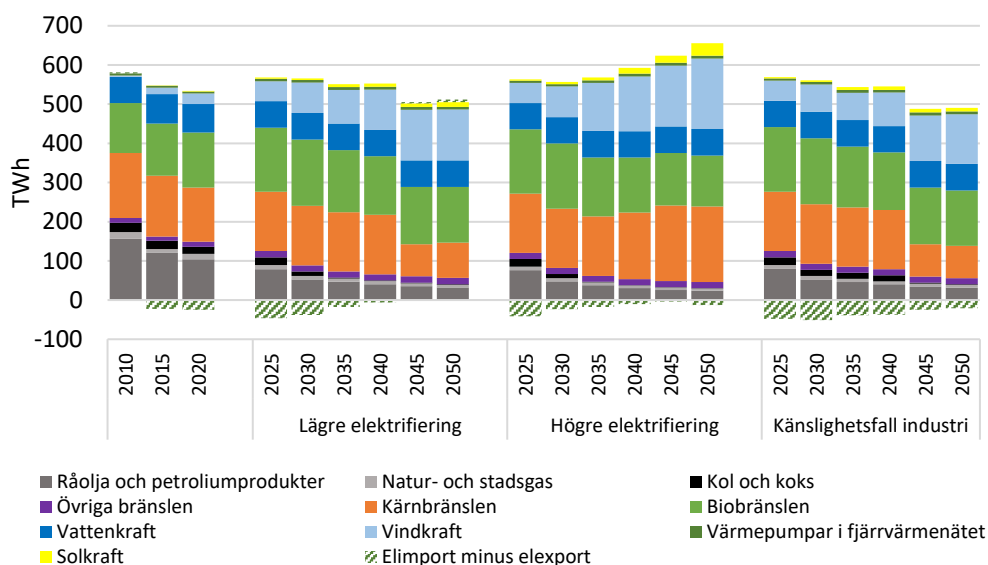
Figur 1 Total energitillförsel (inkl. nettoimport/export) 2010, 2015 och 2020 samt i scenarierna till 2050, TWh.

Gemensamt för båda scenarierna och känslighetsfallet är att mängden tillförda fossila bränslen i form av olje-, kolprodukter och naturgas minskar kraftigt vilket ses i Figur 2. Tillsammans minskar dessa fossila bränslen mest i *Högre elektrifiering* där minskningen är 77 procent 2050 jämfört med 2020. I *Lägre elektrifiering* och *Känslighetsfall industri* är minskningen 70 procent. Elektrifieringstakten i de olika scenarierna är avgörande för hur stor minskningen av fossila bränslen blir.



Figur 2 Tillförsel av fossila bränslen 2010, 2015 och 2020 samt i scenarierna till 2050, TWh.

Hur energitillförseln i de olika scenarierna fördelas på energibärare redovisas i Figur 3. Oljeanvändningen minskar från 104 TWh 2020 till mellan 24 och 32 TWh 2050. Störst minskning sker i scenariot med störst elektrifiering då transporter i högre utsträckning är elektrifierade vilket ersätter bensin och diesel. Användningen av oljeprodukter minskar kraftigt i transportsektorn och halveras i sektorerna industri och bostäder och service vilket gör att viss användning fortfarande finns kvar. Oljeprodukter används även för icke-energiändamål och dessa är relativt oförändrade 2050 i jämförelse med 2020.



Figur 3 Energitillförsel (inkl. nettoimport/export) per energibärare 2010, 2015 och 2020 samt i scenarierna till 2050, TWh.

Användningen av kolprodukter minskar från 18 TWh till att endast vara mellan 1–2 TWh 2050 och det som är kvar används inom industrin. Även användningen av naturgas minskar mest i *Högre elektrifiering* med nära 60 procent och halveras i övriga scenarier. Naturgas används fortfarande främst för icke-energiändamål och till viss del inom industrin 2050.

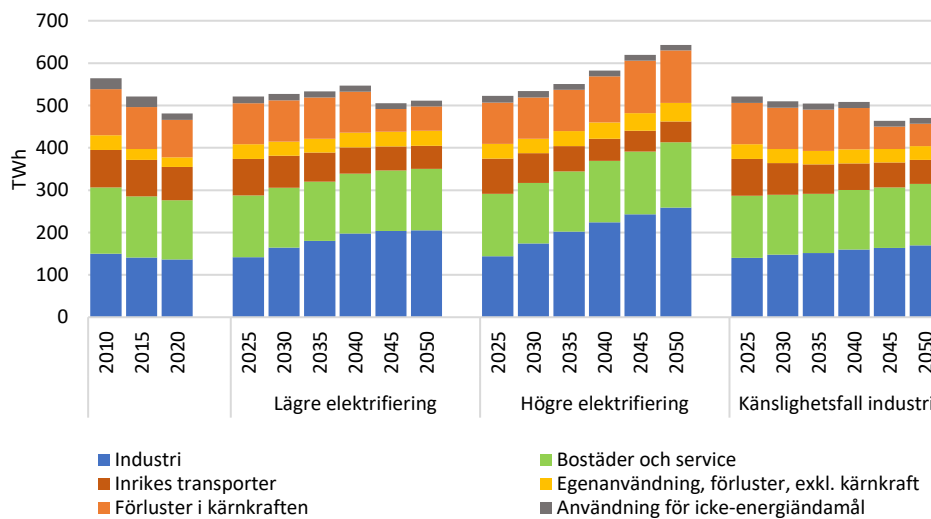
Gemensamt för alla scenarier är också att elproduktionen från vindkraft och solkraft ökar mer eller mindre kraftigt från nivån 2020 då vindkraft producerade 28 TWh och solkraft 1 TWh. För vindkraft skiljer sig elproduktionen 2050 från knappa 130 TWh i *Känslighetsfall industri* till närmare 180 TWh i *Högre elektrifiering* där efterfrågan är som störst. Solkraften följer en liknande utveckling och står för mellan 9–32 TWh 2050.

Kärnkraften ökar i *Högre elektrifiering* där även ny kärnkraft byggs i större utsträckning från 2040 och framåt. I *Lägre elektrifiering* och *Känslighetsfall industri* minskar kärnkraft efter 2040 trots att 3 reaktorer drifttidsförlängs, vilket sker i samtliga fall. En mindre mängd ny kärnkraft byggs i slutet av perioden även i *Lägre elektrifiering*.

Skillnader i producerad el från olika kraftslag är starkt kopplat till efterfrågan och elprisutveckling i respektive scenario som tillsammans med övriga gällande förutsättningar gör att mer eller mindre elproduktion blir lönsam inom Sverige. Elproduktionen beskrivs närmare i avsnitt 7.1.3.

3.2 Energianvändning

Total energianvändning var 498 TWh under 2020.²⁵ Total energianvändning är mellan 470 och 643 TWh beroende på scenario vilket innebär att i *Känslighetsfall industri* som har lägst total energianvändning 2050 minskar den med 6 procent jämfört med 2020 och i *Högre elektrifiering* ökar den med närmare 30 procent. Hur användningen fördelar sig mellan sektorer ses i Figur 4.



Figur 4 Total energianvändning (inkl. nettoimport/export) per sektor 2010, 2015 och 2020 samt i scenarierna till 2050, TWh.

Den största ökningen av totala energianvändningen mellan 2020–2050 sker i *Högre elektrifiering* och beror till stor del på industrins utveckling. Energianvändningen i industrin ökar med drygt 120 TWh mellan 2020 och 2050. Den andra betydande anledningen är att förlusterna i kärnkraften ökar med 35 TWh då det byggs ny kärnkraft i det scenariot.

²⁵ Skillnaden mellan energitillförsel och energianvändningen 2020 utgörs av en statistisk differens.

I transportsektorn minskar energianvändningen med mellan 25 och 30 TWh mellan 2020–2050 i de olika scenarierna. Minskningen är starkt kopplad till i vilken grad elektrifiering sker då elmotorn är mer energieffektiv än en konventionell förbränningsmotor. I sektorn bostäder och service ökar energianvändningen något 2050 jämfört med 2020 i *Lägre elektrifiering* medan en ökning på 15 TWh ses i *Högre elektrifiering*. Ökningen beror i huvudsak på vilken bedömning som görs för utbyggnaden av datacenter. Läs mer om energianvändningen under respektive sektors kapitel.

4 Industrisektorn

Viktiga slutsatser:

- Scenarierna för industrisektorn spänner upp ett utfallsrum för energianvändning på 170–259 TWh 2050 med en motsvarande elanvändning på 97–187 TWh. Den ökade energianvändningen beror primärt på ökad elanvändning, främst inom järn- och stålindustrin. Den övre delen av spannet inkluderar en stor ökning i efterfrågan på exempelvis elektrobränslen, fossilfritt stål och batterier vilket bidrar till en ökad industriell produktion.
- Det är huvudsakligen produktion av vätgas genom elektrolys som i samtliga scenarier bidrar till den ökade elanvändningen. Behovet av el för produktion av vätgas beräknas vara 22–100 TWh 2050. Vätgasanvändningen i scenarierna för industrin är till största delen kopplad till ett fåtal stora aktörer. Det faktiska utfallet för industrins (och även hela Sveriges) el- och energianvändning påverkas därför av dessa aktörers beslut kring elektrolysbaserad vätgasproduktion. Om olika hinder för att denna produktion ska komma till stånd uppstår får det också en stor påverkan. Den stora ökningen sker däremot inte från en dag till en annan utan det handlar om stegvisa utökningar i samband med att olika investeringar och projekt kommer till stånd.
- Det stora utfallsrummet uppstår främst på grund av att osäkerheter finns i de branscher där elanvändningen ökar mest. Osäkerheterna är exempelvis det framtida priset på utsläppsrätter (som i sin tur är en drivande faktor för teknikskiften), efterfrågan på mer hållbart producerade produkter eller produkter som bidrar till klimatomställningen, utbud av råvaror och energi till konkurrenskraftiga priser, tilldelning av elnät och godkända miljötillstånd.
- I samtliga scenarier sker en konvertering från fossila bränslen till biobränslen. Trots det fortsätter den totala användningen av biobränslen vara relativt konstant till följd av energieffektiviseringar inom massa- och pappersindustrin. De fossila bränslena inom industrin uppgick 2019 till 32 TWh och bedöms minska 58–70 procent till 2050 beroende på scenario. Kvarvarande fossila bränslen är huvudsakligen gasol, naturgas och vissa övriga bränslen²⁶.

²⁶ Posten övriga bränslen inkluderar framför allt fossilt verksamhetsavfall och brännngas.

4.1 Om industrisektorn

Inom industrisektorn inkluderas branscherna SNI²⁷ 05–33 (exklusive raffinaderier)²⁸. År 2019 stod sektorn för 142 TWh, eller 38 procent, av Sveriges slutliga energianvändning. Massa- och pappersindustrin stod i sin tur för drygt hälften av industrins energianvändning. Järn- och stålindustrin och kemiindustrin stod tillsammans för knappt en femtedel.

De största energibärarna inom sektorn är biobränsle och el, vilka svarade för 41 respektive 34 procent av sektorns energianvändning 2019. Andra viktiga energibärare är kolprodukter, fossila restgaser, petroleumprodukter och naturgas. De fossila bränslena stod för 23 procent av sektorns energianvändning 2019.

4.2 Om de olika scenarierna för industrins energianvändning

För industrins energianvändning görs tre scenarier med olika antaganden. De olika scenarierna representerar olika ambitionsnivåer i form av ny industriell produktion och omställningstakt i befintlig industri. Förenklat innebär en högre omställningstakt att elanvändningen i sektorn ökar tidigare medan en ökad ambitionsnivå innebär att elanvändningen ökar över lag. Beroende på vilka beslut aktörer inom industrin fattar, sättningar för elnät och elproduktion, utbud av råvaror och insatsvaror till konkurrensmässiga priser samt efterfrågan på omställningsrelaterade produkter förflyttar sig energianvändningen inom utfallsrummet.

En kritisk fas i industrins omställning sker omkring 2030. Detta då flera branscher inom industrin har planer på omställning och utökad produktion omkring detta årtal. Det finns en betydande risk att en flaskhals då uppstår rörande elproduktion och elnät vilket kan försena omställningen.

För att i helhet förstå den ökade energi- och elanvändningen inom industrin finns i huvudsak tre delar att beakta: *bränsle- och teknikskiften, tillkommande processteg* och *utökad produktion*.

Bränsle- och teknikskiften innebär att byten från fossila till fossilfria energibärare sker samt att nya tekniker införs, exempelvis övergång från masugn till direktreduktion av järnpelletets till järnsvamp och stålproduktion med ljusbågsugn eller byte från eldningsolja till bioolja. Dessa byten av energibärare innebär inte nödvändigtvis en ökning av energianvändningen. *Tillkommande processteg* är sådana som inte tillämpas idag, exempelvis koldioxidinfångning och direktreduktion av järnpelletets till järnsvamp, vilka bidrar med direkta ökning av energi-

²⁷ SNI 2007 eller Svensk näringsgrensindelning 2007, används för att klassificera branscher, inom EU används motsvarande system som benämns NACE Rev. 2.

²⁸ Inom SNI 05–33 finns gruvor och tillverkningsindustri, läs mer om exakt vilka branscher som ingår i dessa: <https://www.scb.se/dokumentation/klassifikationer-och-standarder/standard-for-svensk-naringsgrensindelning-sni/>.

och elanvändning. *Tillkommande produktion* medför en ökad energi- och elanvändning, exempelvis genom nya fabriker eller produktionslinjer. Olika tekniker och tillkommande processteg beskrivs i avsnitt 4.7.

Förutsättningar, antaganden och metod för de olika scenarierna beskrivs mer i Bilaga B – Förutsättningar och metod.

4.2.1 Skillnader sedan förra scenarioromgången

Sedan de långsiktiga scenarier som Energimyndigheten tog fram 2020 har industrins planer för framtiden ändrats dramatiskt. Många befintliga företag och branscher har arbetat med att konkretisera sina färdplaner och teknikskiften kring den omställningen de står inför och vilket energibehov de har. Omfattningen av omställningens behov av vätgas har tydliggjorts i högre grad vilket, jämfört med Energimyndighetens långsiktiga scenarier 2020, drastiskt höjer användningen av el till vätgasproduktion genom elektrolys. Hybrit-projektet har genomgått flera ökningar både till mängden el som behövs till direktreduktion och mängden järnsvamp som ska produceras²⁹, dessutom har ett nytt inriktningsbeslut fattats för utfasning av masugnstekniken i Sverige vilket tidigarelägger detta från 2045 till 2030³⁰. Utökad produktion av litiumjonbatterier och fler projekt som ska producera elektrobränslen har aviserats.

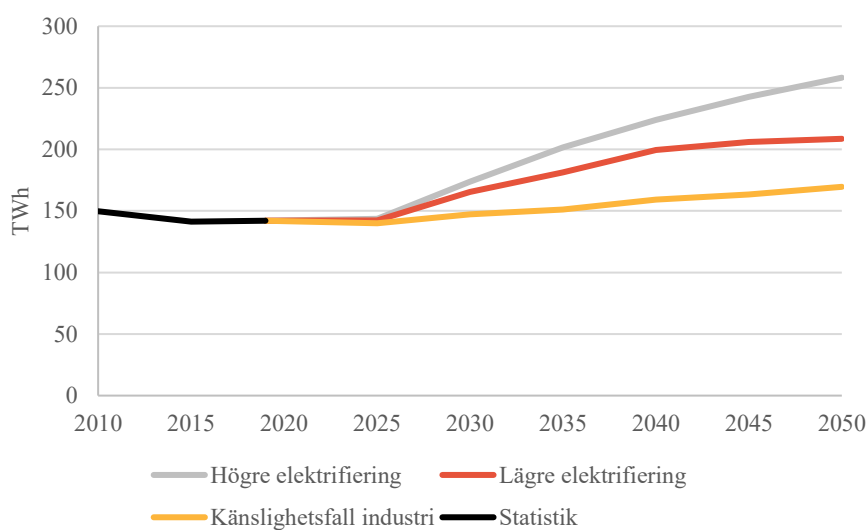
Sett till energianvändning motsvarar det långsiktiga scenariot med högst energianvändning från förra scenarioromgången 163 TWh medan scenariot med lägst energianvändning i år, *Känslighetsfall industri*, motsvarar 170 TWh.

4.3 Total energianvändning inom Sveriges industri

Utfallsrummet i scenarierna för den totala energianvändningen inom Sveriges industri visar på en ökning från 142 TWh 2019 till 170–259 TWh 2050, detta motsvarar en ökning på 20–82 procent, se Figur 5. Merparten av den ökade energianvändningen utgörs av el.

²⁹ LKAB, Snabbare takt och högre mål i LKAB:s omställning mot en hållbar framtid. <https://lkab.com/press/snabbare-takt-och-hogre-mal-i-lkabs-omstallning-mot-en-hallbar-framtid/> (hämtad 2023-02-28).

³⁰ SSAB, SSAB planerar för nytt produktionssystem i Norden och tidigarelägger den gröna omställningen. <https://news.cision.com/se/ssab/r/ssab-planerar-for-nytt-produktionssystem-i-norden-och-tidigarelagger-den-grona-omstallningen.c3494095> (hämtad 2023-02-28).



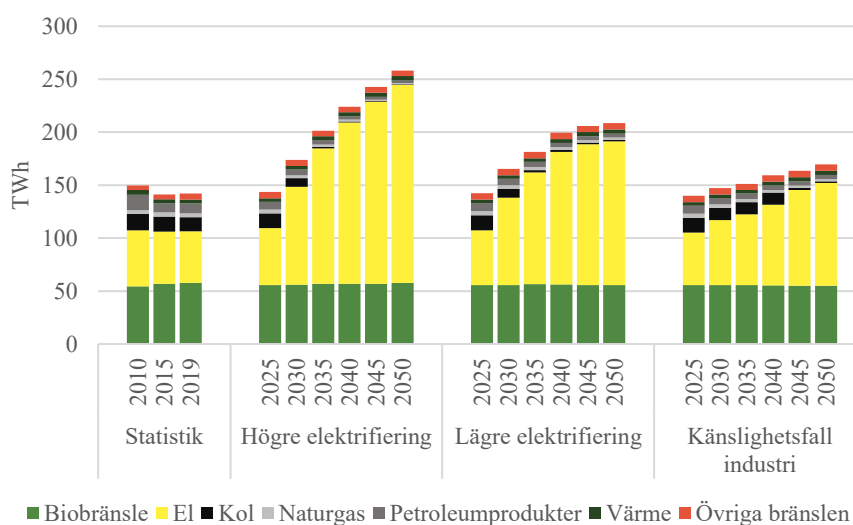
Figur 5. Industrins energianvändning 2010–2019 och scenariernas utfallsrum 2020–2050, TWh.

Vätgasens plats i energistatistiken

Det är i dagsläget inte bestämt hur vätgas ska definieras i statistik och energibalans. I den här rapporten antas att el som används till produktion av vätgas inom industrin räknas som slutlig energianvändning inom respektive bransch där vätgasen används. Vidare antas produktion av elektrobränslen tillhöra kemiindustrin (SNI 20–21).

4.4 Energianvändning per energibärare

Biobränsle har det senaste årtiondet varit den dominerande energibäraren inom industrin till följd av dess användning inom massa- och pappersindustrin. På sikt kommer el att bli den största energibäraren i samtliga scenarier till följd av den elektrifiering som industrin ser framför sig. I scenariot *Känslighetsfall industri* är elanvändningen nästan dubbelt så stor som användningen av biobränslen 2050, för scenariot *Högre elektrifiering* är motsvarande siffra mer än tre gånger så stor, se Figur 6.



Figur 6. Industrins energianvändning per energibärare 2019 samt 2025–2050 för scenarierna *Högre elektrifiering*, *Lägre elektrifiering* och *Känslighetsfall industri*, TWh.

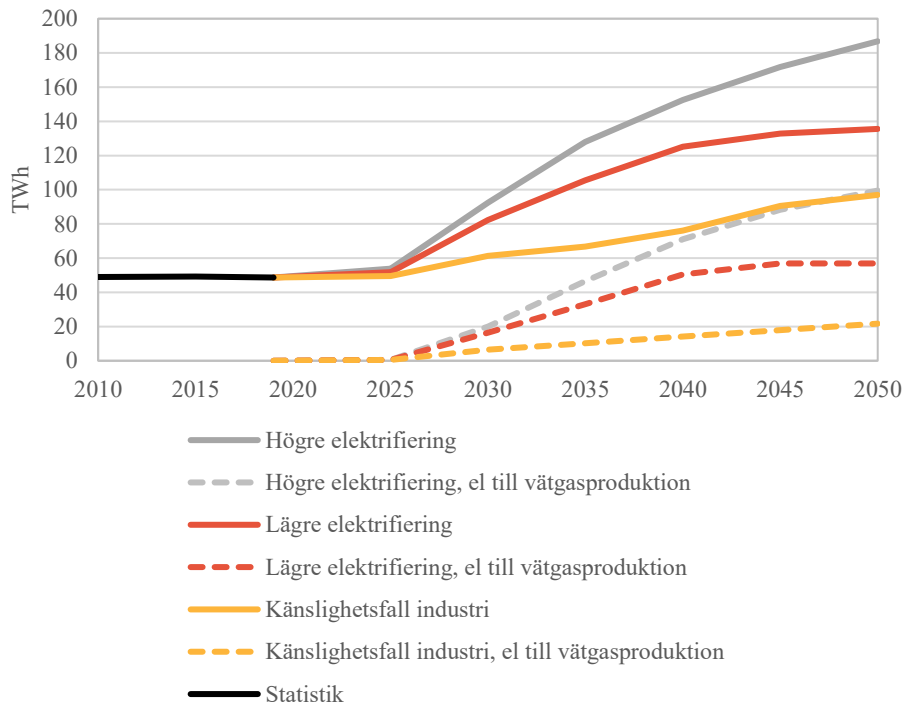
Trots att fossil gas och olja väntas bytas till biogena alternativ förblir biobränslen relativt konstant i samtliga scenarier. Det beror på en kontinuerlig energieffektivisering inom främst massa- och pappersindustrin, se avsnitt 4.6. Dessutom väntas allt fler aktörer även utanför industrin intressera sig för användning av biomassa som bränsle och råvara, exempelvis som flygbränsle och för kemiska produkter. Samtidigt är biomassa en begränsad resurs vilket kommer påverka prisbilden.

Användning av kol (inklusive koks och restgaser) minskar, beroende på scenario, mellan 88 och 95 procent fram till 2050 och minskningen är främst relaterad till teknik- och bränsleskiften inom stål- och metallverksindustrin, gruvindustrin samt jord- och stenindustrin. Även användning av petroleumprodukter minskar mellan 58 och 72 procent till följd av tekniskiften, effektivisering och bränslekonvertering som antas ske i olika grad inom hela industrin. Användning av naturgas minskar mellan 46 och 70 procent.

4.5 Utökad elanvändning och fossil utfasning

Industrins ökande energianvändning är i scenarierna direkt kopplad till den ökande användningen av el, se Figur 7. Ökningen av industrins elanvändning går från 49 TWh 2019 till 97–187 TWh 2050 vilket motsvarar en ökning med 98–282 procent. Det är huvudsakligen produktion av vätgas genom elektrolys som i samtliga scenarier bidrar till den ökade elanvändningen. Behovet av el för produktion av vätgas beräknas vara 22–100 TWh 2050. Vätgas används inom industrin primärt som insatsvara för direktreduktion av järn eller för produktion av elektrobränslen. Den totala vätgasanvändningen i scenarierna för industrin är till största delen kopplad till ett fåtal stora aktörer. Det

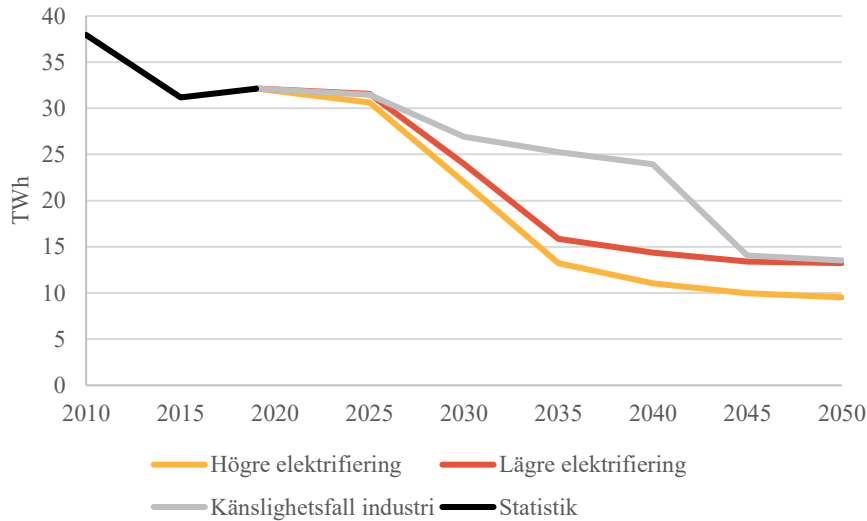
faktiska utfallet för industrins (och även hela Sveriges) el- och energianvändning påverkas därför av dessa aktörers beslut kring elektrolysbaserad vätgasproduktion. Om olika hinder för att denna produktion ska komma till stånd uppstår får det också en stor påverkan. Den stora ökningen sker däremot inte från en dag till en annan utan det handlar om stegvisa utökningar i samband med att olika investeringar och projekt kommer till stånd.



Figur 7. Industrins elanvändning 2015–2019 och scenariernas utfallsrum för elanvändningen samt el till elektrolysörer 2020–2050, TWh.

Utfallsrummet för användning av fossila bränslen är som störst 2040 då minskningen jämfört med 2019 uppgår till mellan 8 och 21 TWh beroende på scenario, se Figur 8. Vid 2050 beräknas de fossila bränslena ha minskat med 58–70 procent jämfört med 2019. Att användning av fossila bränslen för *Känslighetsfall industri* divergerar från övriga scenarier för att åter konvergera till 2045 beror på antaganden att masugnstekniken fasas ut senare. Differensen i användning av fossila bränslen 2050 mellan *Högre elektrifiering* och övriga scenarier beror på en högre omställningstakt för byten av energibärare. Differensen i användning av fossila bränslen mellan *Högre elektrifiering* och *Lägre elektrifiering* beror till stor del på att fler processer och arbetsmaskiner inom industrin bedöms elektrifieras i det högre fallet.

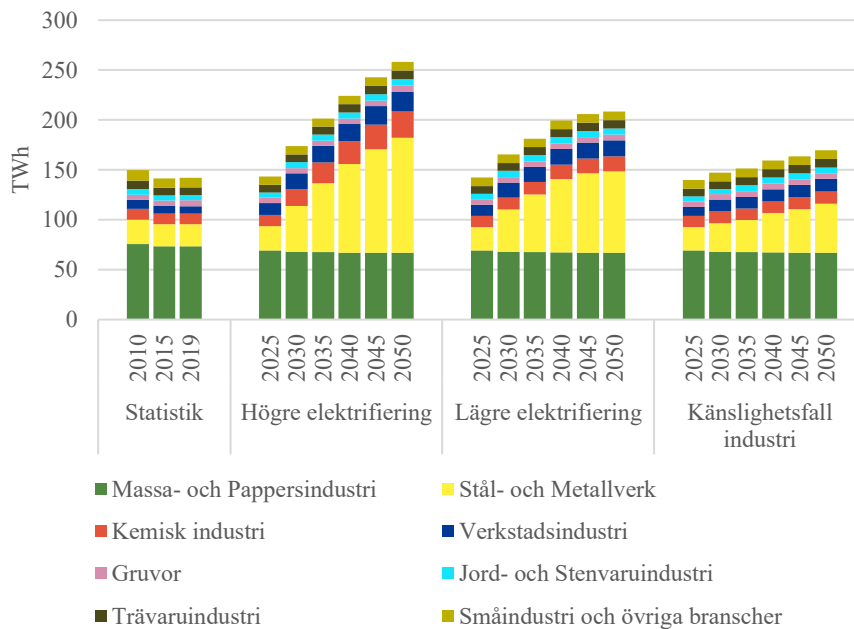
Av de kvarvarande fossila bränslena för *Högre elektrifiering* består 50 procent av övriga bränslen, vilket till stor del utgörs av olika avfallsbränslen och processgaser.



Figur 8. Industrins användning av fossila bränslen 2015–2019 och utfallsrum 2020–2050, TWh.

4.6 Energianvändning per bransch

I Figur 9 kan scenarierna för industrins energianvändning utläsas på branschnivå.



Figur 9. Energianvändning per bransch 2019 samt 2025–2050 för de olika scenarierna, TWh.

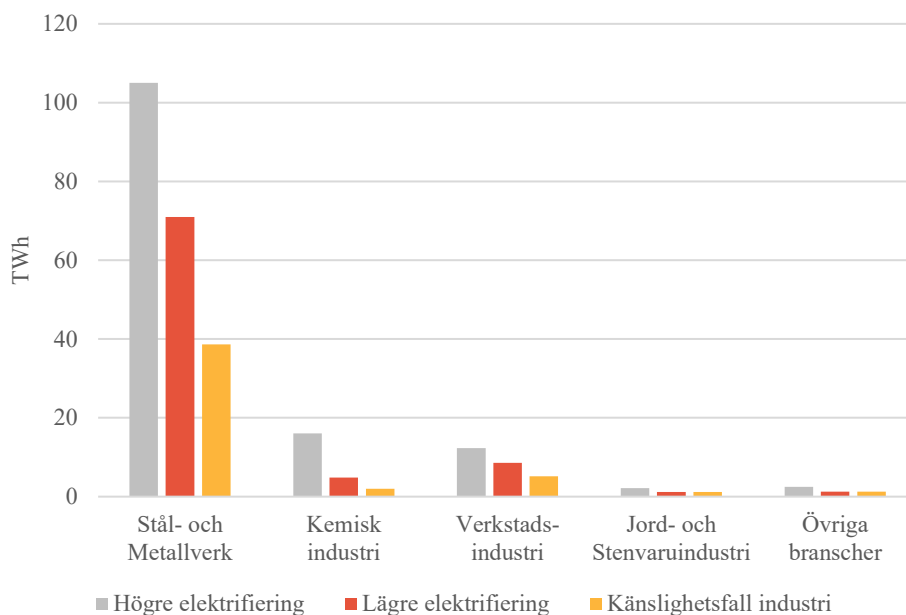
Massa- och pappersindustrin genomgår i scenarierna inga större förändringar sett till slutlig energianvändning. Utfallen antas spegla både den energieffektivisering och förändringar i produkter och produktionsvolym som görs.

Stål- och metallverken genomgår både teknikskiften och utökad produktion med ny teknik. Det innebär att befintlig användning av kolbränslen inom branschen minskar samtidigt som elanvändningen ökar. Sett till branschindelning hamnar direktreduktion av järnpellets inom järn- och stålverk (SNI 24.1–24.3). Genom Hybrit-projektet är målsättningen att all järnmalm från LKAB:s gruvor (SNI 05–09) ska genomgå direktreduktion i Sverige även om den säljs utomlands. Detta blir ett ytterligare förädlingssteg som är elkrävande och höjer industrins elanvändning och medför att elanvändningen för all denna direktreduktion hamnar inom järn- och stålindustrin. Den stora differensen mellan scenariernas energi- och elanvändning uppstår främst till följd av i vilken takt och utsträckning som järn- och stålindustrin elektrifieras samt produktionsnivån. I takt med att elnät byggs ut och framsteg görs i branschens omställning bör utfallsrummet också minska för hela industrins energianvändning. Den kraftigt ökande elanvändningen inom järn- och stålindustrin, se Figur 10, gör att branschen dominerar el- och energianvändning i samtliga scenarier.

Den utökade energianvändningen inom kemiindustrin, se Figur 9, beror främst på ökad elanvändning för tillkommande produktion av elektrobränslen. Den befintliga kemiindustrin genomgår en bränslekonvertering som inte drastiskt förändrar dess totala energianvändning.

Ökningen av energianvändning inom verkstadsindustrin beror på tillkommande elanvändning till etableringar för batteritillverkning, som tillkommer primärt fram till 2030. I scenariot *Högre elektrifiering* tillkommer ytterligare batteritillverkning från 2030 fram till 2050.

För jord- och stenvaruindustrin består den ökande energianvändningen huvudsakligen av el avsedd för CCS.



Figur 10. Tillkommande el i TWh för olika branscher 2050 jämfört med 2019.

4.7 Viktiga tekniker för industrins omställning

4.7.1 Vätgasproduktion genom elektrolys

Vätgas har inom industrin identifierats som en viktig möjliggörare. Den brinner vid hög temperatur, kan användas som reduktionsmedel av järnoxid och är en viktig komponent för att producera elektrobränslen (se 4.7.5). Idag produceras vätgas inom industrin främst genom ångreformeringsprocess av naturgas vid exempelvis raffinaderier, vilket leder till stora utsläpp av koldioxid till följd av naturgasens fossila ursprung. Vätgasproduktion genom elektrolys innebär att el används i en kemisk process för att spjälka vatten till vätgas och syrgas. Om den el som krävs för att producera vätgasen produceras av förnybara källor anses vätgasen vara fossilfri. För att producera den mängd vätgas som efterfrågas inom industrin krävs stora mängder el och sötvatten. Utöver detta behövs sällsynta metaller till elektrolysörerna.

4.7.2 Direktreduktion av järn genom vätgas

Järnmalm bryts ur gruvor i form av järnoxid. För att kemiskt separera syret från järnet kan antingen kol eller väte reagera med syre för att bilda koldioxid respektive vatten. Konventionell stålproduktion i Sverige har använt masugnsteknik för att reducera järnpelletens där kol tillförs i form av koks och den processen står idag för 10 procent³¹ av Sveriges totala utsläpp. I Hybrit-projektet har man för avsikt att i stället reducera järnet

³¹ Jernkontoret, Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige. https://fossilfrittisverige.se/wp-content/uploads/2020/10/ffs_stalindustrin.pdf (hämtad 2023-02-28).

genom direktreduktion till så kallad järnsvamp bestående av rent järn genom att använda vätgas framställd med elektrolys. Direktreduktion i sig är inte en ny teknik utan har historiskt gjorts genom att vätgas framställts med naturgas.

4.7.3 Ljusbågsugn

Ljusbågsugnar är elektriska ugnar som används för att producera smält stål. Tekniken är välkänd och beprövad då den redan idag används framför allt inom ståltillverkning för att smälta skrot. Vid en omställning till produktion av järnsvamp via direktreduktion med vätgas behövs ljusbågsugnen för att smälta och förädla järnsvampen till flytande stål. För malmbaserad ståltillverkning ersätter alltså ljusbågsugnen två funktioner i dagens masugnsbaserade ståltillverkningsprocess i Sverige. Den ena är funktionen att smälta ned järn och den andra är funktionen att uppgradera järn till stål.

4.7.4 CCS och CCU

Carbon Capture and Storage (förkortat CCS) innebär att koldioxid fångas in för att sedan transporteras till permanent lagring i en speciell typ av geologiska formationer på land eller under havsbotten. CCS-användning på stora punktutsläpp av koldioxid har potential att fånga 80–95 procent av koldioxiden men det kräver att energi tillförs³². CCS kan användas för att fånga in både fossila och biogena utsläpp. När tekniken används på fossila utsläppskällor undviks utsläpp av koldioxid som annars skulle släppas ut i atmosfären. Används tekniken i stället på utsläpp från biogena källor skapas negativa utsläpp.

Carbon Capture and Utilisation (förkortat CCU) baseras på samma teknik som CCS men innebär att den infångade koldioxiden i stället används som råvara till olika processer. Exempelvis kan koldioxid slås ihop med vätgas och skapa så kallade elektrobränslen som kan ersätta kolväten som raffinerar ur olja.

4.7.5 Elektrobränslen

Elektrobränslen är ett samlingsnamn för bränslen som framställts med el som huvudsaklig energiinsats. Utifrån det nuvarande teknikläget kan begreppet kondenseras ner till bränslen som är baserade på vätgas producerat med el i elektrolysprocesser. Vätgas som framställts via elektrolys är den enklaste formen av elektrobränsle. Andra mer komplexa koncept finns också där exempelvis vätgas och koldioxid syntetiseras till kolvätebränslen såsom metanol eller metan. Produktion av elektrobränslen där koldioxid används som insatsvara är nyckelprocesser för att möjliggöra CCU-koncept för produktion av exempelvis bränslen och kemikalier.

³²Energimyndigheten, *Industrin - nuläge och förutsättningar för omställning*, ER 2022:13, 2022.

4.7.6 Batteriproduktion

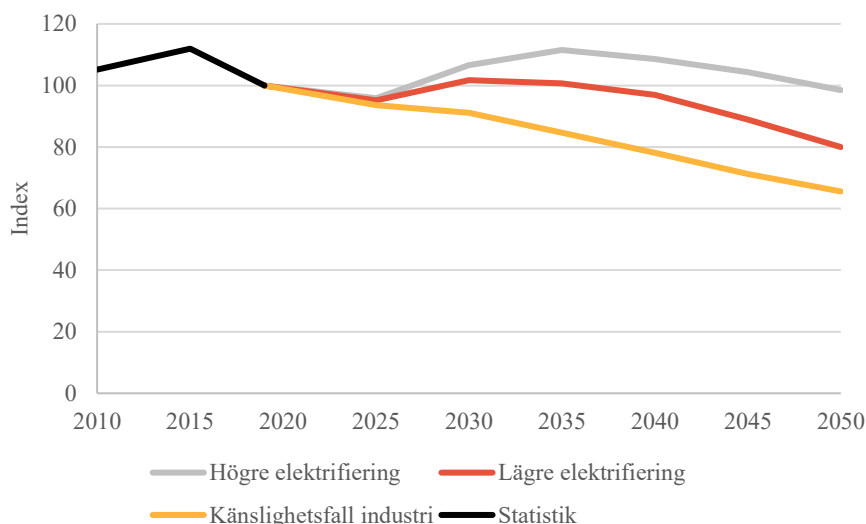
Den industriella produktionen av batterier som ingår i scenarierna är av typen litiumjonbatteri och användningsområdena är tänkta främst till fordon och energilager. Den huvudsakliga energibäraren för denna produktion är el, som används för flera processer i tillverkningen. Den största elanvändningen sker vid katodtillverkning för att värma de ugnar som kräver höga temperaturer. Många av delprocesserna kräver en noggrant reglerad ventilation och luftkonditionering med extremt låg luftfuktighet, vilket är elintensivt. En av dessa processer är formering vilket innebär att el används för laddning och urladdning av battericeller för att tilldela dem elektrokemiska egenskaper och upptäcka dysfunktionella celler. Det är också en process som kräver stor användning av el³³.

4.8 Förädlingsvärde / Effektivisering

I samtliga scenarier antas det implicit ske en energieffektivisering inom alla branscher. Samtidigt ökar den totala energianvändningen inom industrin fram till 2050 i samtliga scenarier. Ökningen beror till största del på tillkommande produktion och processteg men följer även den årliga ökningen av förädlingsvärdet. Förädlingsvärdet är skillnaden i värde mellan en sektors produktion och använda insatsvaror, vilket också kan beskrivas som sektorns bidrag till BNP.

Den främsta indikationen på att en energieffektivisering sker är att energianvändningen per förädlingsvärde följer en nedåtgående trend i scenarierna, se Figur 11. Förädlingsvärdena i scenarierna fås från Konjunkturinstitutets miljöekonomiska allmänna jämviktsmodell EMEC, se B.5.2. Då EMEC inte specifikt modellerar tillkommande produktion och processteg (exempelvis inom järn- och stålindustrin) antas utvecklingen av förädlingsvärdet inom industrin vara samma i samtliga scenarier. Följaktligen blir energianvändningen per förädlingsvärde då mer missvisande i scenarierna *Högre elektrifiering* samt *Lägre elektrifiering* – båda har en nedåtgående trend men först efter 2035 – jämfört med *Känslighetsfall industri*. Detta beror på att energianvändningen från tillkommande produktion och processteg är högre i scenarierna *Högre elektrifiering* och *Lägre elektrifiering* samtidigt som den ökade energianvändningen inte reflekteras av förädlingsvärdet. Den minskade energianvändningen per förädlingsvärde behöver inte enbart vara ett resultat av energieffektivisering utan kan också vara resultatet av andra produktionsförbättringar som ökar förädlingsvärdet med bibehållen energianvändning.

³³ Samtal med Northvolt AB.



Figur 11. Förändringen av energianvändning per förädlingsvärde 2010–2019 samt 2020–2050 för de olika scenarierna inom industrin, där index 2019 har värdet 100.

Exakt vilka åtgärder som leder till den observerade effektiviseringen är inte specificerat i scenarierna utan många olika faktorer antas bidra. Exempelvis genomför industrier kontinuerliga återinvesteringar i sina anläggningar för att hålla anläggningarna i gott skick vilket möjliggör en viss effektivisering. Samtidigt sker en utfasning av existerande teknik, på grund av ålder, som ersätts av ny effektivare teknik vilket också möjliggör att samma produktionsnivåer kan bibehållas med lägre energianvändning. Som konsekvens minskar energianvändningens påverkan på förädlingsvärdet. En ökad elektrifiering kan också bidra till en mer effektiv energianvändning men bidraget beror på vilka processer som elektrifieras. För arbetsmaskiner har en ökad elektrifiering samma effekt på slutlig energianvändning som elektrifiering av transportsektorn då elmotorer är mer energieffektiva än förbränningsmotorer.

5 Transportsektorn

Viktiga slutsatser

- Utfallsrummet för den totala energianvändningen för Sveriges transportsektor (inrikes transporter) visar på en minskning från cirka 79 TWh 2020 till 49 TWh i *Högre elektrifiering* och 54 TWh i *Lägre elektrifiering* fram till 2050.
- För transportsektorn ökar energianvändningen fram till 2025 för att sedan börja plana ut 2045. Det är elektrifieringen av vägtrafiken som driver utvecklingen och leder till att den totala energianvändningen efter 2025 antas minska.
- För personbilar antas fordonsflottan vara i princip helt elektrifierad 2050. Andelen rena elfordon antas variera mellan 83 och 97 procent 2050 mellan scenarierna. Denna utveckling är helt beroende av att laddinfrastruktur byggs ut i tillräcklig omfattning samt att det finns tillgång till elfordon.
- För tunga lastbilar är cirka 90 procent elektrifierade 2050 i scenariot *Högre elektrifiering* medan det är cirka 45 procent som är elektrifierade i scenariot *Lägre elektrifiering*.
- I scenarierna ingår de idag beslutade reduktionsnivåerna fram till 2030. Reduktionsplikten har sin största påverkan på energianvändningen 2030 för att sedan avta i takt med att elektrifieringen antas fortgå.

5.1 Om transportsektorn

I scenarierna delas transportsektorn upp i fyra olika trafikslag; vägtrafik, bantrafik, sjöfart (inrikes och utrikes) samt luftfart (inrikes och utrikes). Det trafikslag som hade störst energianvändning 2020 enligt statistiken var kategorin vägtrafik, med cirka 74TWh. I kategorin vägtrafik ingår bussar, motorcyklar, bilar samt lätta och tunga lastbilar. Se Bilaga B – Förutsättningar och metod för en utförligare beskrivning av de olika kategorierna.

5.2 Om de olika scenarierna för transportsektorns energianvändning

För transportsektorns energianvändning redovisas huvudsakligen två scenarier med olika antaganden. De olika scenarierna representerar utfall av omställningen till en fossilfri fordonsflotta och spänner tillsammans

upp ett utfallsrum för energianvändningen som beror på graden av elektrifiering i transportsektorn. Beroende på tillgång på råvaror för produktion av eldrivna fordon och överkomligheten sett till pris på eldrivna fordon, rör sig energianvändningen inom utfallsrummet.

5.2.1 Osäkerheter kring tillgång på råvaror och hushållens ekonomi kan påverka fordonsflottans framtida utveckling

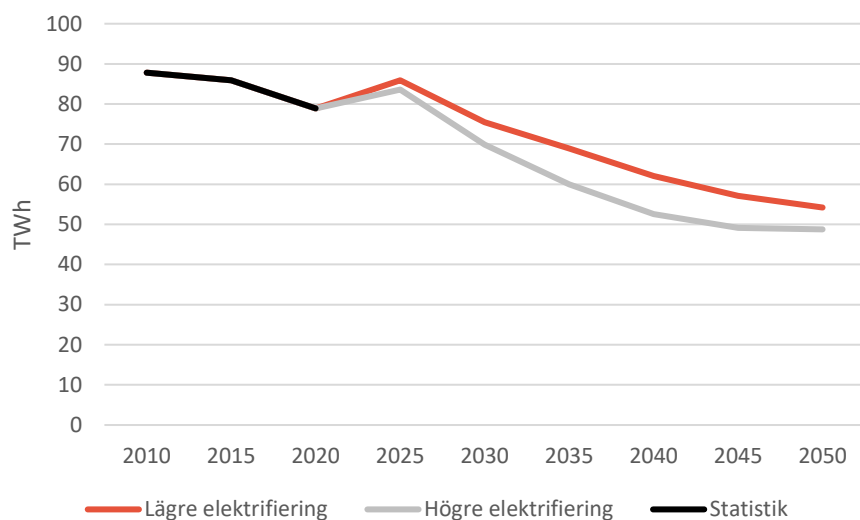
De långsiktiga scenarierna är framtagna givet en viss teknisk utveckling, utveckling av befolkningstillväxt, ekonomiskt tillväxt och tillgång på råvaror. Sett till råvaror krävs det en hög tillgång på dessa för tillverkning av komponenter som möjliggör att elektrifierade fordon finns tillgängliga. Den elektrifieringstakt för fordonsflottan som antas i dessa scenarier bygger på att inga hinder i form av exempelvis brist på material till batteritillverkning uppstår och radikalt förändrar förutsättningarna för utvecklingen. Utöver tillgången på råvaror och i förlängningen fordon måste dessa också vara överkomliga i pris vid köp eller leasing för att företag och privatpersoner ska välja att satsa på elektrifierade fordon. Sveriges nyförsäljning av fordon påverkas också i hög grad av utvecklingen i omvärlden. Scenariomodellen tar inte hänsyn till osäkerheter på längre sikt gällande tillgång på fordon eller på kort sikt ekonomiska svårigheter i form av inflation eller räntehöjningar som skulle kunna minska köpkraften hos svenska företag och privatpersoner. Dessa osäkerheter är anledningen till att vi presenterar ett utfallsrum som visar på ett spann för utvecklingen av transportsektorns energianvändning framöver.

5.2.2 Scenarierna bygger till stor del på historiska samband

De scenarier för transportsektorn som presenteras i denna rapport är på många sätt uppbyggda med historiska samband som grund. Möjligheter för alternativa utfall är därmed stor om förändringar i preferenser och beteenden sker. Ett exempel kan vara att en ökad digitalisering eller självkörande bilar i framtiden skulle kunna ändra både hur vi kör och i vilken utsträckning vi själva äger bilar eller använder tjänster för att transportera oss. Eventuella förändringar i människors preferenser och beteenden i framtiden av det slaget är inte något som vi har tagit i beaktning i scenarierna.

5.3 Total energianvändning inom transportsektorn

De två olika scenarier som har utforskats i denna omgång är scenarier som avspeglar en högre respektive lägre grad av elektrifiering. För transportsektorn har det inneburit ett fokus på vägtrafiken. Utfallsrummet för den totala energianvändningen för Sveriges transportsektor (inrikes transporter) visar på en minskning från cirka 79 TWh 2020 till 49 TWh i *Högre elektrifiering* och 54 TWh i *Lägre elektrifiering fram till 2050*, se Figur 12.



Figur 12 Total energianvändning, inrikes transporter, 2010–2020 samt 2020–2050 för de olika scenarierna, TWh.

Energianvändningen i scenarierna ökar fram till 2025 för att sedan minska fram till ungefär 2045 då den börjar plana ut. Resultatet beror på flera samverkande faktorer.

Covid-19-pandemin ledde till en minskad ekonomisk aktivitet 2020 vilket minskade även energianvändningen då det utfördes färre aktiviteter (mindre konsumtion, färre resor etc.). Ökande befolkningsmängd, enligt Statistiska centralbyråns befolkningsprognos, kopplat med en förväntad ekonomisk tillväxt förväntas leda till en ökad energianvändning fram till 2025. Ökning är också kopplad till att dieselanvändningen för tyngre fordon antas öka på kortare sikt för att sedan avta i takt med elektrifieringen (se avsnitt 5.4).

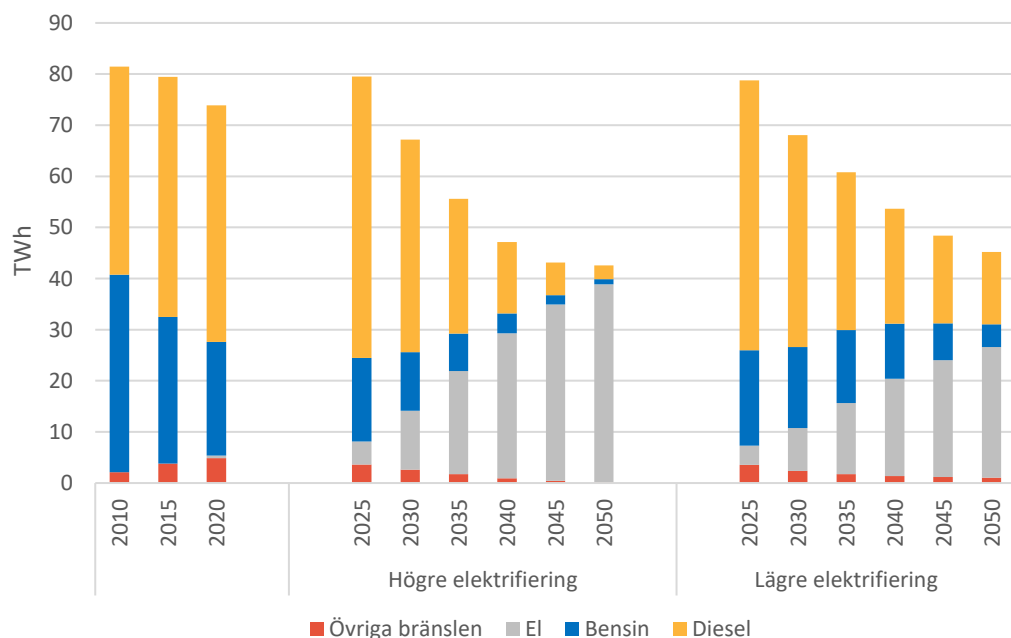
På sikt förväntas dock den ökade graden av elektrifiering av fordonsflottan ge en minskad energianvändning eftersom elmotorer är mer energieffektiva än konventionella förbränningsmotorer. Runt 2045 antas elektrifieringen av framför allt vägtrafiken vara så pass stor att befolkningsökningen och den ekonomiska utvecklingen återigen börjar påverka energiåtgången mer än elektrifieringen av fordonsflottan och därmed planar energianvändningen ut.

Trenden är dock olika för de olika trafikslagen. Det är i scenarierna vägtrafikens utveckling som leder till den minskade energianvändningen för hela transportsektorn. Vilket också kan förklaras av att vägtrafiken utgör den absolut största andelen av transportsektorn.

Energianvändningen inom bantrafiken, luftfarten och sjöfarten ökar i stället givet den korrelation som antas finnas mellan ekonomisk tillväxt och ökad energianvändning. Fokus för dessa scenarier har varit att studera effekten av en kraftigt ökad elektrifieringen inom vägtrafiken. För övriga trafikslag antas inte elektrifieringen öka i samma omfattning. Det trafikslag som bryter mönstret är just vägtrafiken där energianvändningen minskar i båda scenarierna, i stället för att öka.

5.4 Vägtrafikens utveckling

Det som driver transportsektorns energiomställning i scenarierna är elektrifieringen av vägtrafikens fordonsflotta. Det är en utveckling som antas ske gradvis över tid. För energianvändningen inom vägtrafiken finns det tre olika rörelser inom scenarierna vilket kan ses i Figur 13. Det första är en historiskt avtagande trend gällande bensin användning som pågått i cirka 10 år och som i scenarierna antas fortsätta. Det andra är att dieselanvändningen ökar fram till 2025 för att sedan avta i takt med elektrifieringen. En av anledningarna till denna utveckling (att diesel ökar på kort sikt, medan bensin minskar) är att dieselanvändningen är en stor del av energianvändningen för bussar, lätta lastbilar och tunga lastbilar till skillnad från bensin som huvudsakligen används till personbilar. Det tredje är elanvändningen som ökar successivt under scenarioåren. År 2040 går el över till att bli den dominerande energibäraren för vägtrafik i *Högre elektrifiering* och för *Lägre elektrifiering* blir el den dominerande energibäraren 2045.



Figur 13 Energianvändning 2010–2020 samt 2020–2050 inom vägtrafiken uppdelad på olika bränslen vid scenarierna *Högre elektrifiering* och *Lägre elektrifiering*, TWh.

I figuren består övriga bränslen av rena och höginblandade biodrivmedel samt fordonsgas. I bensin och diesel ingår låginblandning av förnybara drivmedel; låginblandningen i bensin består av etanol respektive biobensin och låginblandningen i diesel består av FAME respektive HVO.

5.4.1 Låginblandning av biodrivmedel

I de scenarier som tagits fram för denna rapport inkluderas beslutade styrmedel fram till sista juni 2022, detta innebär att det i scenarierna finns inräknat en pausad reduktionsplikt 2023 men sedan följer de enligt lag beslutade reduktionsnivåerna, se Tabell 1. Förlängd skattebefrielse för rena och höginblandade flytande biodrivmedel är inte med i dessa scenarier.³⁴

Tabell 1 Beslutade reduktionsnivåer 2020–2030, procent.

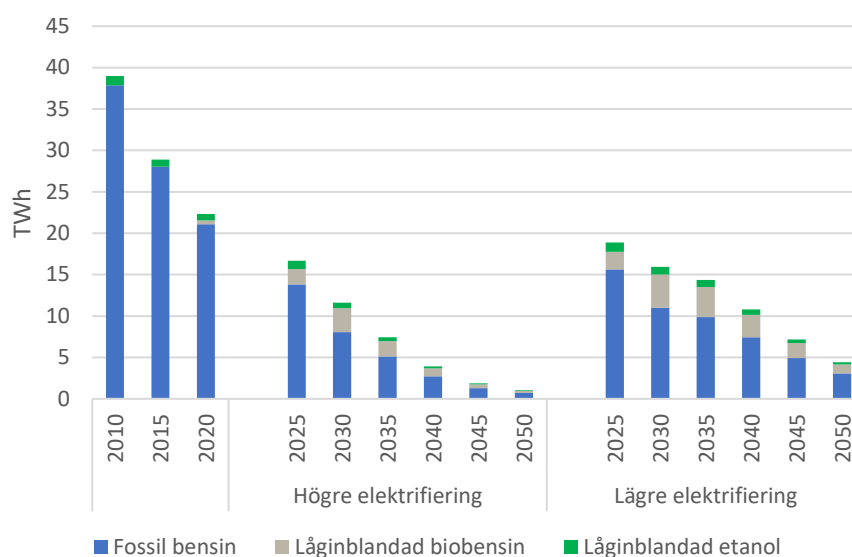
Reduktionsnivåer	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bensin	4,2	6,0	7,8	7,8	12,6	15,5	19,0	22,1	24,1	26,0	28,0
Diesel	21,0	26,0	30,5	30,5	40,0	45,0	50,0	54,0	58,0	62,1	66,0
Flygfotogen		0,8	1,7	2,6	3,5	4,5	7,2	10,8	15,3	20,7	27,0

Reduktionsplikten är ett viktigt styrmedel för att minska mängden fossila drivmedel som används inom transportsektorn. Hur stor vikt reduktionsplikten har beror dock på hur snabbt transportsektorn elektrifieras. Reduktionsplikten har därmed en större påverkan på transportsektorn vid scenariot *Lägre elektrifiering*. Den största energiåtgången av låginblandade biodrivmedel är 2030 i båda scenarierna. Eftersom vi i scenarierna på lång sikt antar en mycket stor elektrifiering av fordonsflottan är dock reduktionspliktens effekt efter 2030 relativt begränsad.

Låginblandning i bensin

För bensin används i *Högre elektrifiering* cirka 1 TWh biobensin och cirka 0,7 TWh etanol 2030, se Figur 14. Vid 2050 används i samma scenario cirka 0,3 TWh biobensin och 0,05 TWh etanol (givet att samma reduktionsnivåer bibehålls mellan 2030 och 2050).

³⁴ Regeringskansliet, Skattebefrielse för rena och höginblandade biodrivmedel till och med 2026. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/12/skattebefrielse-for-rena-och-hoginblandade-biodrivmedel-till-och-med-2026/> (hämtad 2023-02-15).

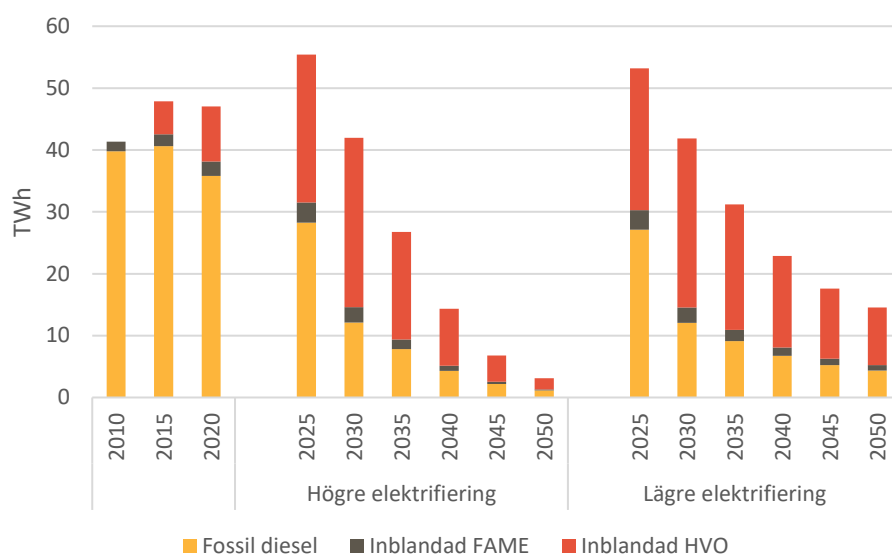


Figur 14 Energianvändning inom transportsektorn i scenariot *Högre elektrifiering* och *Lägre elektrifiering* för bensin och låginblandade biodrivmedel 2010–2020 samt 2020–2050, TWh.

För scenariot *Lägre elektrifiering* används cirka 4 TWh låginblandad biobensin och 1 TWh låginblandad etanol 2030. År 2050 har energimängden minskat till 1,1 TWh för låginblandad biobensin och 0,3 TWh för låginblandad etanol.

Låginblandning i diesel

För diesel uppkommer den högsta energianvändningen av låginblandade biodrivmedel (FAME och HVO) 2030 för båda scenarierna, detta med en energianvändning på cirka 30 TWh, se Figur 15. År 2050 går det att se en större skillnad mellan scenarierna, vilket beror på skillnader i elektrifieringstakt. I *Högre elektrifiering* används cirka 2 TWh låginblandade biodrivmedel. Medan det i *Lägre elektrifiering* används cirka 10 TWh.

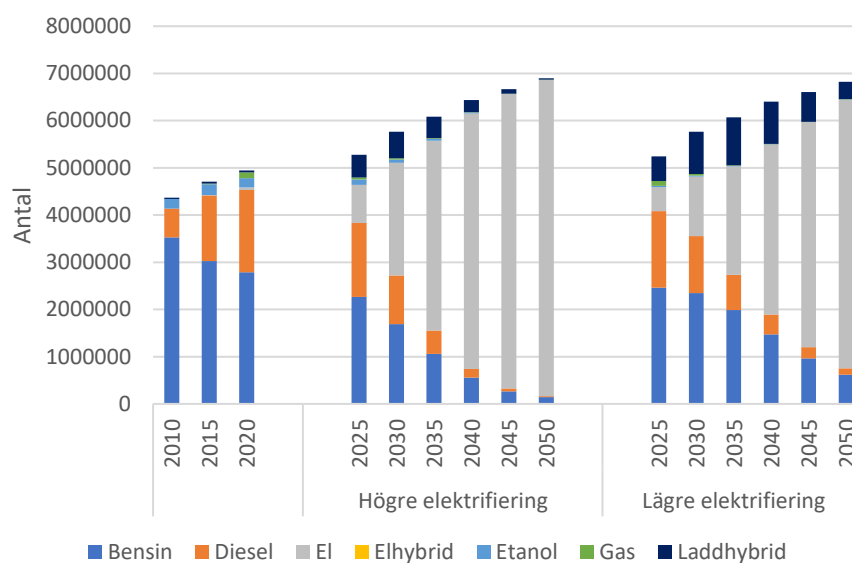


Figur 15 Energianvändning inom transportsektorn i scenariot *Högre elektrifiering* och *Lägre elektrifiering* för diesel och låginblandade biodrivmedel 2010–2020 samt 2020–2050, TWh.

Diesel är det bränsle som historiskt har haft högst inblandningsgrad av biokomponenter, i detta fall HVO och FAME. Den högsta användningen av låginblandade biodrivmedel sker 2030 för att sedan avta. Detta förklaras av att reduktionsplikten, i dessa scenarier, ökar fram till 2030 för att sedan hållas konstant fram till 2050. Elektrifieringen av vägtrafiken bidrar sedan till en minskad energiåtgång. Energianvändningen ökar då inblandningsgraden av HVO och FAME ökar och medan elektrifieringen ännu inte har nått en sådan omfattning att den leder till en minskad energianvändning inom transportsektorn. I takt med att elektrifieringen ökar så minskar alltså användningen av både fossila drivmedel såväl som biodrivmedel.

5.4.2 Personbilar

I Figur 16 och visas personbilsflottans utveckling över tid för de två olika scenarierna. År 2050 antas personbilsflottan i princip vara helt elektrifierad i scenariot *Högre elektrifiering*, men även i *Lägre elektrifiering* är andelen elfordon eller laddhybrider omfattande. Redan 2030 antas cirka 40 procent av personbilarna vara helt drivna av el i *Högre elektrifiering* gentemot cirka 20 procent i *Lägre elektrifiering*. År 2050 varierar andelen rena elfordon från 83 procent i *Lägre elektrifiering* till 97 procent i *Högre elektrifiering* (89 respektive 98 procent om man inkluderar laddhybrider).

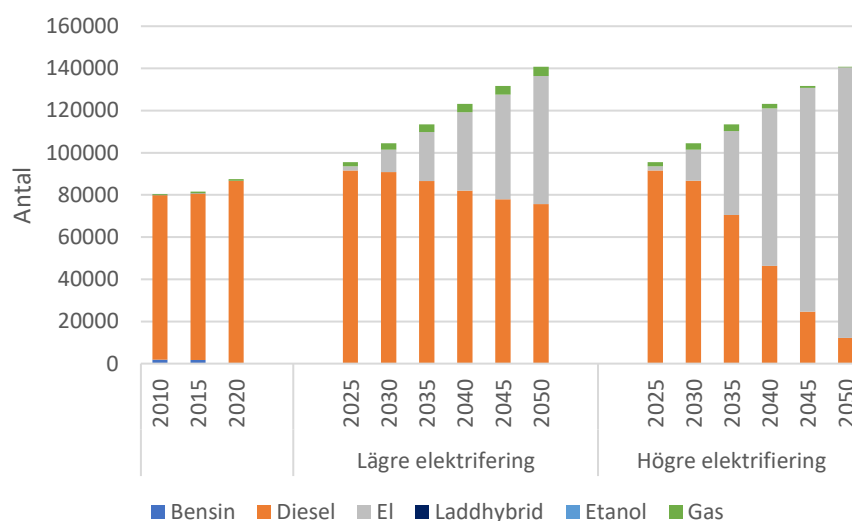


Figur 16 Antal personbilar i fordonsflottan uppdelat på drivlina 2010–2020 samt 2020–2050 vid scenariot *Högre elektrifiering* och *Lägre elektrifiering*,

Det är viktigt att påpeka att denna utveckling är helt beroende av att laddinfrastruktur byggs ut i tillräcklig omfattning (det antas inte vara något hinder i scenarierna) samt att det finns tillgång till elfordon. Om man kombinerar utvecklingen av fordonsflottan med Statistiska centralbyråns befolkningsprognos kan ett snitt på fordon per invånare i Sverige räknas fram. År 2020 var antalet personbilar per person cirka 0,5 (detta oaktat åldern på invånarna) och 2050 antas tätheten vara cirka 0,6 personbilar per person. Som tidigare nämnts tas ingen hänsyn i dessa scenarier till eventuellt förändrade beteenden i framtiden. Att antalet personbilar per person ökar beror på de historiska samband som modellen är uppbyggd utifrån. Ändrade beteenden och ett mer transporteffektivt samhälle i framtiden skulle kunna ge helt andra resultat.

5.4.3 Tunga lastbilar

För tunga lastbilar är cirka 90 procent elektrifierade 2050 i scenariot *Högre elektrifiering* medan det är cirka 45 procent som är elektrifierade i scenariot *Lägre elektrifiering*. Antalet tunga lastbilar ökar mellan 2020 och 2050 från cirka 85 000 till cirka 140 000, se Figur 17.



Figur 17 Antal tunga lastbilar i fordonsflottan uppdelat på drivlina 2010–2020 samt 2020–2050 vid scenarierna *Lägre elektrifiering* och *Högre elektrifiering*.

5.4.4 Lätta lastbilar

Gällande lätta lastbilar är cirka 95 procent elektrifierade 2050 i scenariot *Högre elektrifiering* medan det är cirka 85 procent som är elektrifierade i scenariot *Lägre elektrifiering*. Antalet lätta lastbilar ökar mellan 2020 och 2050 från cirka 60 000 till cirka 78 000.

5.4.5 Bussar

I scenariot *Högre elektrifiering* är cirka 97 procent av bussarna elektrifierade år 2050. I scenariot *Lägre elektrifiering* är cirka 75 procent av bussarna elektrifierade samma år. Antalet bussar antas öka mellan 2020 och 2050 från cirka 15 000 till nära 20 000.

5.5 Utvecklingen för bantrafik, luftfart och sjöfart

För bantrafik, luftfart och sjöfart har endast ett scenario över utvecklingen tagits fram. Energianvändningen ökar för samtliga trafikslagen, både inrikes och utrikes, över tid. Ökningen i scenarierna beror framför allt på antaganden om befolkningstillväxt och ekonomisk utveckling. Luftfarten påverkas dock också av reduktionsplikten för flygfotogen som innebär en ökning av andelen förnybara flygbränslen. Det är framför allt det förnybara flygbränslet som tillför en förändrad dynamik för energianvändningen.

6 Bostäder och service m.m.

Viktiga slutsatser

- Energianvändningen ökar från 140 TWh 2020 till mellan 145 och 155 TWh 2050 beroende på scenario. Energianvändningen för uppvärmning och varmvatten förväntas minska fram till 2050. Större delen av minskningen sker redan till 2030, vilket till stor del beror på att utfasningen av elvärme bedöms gå fort samt att det blir lönsamt med olika energieffektiviseringsåtgärder i befintliga byggnader vilka görs tidigt i perioden.
- Total elanvändning i sektorn ökar mellan 8 TWh och 21 TWh till 2050 beroende på scenario. Skillnaden i elanvändning mellan scenarierna är alltså cirka 13 TWh 2050. Skillnaden beror främst på olika förväntad utbyggnadstakt av datacenter samt till viss del olika elektrifieringstakt för arbetsmaskiner.
- I scenarierna har Energimyndigheten antagit olika utvecklingstakter för datacenter. Vid *Högre elektrifiering* blir elanvändningen för datacenter cirka 21 TWh 2050 medan elanvändningen vid *Lägre elektrifiering* uppgår till cirka 10 TWh.
- I scenarierna förutsätts att arbetsmaskiner kommer att elektrifieras i stor utsträckning, dock kommer elektrifieringen gå olika fort i de olika delsektorena. Det förutsätts gå snabbast inom hushållssektorn och byggsektorn och ta längst tid är inom skogsbruket och vissa delar av jordbruket.
- År 2050 förväntas endast värmepumpar, fjärrvärme och biobränsle (ved) användas till uppvärmning och varmvatten, men även biobränslet minskar med 37 procent till 2050. Den upptagna energin från värmepumpar, är i idag i storleksordningen 16 TWh och bedöms i scenarierna i slutet av perioden vara 21 TWh.

6.1 Om sektorn bostäder och service m.m.

I sektorn ingår hushåll, service³⁵, areella näringar³⁶ och byggverksamhet³⁷. Den slutliga energianvändningen i sektorn uppgick 2020 till 140 TWh. Elanvändningen uppgick till 70 TWh.

³⁵ Som exempelvis hotell och restaurang, vård, utbildning, IT och datacenter, kultur och nöje, försäkrings- och finansverksamhet, uthyrning och fastighetsverksamhet samt annan serviceverksamhet.

³⁶ Jordbruk, skogsbruk och fiske.

³⁷ Byggande av hus samt anläggningsarbeten, exempelvis järnvägar och vägar.

Hushållen stod 2020 för över 59 procent av sektorns energianvändning, service för över 32 procent, areella näringar för över 5 procent och byggsektorn för knappt 3 procent.

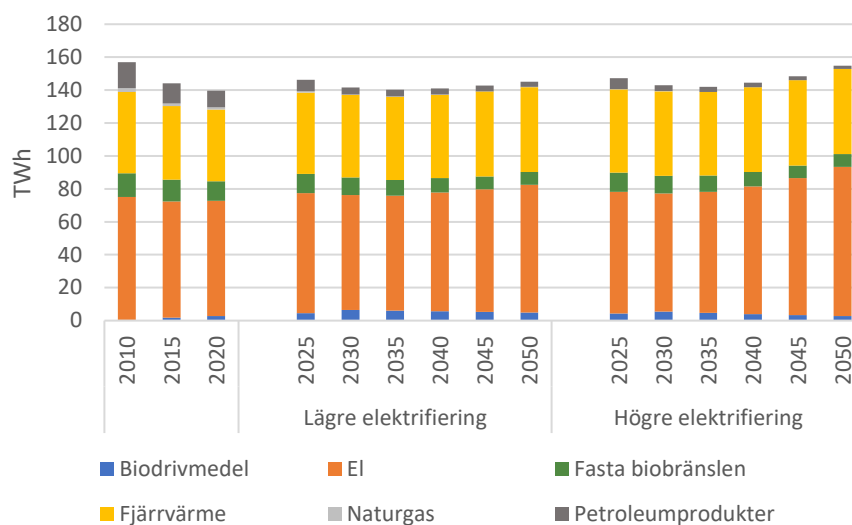
Energi för uppvärmning och till varmvatten i bostäder och lokaler har historiskt stått för ungefär hälften av sektorns energianvändning. Detta varierar mellan olika år eftersom energianvändningen för uppvärmning påverkas av utomhustemperaturen. Energianvändning för hushållsel och fastighetsel är den näst största posten med ungefär en tredjedel. Resterande del går till bränsle för arbetsmaskiner. Arbetsmaskiner används i sektorns alla delar.

Förutsättningarna och metod för sektorn presenteras i Bilaga B – Förutsättningar och metod. Samtliga resultat i tabellform presenteras i Bilaga A – Resultattabeller.

6.2 Total energianvändning i sektorn bostäder och service m.m.

Den totala energianvändningen i sektorn har legat och förväntas fortsätta ligga på en relativt stabil nivå över tid, men med en något ökande trend i *Högre elektrifiering*. Energianvändningen ökar från cirka 140 TWh 2020 till mellan 145–155 TWh 2050 beroende på scenario. Skillnaden i elanvändning mellan scenarierna är cirka 13 TWh år 2050, se Figur 18. Skillnaden beror främst på olika förväntad utbyggnadstakt av datacenter samt till viss del olika elektrifieringstakt för arbetsmaskiner. Att inte den totala energianvändningen ökar mer kan dels förklaras av att när arbetsmaskinerna elektrifieras sker en stor energieffektivisering, dels av den förväntade ökningen av värmepumpar³⁸, dels beror det på förväntad energieffektivisering av befintligt bestånd bland bostäder och lokaler.

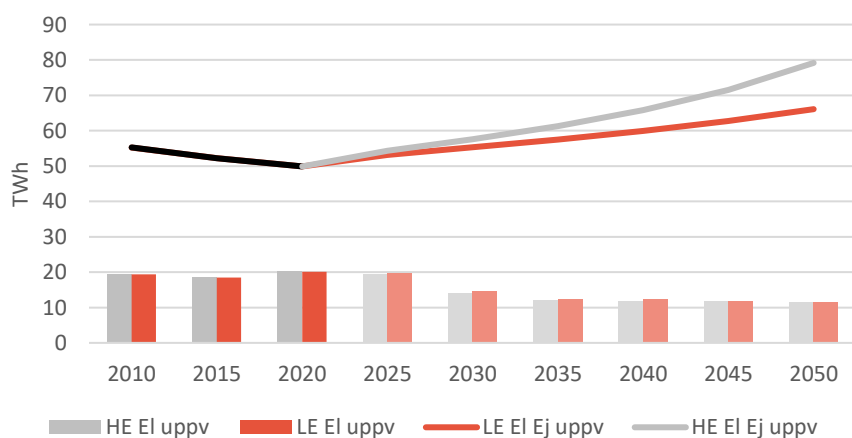
³⁸ Den köpta energin minskar då fler värmepumpar kommer in i systemet. Upptagen energi från värmepumpar inkluderas inte i den slutliga energianvändningen i energistatistiken. Det beror bland annat på att det är behäftat med stor osäkerhet att uppskatta den upptagna energianvändningen. I olika sammanhang (exempelvis vid beräkning av förnybar energi) brukar uppskattningar av den upptagna energin från värmepumpar göras. Den upptagna energin från värmepumpar 2020 uppskattades grovt till 16 TWh.



Figur 18 Total slutlig energianvändning 2010–2020 samt 2020–2050 i scenarierna *Lägre elektrifiering* och *Högre elektrifiering* uppdelat på energislag, TWh.

Det sker en omfördelning i båda scenarierna mellan olika energislag vilket också kan ses i Figur 18 där petroleumprodukter, fasta biobränslen och naturgas minskar och framför allt elanvändningen ökar. Andelen el för uppvärmning minskar men övrig el ökar, drivet av den förväntade utbyggnaden av datacenter och elektrifieringen av arbetsmaskiner.

Elanvändningen ökar i båda scenarierna, men om den förväntade ökningen av el till datacenter helt uteblir skulle elanvändningen i sektorn ligga på samma nivå 2050 som 2020. Elen till uppvärmning minskar kraftigt redan till 2030 för att sedan plana ut, vilket också kan ses i Figur 19.



Figur 19 Elanvändning i sektorn för de olika scenarierna, uppdelat på el till uppvärmning respektive övrig el, 2010–2050, TWh.

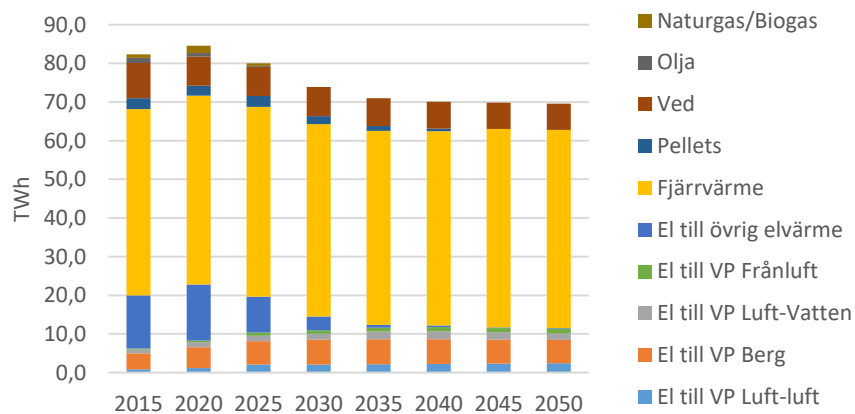
Anm: LE-Lägre elektrifiering, HE-Högre elektrifiering

6.3 Bostäder och lokaler

Bostäder och lokaler utgörs av småhus, flerbostadshus och lokaler. Energi till uppvärmning och varmvatten samt hushållsel och el för att driva fastigheterna, fastighetsel, ingår. För bostäder och lokaler är utfallet i de båda scenarierna så pass lika att resultaten för de olika scenarierna inte presenteras separat i denna del.

6.3.1 Uppvärmning och varmvatten

Energianvändningen för uppvärmning och varmvatten förväntas minska fram till 2050, vilket kan ses i Figur 20. Den större delen av minskningen sker redan till 2030, vilket till stor del beror på att utfasningen av elvärme bedöms gå fort samt att det i modellen blir lönsamt med olika energieffektiviseringsåtgärder i befintliga byggnader, vilka görs tidigt i perioden. Det varmare klimatet bidrar också till minskad energiåtgång. Detta sammantaget ger att den köpta energin minskar med 13 TWh till 2050 enligt scenarierna.



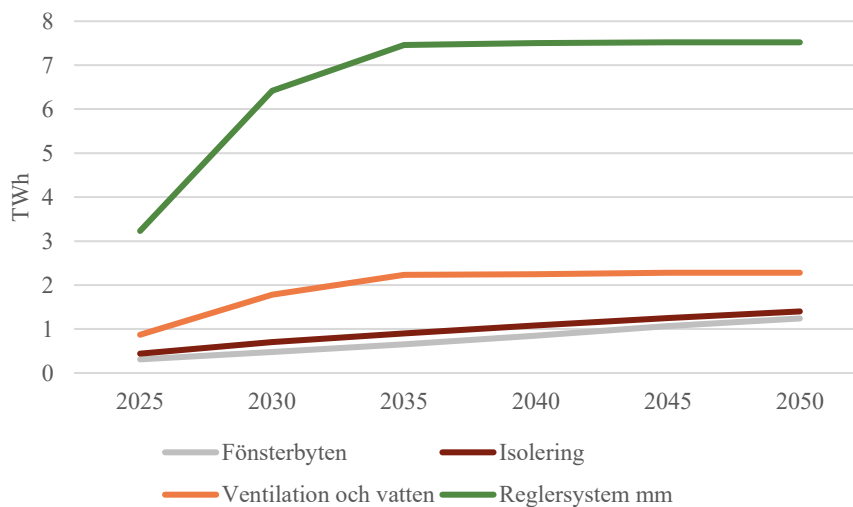
Figur 20 Köpt energi till bostäder och lokalers uppvärmning och varmvatten, historisk utveckling 2015–2020 och förväntad energiåtgång 2020–2050 uppdelat på energislag, TWh.

Energianvändningen för uppvärmning och varmvatten till befintlig bebyggelse minskar mer än vad energianvändningen för nybyggnationen tillför. Minskningen sker trots befolkningsökning och att det byggs nya bostäder och lokaler i Sverige. Det finns tre viktiga orsaker till att energianvändningen för uppvärmning och varmvatten för befintlig bebyggelse minskar i scenarierna:

- 1 Värmepumpar ersätter direktverkande el i småhus och börjar konkurrera med fjärrvärme i flerbostadshus och lokaler.
- 2 Energieffektiviserande åtgärder genomförs i befintlig bebyggelse.
- 3 Klimatförändringar antas ge ett lägre uppvärmningsbehov.

Enligt undersökningen Energistatistik i småhus 2021³⁹ finns det fortfarande närmare 150 000 småhus som endast har direktverkande el och inte har konverterat till värmepump eller annan energikälla. I båda scenarierna blir det i modellen lönsamt att installera värmepumpar, vilket innebär att direktverkande el fasas ut helt till 2050 i scenarierna. Värmepumparna börjar också konkurrera med fjärrvärmens i flerbostadshus och lokaler. Eftersom den upptagna energin från värmepumpar (det vill säga den energi som värmepumpen tar upp från omgivande luft, vatten eller jord) inte redovisas i den slutliga energianvändningen innebär detta att energianvändningen minskar när värmepumpar ersätter direktverkande el och fjärrvärme, detta oavsett om energieffektiviseringsåtgärder genomförs.

Energieffektiviserande åtgärder blir lönsamt i scenarierna och bidrar också till att energianvändning minskar för bostäder och lokaler. De energieffektiviseringsområden som bidrar är fönsterbyten, bättre isolering, effektivare utnyttjande av ventilation och vatten samt förbättrade styr/reglersystem. Där det sistnämnda bedöms ge det klart största bidraget till sänkt energibehov, vilket illustreras i Figur 21. Energinvändningen för befintlig bebyggelse minskar, som sagt, också på grund av varmare klimat, vilket beskrivs närmare i avsnitt 6.3.3.



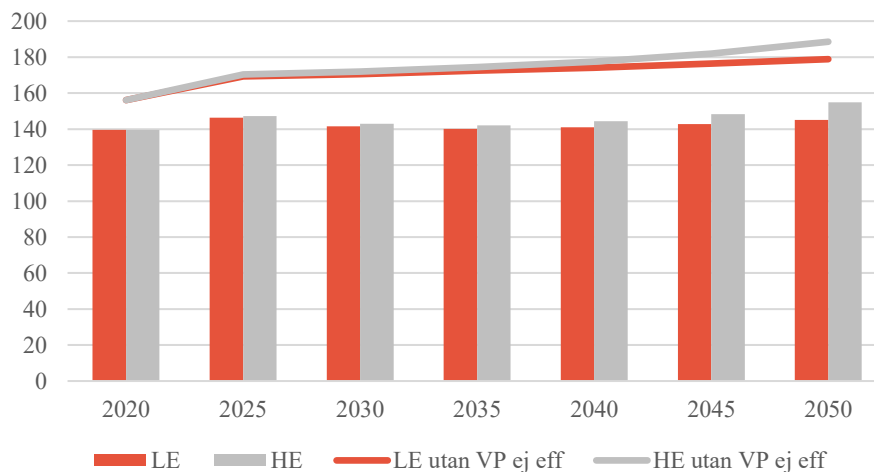
Figur 21 Olika energieffektiviseringsåtgärders förväntade bidrag till minskat nettoenergiebehov 2025–2050, TWh.

Konkurrenskraften för värmepumpar och energieffektivisering påverkar energianvändningen

Värmepumpar och energieffektivisering har stor påverkan på hur den slutliga energianvändningen i sektorn utvecklas. Att bedöma

³⁹ Energimyndigheten, Energistatistik för småhus 2021. http://www.energimyndigheten.se/499ea9/globalassets/statistik/officiell-statistik/statistikprodukter/energistatistik-i-smahus/tabeller/rapport_01v01_smh2021_resultattabeller.xlsx (hämtad 2023-02-28).

konkurrenskraften för dessa är svårt, på grund av osäkerheter i teknikutveckling och framtida kostnader. Den upptagna energin från värmepumpar, är i idag i storleksordningen 16 TWh och bedöms i båda scenarier i slutet av perioden vara 21 TWh. Enligt de modellberäkningar som gjorts uppgår de möjliga energieffektiviseringarna till 12,4 TWh 2050, i båda scenarierna. Det innebär att om inte värmepumpar införs i den takt som förväntas eller om husen inte energieffektiviseras, kommer energianvändningen att bli väsentligt högre, vilket illustreras i Figur 22.



Figur 22 Jämförelse och illustration av hur det skulle se ut utan värmepumpar och om inga energieffektiviseringsåtgärder genomförs från 2020, TWh.

6.3.2 Hushållsel, fastighetsel och verksamhetsel⁴⁰

Användning av hushålls- och fastighetsel påverkas av två motsatta trender. Den första är att utvecklingen regleras av Ekodesigndirektivet⁴¹ som går mot hårdare krav på mer effektiva installationer och apparater. Den andra trenden är att innehavet av apparater och installationer som kräver el ökar. För hushåll gäller det speciellt hemelektronik som TV, datorer och kringutrustning. De två trenderna antas ta ut varandra och elanvändningen per kvadratmeter sätts konstant från 2020. Den totala användningen av hushållsel och fastighetsel i bostäder och lokaler ökar i båda scenarier i takt med att det byggs fler bostäder och lokaler.

Verksamhetsel är den el som verksamheterna använder, exempelvis till datorer på kontor, elverktyg och maskiner på byggarbetsplatser och i de areella näringarna. Den verksamhetsel som sticker ut i sammanhanget är

⁴⁰ Hushållsel är den el som används i hushållet, fastighetsel (kan även benämnas drift-el) är den el som används för att driva fastigheten, exempelvis ventilation och el till cirkulationspumpar. Verksamhetselen är den el som företag använder i verksamheten, exempelvis datorer och andra eldrivna verktyg.

⁴¹ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2009/125/EG av den 21 oktober 2009 om upprättande av en ram för att fastställa krav på ekodesign för energirelaterade produkter.

den el som används i datacenter, vilket behandlas i ett eget avsnitt (se 6.7).

6.3.3 Varmare klimat leder till minskat uppvärmningsbehov

Klimatförändringarna innebär att medeltemperaturen på jorden ökar. Uppvärmningen sker mycket snabbare vid polerna, och för Sveriges del innebär detta att man kommer att märka större skillnader i norra delen av landet än i södra. Den största skillnaden kommer märkas på vinterhalvåret och detta innebär att uppvärmningsbehovet i framtiden förväntas minska. På sommaren kommer behovet av kyla att öka, om än i mycket mindre utsträckning. Vi har i scenarierna tagit hänsyn till att klimatförändringarna kommer att innebära ett minskat uppvärmningsbehov.

När det kommer till kylbehovet har vi i Sverige inte lika bra kunskap om denna marknad som vi har för värme, då behovet av det senare är betydligt större. I den officiella statistiken för bostäder och lokaler finns data över mängden energi som går åt till uppvärmning och varmvatten. För kyla finns dock inte samma data. Det finns flera svårigheter i dagsläget med att koppla kylbehovet till ett energibehov. Eftersom det inte finns samma slags infrastruktur för kyla som för värme är det inte heller självklart hur människor agerar när kylbehovet ökar. I vilken utsträckning används värmepumpen för kyla om det är möjligt? Införskaffas luftkonditionering, eller en fläkt? Eller väljer man att endast öppna fönstret eller att stå ut i värmen? Detta kan uttryckas som penetrationsgraden, det vill säga hur stor del av det faktiska kylbehovet som kommer att resultera i ökad energianvändning. På grund av dessa svårigheter och att kylbehovet fortfarande är relativt litet har inte förändringar i kylbehov analyserats vidare inom denna sektor.

6.4 De areella näringarna

I de areella näringarna ingår jordbruk, skogsbruk och fiske. Inom de areella näringarna används arbetsmaskiner, arbetsmaskinerna behandlas i mer detalj i avsnitt 6.6.

6.4.1 Jordbruk

För jordbruket minskar energianvändningen med drygt en tredjedel till 2050 i båda scenarier, från knappt 6 TWh till knappt 4 TWh, vilket beror på en stor minskning av både grödor och köttproduktion. Detta baseras på scenarier från Jordbruksverket. Även elektrifieringen av arbetsmaskiner bidrar till viss del till minskningen.

6.4.2 Skogsbruk

Skogsbrukets energianvändning förändras inte mycket under scenario-perioden vid *Lägre elektrifiering* från 1,6 TWh till 1,4 TWh, vid *Högre elektrifiering* från 1,6 TWh till 1,3 TWh. Utvecklingen grundar sig på Skogsstyrelsens scenarier SKA22 där vi utgått ifrån scenario ”dagens skogsbruk”.

6.4.3 Fiske

Fiskesektorn utgör en väldigt liten del av sektorns energianvändning (cirka 0,2 TWh) och antas vara konstant under hela perioden för båda scenarier.

6.5 Delsektor bygg

Inom byggverksamheten ökar energianvändningen från 4 TWh till 4,6 TWh 2020–2050 vid *Lägre elektrifiering*, men är i princip konstant vid *Högre elektrifiering*.

6.6 Arbetsmaskiner

I båda scenarierna förutsätts att arbetsmaskiner kommer att elektrifieras i stor utsträckning, det som skiljer är takten på elektrifieringen. Elektrifieringen kommer också att gå olika fort i de olika delsektorerna. Där det förutsätts gå snabbast är inom hushållssektorn och byggsektorn och där det kommer att ta längst tid är inom skogsbruket och vissa delar av jordbruket. De olika antagna elektrifieringstakterna framgår i Bilaga B – Förutsättningar och metod. Utvecklingen går nu väldigt fort när det gäller tekniken och för de flesta tillämpningarna finns det elektrifierade maskiner. Det finns till och med en prototypmaskin för skogsbruket, en kombinerad skördare och skotare, som är helelektrisk. Att bedöma utvecklingen är väldigt svårt, men som grund för de olika elektrifieringstakterna har SOU 2021:48⁴² använts.

Det räcker dock inte att det finns elektrifierade maskiner på plats, det är andra faktorer än bara teknik som driver elektrifieringstakten. Där har bland annat kostnadsutvecklingen för eldrivna maskiner en stor påverkan, då de i dagsläget är dyrare i inköp än konventionella maskiner. Olika sektorer har olika stor möjlighet att absorbera och/eller föra vidare dessa ökade kostnader. I vissa tillämpningar tillför elektrifierade maskiner andra fördelar/mervärden förutom minskade utsläpp som kan driva på utvecklingen. Som exempel kan nämnas buller då elektrifierade maskiner som regel är tystare vilket gör att de kan användas i känsliga områden och under tider på dygnet där maskiner med förbränningsmotor inte kan användas idag. För vissa tillämpningar kan arbetsmiljön också väsentligt förbättras då man slipper de lokala utsläppen från förbränningsmotorer. Det kan exempelvis handla om maskiner som används delvis inomhus eller där operatören är väldigt nära utsläppskällan, som exempelvis motorsågar och gräsklippare. Ett annat exempel är när flera elektrifierade och autonoma mindre maskiner kan ersätta en stor maskin som kräver förare. De autonoma maskinerna kan gå under dygnets alla timmar och ett eventuellt haveri på en maskin blir inte lika allvarligt. Vissa sektorer kan också vara mer snabbfotade än andra när det gäller att börja implementera nya tekniker. Det varierar också mellan sektorer och maskintyper hur

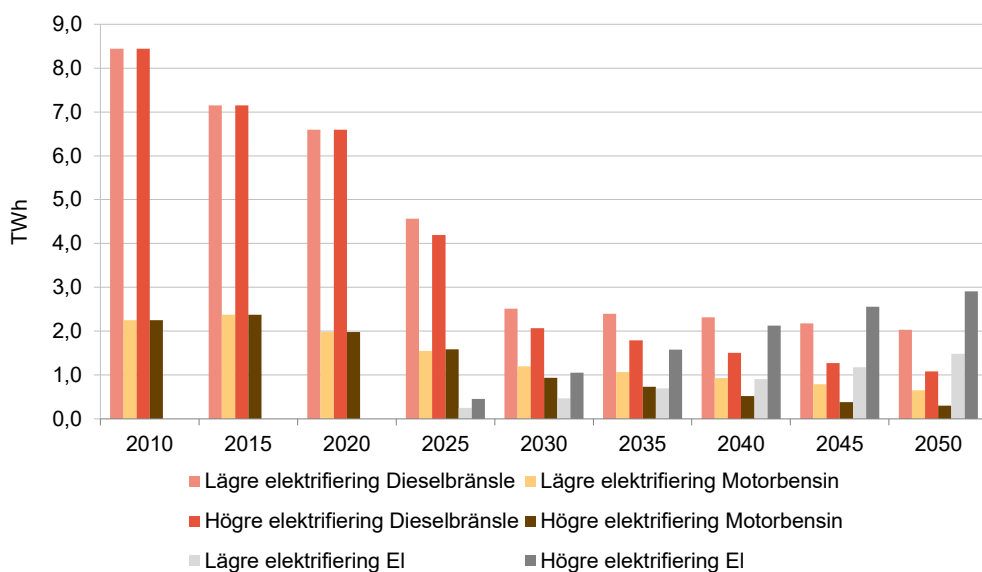
⁴² SOU 2021:48, Utfasningsutredningen, *I en värld som ställer om – Sverige utan fossila drivmedel 2040*, 2021.

länge man normalt har en maskin innan den byts ut, vilket påverkar elektrifieringstakten.

Det finns även andra tekniker som är under utveckling för att ersätta fossila bränslen, exempelvis drift med vätgas antingen direkt eller via bränsleceller. Även andra elektrobränslen skulle kunna vara ett alternativ framöver. Att bedöma framtiden för dessa alternativ är i dagsläget väldigt svårt och därför har i denna rapport ingen hänsyn tagits till dessa tekniker utan det lämnas till framtida scenarioarbete när kunskapsläget har blivit bättre.

Elmotorer är mycket mer energieffektiva än förbränningsmotorer, i förbränningsmotorer blir den övervägande delen av den tillförda energin värme som måste kylas bort. Elektrifieringen medför en betydande energieffektivisering.

Fossil diesel och motorbensin till arbetsmaskiner minskar kraftigt i scenarierna, fram till 2030 drivs minskningen främst av reduktionsplikten och elektrifieringen påverkar mer i det längre perspektivet, vilket kan ses i Figur 23. Där syns också hur elen till arbetsmaskiner ökar.



Figur 23 Utvecklingen av användning av diesel, motorbensin och el till arbetsmaskiner 2010–2020 samt i de olika scenarierna 2020–2050, TWh.

En så kallad klimatpremie⁴³ har införts för ellastbilar och andra miljölastbilar samt eldrivna arbetsmaskiner, som tillsammans med det

⁴³ SFS 2020:750, *Förordning om statligt stöd till vissa miljöfordon*, reglerar ansökan av och utbetalningar till lastbilar och arbetsmaskiner.

fortsatta stödet till elbussar syftar till att främja marknadsintroduktion av dessa fordon.

6.7 Datacenter

Datacenter är inte en ny företeelse utan de började dyka upp redan för 40 år sedan när datorer i större skala började kopplas ihop i nätverk. Det som händer nu är att den pågående digitaliseringen kraftigt ökar datamängderna som behöver hanteras och att branschen genomgår en industrialisering och globalisering som möjliggörs genom bättre infrastruktur och drivs av skalfördelar och automation.

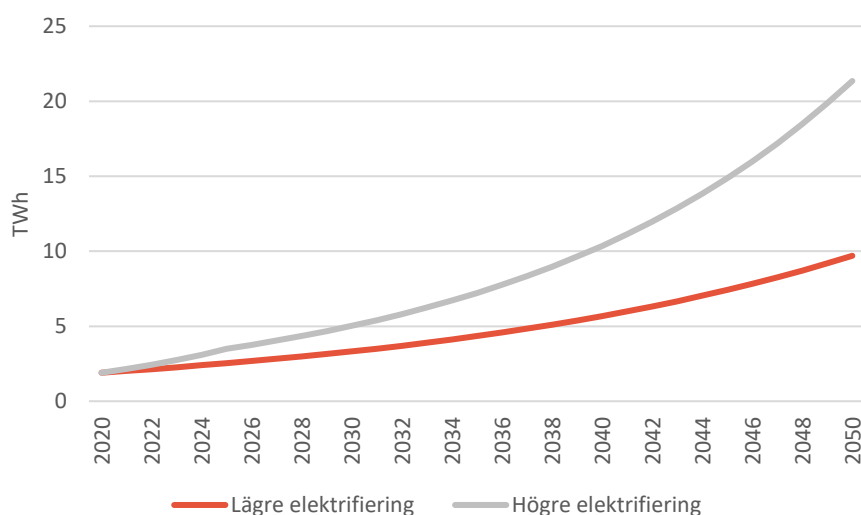
Datacenterbranschen växer idag kraftigt. Allt fler internationella företag ser fördelar med att bygga datacenter i Norden. Sverige har på många sätt gynnsamma förhållanden för dessa investeringar, såsom stabil politik, avbrottsfri elförsörjning, elproduktion med en hög andel förnybart och låga koldioxidutsläpp, få naturkatastrofer och relativt bra internetförbindelser.

Energimyndigheten finansierade under 2020 en rapport tillsammans med flera andra aktörer som företaget RADAR⁴⁴ utförde. Syftet var bland annat att kartlägga befintliga datacenter i Sverige, dess elförbrukning 2020 och utvecklingen de kommande fem åren. Resultat därifrån pekar på att elanvändningen i datacenter 2020 låg på cirka 2 TWh och att den installerade effekten i datacenter bedöms fördubblas till 2025. Den största ökningen utgörs i detta fall av så kallade ”Hyper Scale datacenters” (mer än 10 MW installerad effekt), som bland annat innefattar META (Facebook), AWS (Amazon Web Services) och Microsoft.

RISE⁴⁵ fick under hösten 2022 i uppdrag av Energimyndigheten att ta fram en rapport över hur digitaliseringen påverkar energianvändningen, där bedömningen av utvecklingen för datacenter ingick. Där bedöms energianvändningen 2025 uppgå till mellan 4,0 och 4,4 TWh och mellan 4,4 och 5,2 TWh 2030. Dessa båda rapporter indikerar att kurvan för högelektrifieringsfallet följs till 2030.

⁴⁴ Radar, *Datacenter i Sverige 2020–2025*, 2020.

⁴⁵ Rise, *Energy use in Data Centres and digital systems*, 2022.

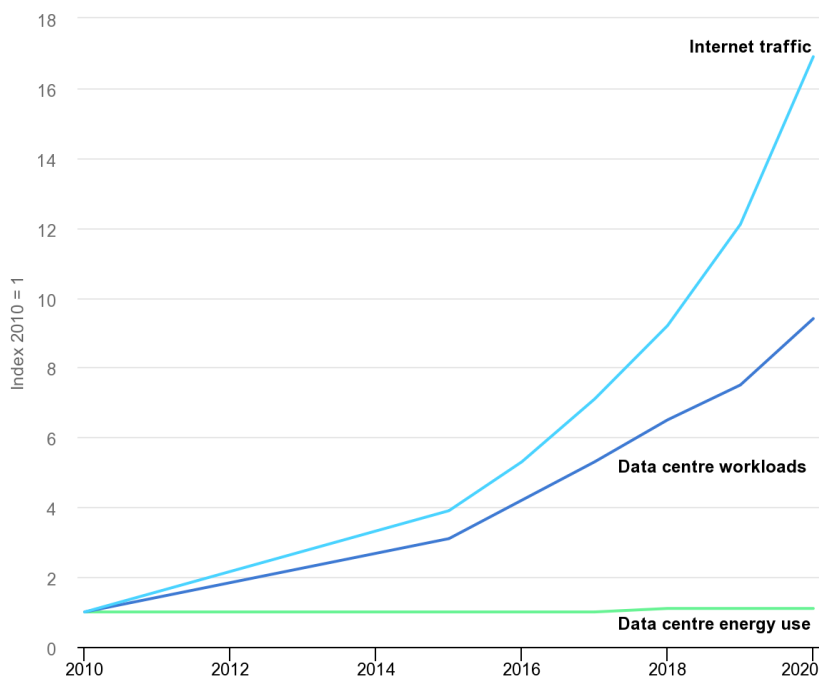


Figur 24 Elanvändning i datacenter vid de olika scenarierna 2020–2050, TWh.

I scenarierna har Energimyndigheten antagit olika utvecklingstakter för datacenter, vilket kan ses i Figur 24. Vid *Högre elektrifiering* blir elanvändningen cirka 21 TWh 2050 medan elanvändningen vid *Lägre elektrifiering* uppgår till cirka 10 TWh. De scenarier som presenteras i denna rapport utgår i stort från bedömningar Svenska kraftnät gjort av utvecklingen för datacenter fram till 2050.

Vad som händer längre fram är svårt att förutse. Historiskt kan man se att en fördubbling i antalet transaktioner inte inneburit en fördubbling av energiförbrukning, utan det har skett betydande effektiviseringar och tekniksprång som hittills gjort att även fast internettrafiken ökat nära på exponentiellt har energiåtgången varit nära nog konstant, vilket kan ses i Figur 25. Där har IEA⁴⁶ tagit fram underlag på internettrafik, belastning i datacenter och energiåtgång för perioden 2010–2020.

⁴⁶ IEA, Global trends in internet traffic, data centres workloads and data centre energy use, 2010-2020. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-trends-in-internet-traffic-data-centres-workloads-and-data-centre-energy-use-2010-2020> (hämtad 2023-02-28). Licence: CC BY 4.0.



Figur 25 Förhållandet mellan internettrafik, belastning och energianvändning i datacenter för åren 2010–2020.

Källa: IEA.

Hur stor tillkommande elanvändning datacenter skulle kunna stå för är väldigt osäkert. Hur attraktivt det kommer att vara att bygga datacenter i Sverige beror på en mängd faktorer så som elpris, skattenivå, kapacitet i elnätet samt hur attraktivt det anses vara jämfört med andra länder. Det beror också på hur digitalisering av samhället generellt utvecklas och hur det påverkar behovet av el. Vi vet också väldigt lite om framtida tekniker och möjligheter till effektivisering i denna bransch. Scenariot för högre elektrifiering i datacenter ses som ett maximalt tänkbart utfall. Datacenter med över 0,1 MW installerad effekt har i dagsläget en låg elskatt, den kommer att höjas till normal nivå vid halvårsskiftet 2023, vilket framgår i budgetpropositionen för 2023⁴⁷. Det återstår att se vilken inverkan det kommer att ha på längre sikt när det gäller nyetableringar i Sverige. Det kommer troligtvis inte att påverka de etableringar som gjorts och är under uppbyggnad.

⁴⁷ Proposition 2022/23:1, *Budgetpropositionen för 2023*.

7 El och fjärrvärme

Viktiga slutsatser

- För att möta elbehovet vid en högre elektrifiering är behovet av ny elproduktion stort redan på kort sikt. Alla kraftslag kommer att behövas och det är främst kärnkraft (befintlig och ny), havsbaserad och landbaserad vindkraft som bedöms ha störst potential.
- Resultaten på längre sikt till 2050 beror på en relativt känslig balans mellan kostnadsantaganden och potentialer för vindkraft på land, till havs, kärnkraft och handeln med andra länder. Om någon av beräkningsförutsättningarna ändras för något av kraftslagen, exempelvis kostnadsbilden eller utbyggnadstakten, förändras också resultaten. Speciellt för havsbaserad vindkraft och ny kärnkraft är osäkerheten stor då det saknas större genomförda projekt i närtid i Sverige.
- Elanvändningen ökar kraftigt i samtliga scenarier till 2050 och uppgår till mellan 228 och 349 TWh.
- Elproduktionen ökar i samtliga scenarier till 2050. Den högsta elproduktionen noteras i scenario *Högre elektrifiering* där främst den höga efterfrågan på el driver fram en elproduktion på 362 TWh.
- Kärnkraften finns kvar i samtliga scenarier genom att de förutsättningar som antagits för kostnader för drifttidsförlängning av de tre modernaste reaktorerna gör dem lönsamma (cirka 28 TWh). Investeringar i ny kärnkraft blir lönsamt i två av scenarierna och i fallet högre elektrifiering byggs 4 800 MW i ny kärnkraftskapacitet ut i Sverige (vilket motsvarar cirka 38 TWh).
- Landbaserad vindkraft byggs i samtliga scenarier utan stödsystem under perioden och uppgår som mest till 122 TWh. Även havsbaserad vindkraft byggs ut i två av scenarierna och uppgår som mest till 57 TWh.
- Solkraftens bidrag förväntas utgöra mellan 9 och 32 TWh 2050 beroende på scenario.
- Nettoexporten minskar i samtliga scenarier men Sverige förblir nettoexportör i två av scenarierna men övergår till att vara nettoimportör i fallet *Lägre elektrifiering*.

7.1 Elbehovet ökar och elproduktion från alla kraftslag behövs

Elanvändning och elproduktion

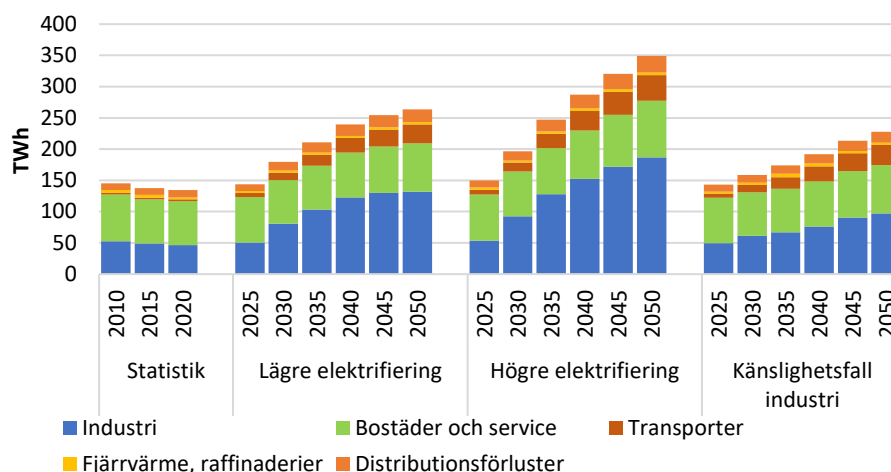
Elanvändningen i Sverige varierar mellan åren, mycket beroende på konjunktur för industrin och variationer i utomhustemperatur vilket påverkar uppvärmningsbehovet i bostadssektorn. Under 2020 användes totalt 134 TWh. Bostadssektorn använde drygt hälften av all el, medan industrin använde 35 procent. Omkring 9 procent utgjordes av distributionsförluster. Sedan 1990 har användningen av el totalt varierat mellan 134 TWh och 150 TWh.

I början av 90-talet stod vattenkraften för 50 procent och kärnkraft för 46 procent av elproduktionen i Sverige. Sedan dess har övriga elproduktionsslag ökat sin andel samtidigt som kärnkraftsreaktorer tagits ur drift. Under 2020 stod vattenkraften för 45 procent och kärnkraft för 30 procent. Det är främst elproduktion från vindkraft som ökat och utgjorde 18 procent under 2020. El som produceras i kraftvärmeverk och inom industrin utgjorde 7 procent. Elproduktion varierar från år till år och sedan 1990 har produktionen från vattenkraft varit 51 TWh som lägst och 78 TWh som högst. Kärnkraftens produktion har varierat mellan 50–75 TWh under samma period.

Elproduktionen under 2020 var 159 TWh och elanvändningen 134 TWh, vilket resulterade i att Sverige nettoexporterade cirka 25 TWh el. Variationer mellan användning och produktion av el har lett till att Sverige som mest har nettoimporterat 13 TWh vilket inträffade 2003.

7.1.1 Elanvändningen ökar i samtliga scenarier

Elanvändningen skiljer sig åt mellan de olika scenarierna men ökar kraftigt i samtliga fall. I *Högre elektrifiering* landar elanvändningen på 349 TWh 2050 medan den i *Känslighetsfall industri* uppgår till 228 TWh 2050, se Figur 26. Ett viktigt syfte med de här scenarierna är att belysa att osäkerheten är stor gällande elanvändningen och att den påverkas kraftigt av främst vilka industriprojekt som realiserar. Det är främst industrins elanvändning som ökar i samtliga scenarier. Även transportsektorn med den övergång som sker till elfordon påverkar elanvändningen. Skillnaden mellan de olika scenarierna ligger dock främst inom ramen för industrins elanvändning och speglar den osäkerhet som finns över den framtida elanvändningen och den omställning som sker i samhället. Se kapitel 4 för mer om industrins elanvändning.



Figur 26 Elanvändning uppdelat per sektor 2010, 2015 och 2020 samt per scenario 2025–2050, TWh.

För att elanvändningen ska kunna öka så mycket som redovisas i scenarierna krävs också att såväl elnät som elproduktion kan byggas ut i stor omfattning för att kunna tillgodose den ökande efterfrågan. Det finns ett ömsesidigt beroende mellan användning, produktion och elnätsutbyggnad och vilka förutsättningar de olika delarna har och hur de utvecklas kommer att vara avgörande för hur den framtida utvecklingen av elsystemet kommer att se ut. I rapporten Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering⁴⁸ analyseras utmaningen med en kraftigt ökad elanvändning närmare. Mer om utvecklingen av elanvändningen och vilka osäkerheter som föreligger för respektive scenario går att läsa om i respektive sektors avsnitt. Mer om trender och drivkrafter som påverkar energisystemet finns också att läsa i kapitel 2.

7.1.2 Årlig utbyggnadstakt/behovet av el

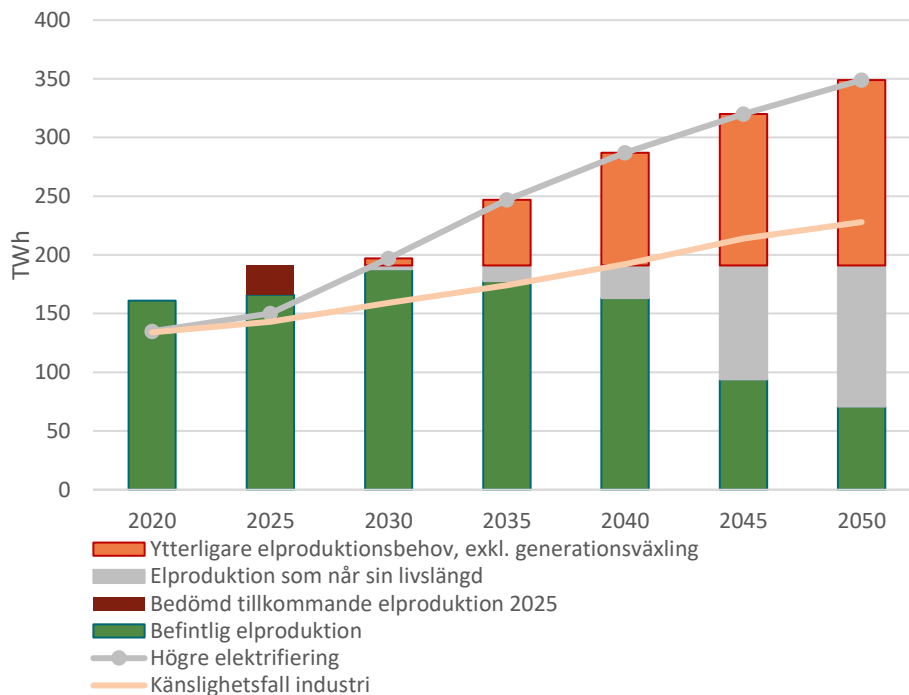
Om Sverige ska bygga elproduktion för att möta ett ökat elbehov samtidigt som delar av befintlig elproduktion når sin livslängd innebär det ett stort behov av ny elproduktion och en historiskt hög årlig utbyggnadstakt.

Som framkommer av Figur 27 försvinner delar av den befintliga elproduktionen löpande över perioden och framför allt omkring 2040 på grund av uppnådd livslängd⁴⁹. Behovet av ny elproduktion skiljer sig markant åt beroende på elbehov samt hur lång drifttid som antas för

⁴⁸ Energimyndigheten, *Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering – Rapportering 2022*, ER 2023:2, 2023. Uppdraget har utförts av Energimyndigheten, Energimarknadsinspektionen, Svenska kraftnät och Trafikverket i samverkan med en rad berörda myndigheter.

⁴⁹ Uppskatningen av befintlig elproduktion baseras på en antagen livslängd av vindkraftverk på 25 år. Under den här perioden är det också avgörande huruvida befintlig kärnkraft drivs längre än 60 år eller inte.

befintlig och ny elproduktion. I scenariot *Högre elektrifiering* ökar elbehovet mer än vad befintlig produktion kan klara av redan till 2030.



Figur 27 Ökning av elbehovet till 2050 (utfallsrummet visar skillnaden mellan *Högre elektrifiering* och *Känslighetsfall industri*) i jämförelse med befintlig elproduktion, antagande om elproduktion 2025 och ytterligare behov för att nå det högre utfallet.

För att årlig elproduktion ska möta den högsta elanvändningen 2030 innebär det en utbyggnadstakt på drygt 3,5 TWh/år mellan 2021 och 2030. Under en 10-årsperiod är den högsta ökningen i elproduktion vi haft i Sverige cirka 5 TWh/år⁵⁰ vilket hände under 1980-talet då kärnkraft byggdes i Sverige.

Mellan 2030 och 2035 behöver utbyggnadstakten öka ytterligare, till omkring 12 TWh/år. Detta kan jämföras med den högsta ökningen i elproduktion vi har haft i Sverige under en 5-årsperiod vilket är ungefär 9 TWh/år⁵⁰. Även det är i samband med utbyggnaden av kärnkraft under mitten av 1980-talet. Detta visar på utmaningarna som finns redan på kort sikt avseende hur elproduktionen kan möta elbehovet givet en kraftig elektrifiering.

För att tillgodose det ökade behovet av el behövs alltså en mycket stor mängd ny elproduktion och alla kraftslag kommer att behövas. En stor realistisk potential finns framför allt i befintlig och ny kärnkraft, landbaserad vindkraft och havsbaserad vindkraft. Alla dessa kraftslag

⁵⁰ Energimyndigheten, Årliga energibalanser, tabell Elproduktion (nettoproduktion) per kraftslag fr.o.m. 1970, TWh. [Microsoft Power BI](#) (hämtad 2023-01-30).

bedöms ha en lönsamhet på sikt och hur framtidens elproduktionsmix kommer att se ut kommer att bero på hur stor del av potentialen som är lönsam, att hinder tas bort för att kunna realisera potentialen samt att reinvestering och utbyggnad av det befintliga elnätet görs. Speciellt för havsbaserad vindkraft och kärnkraft är det svårt att identifiera den faktiska kostnaden då det saknas större genomförda projekt i närtid i Sverige.

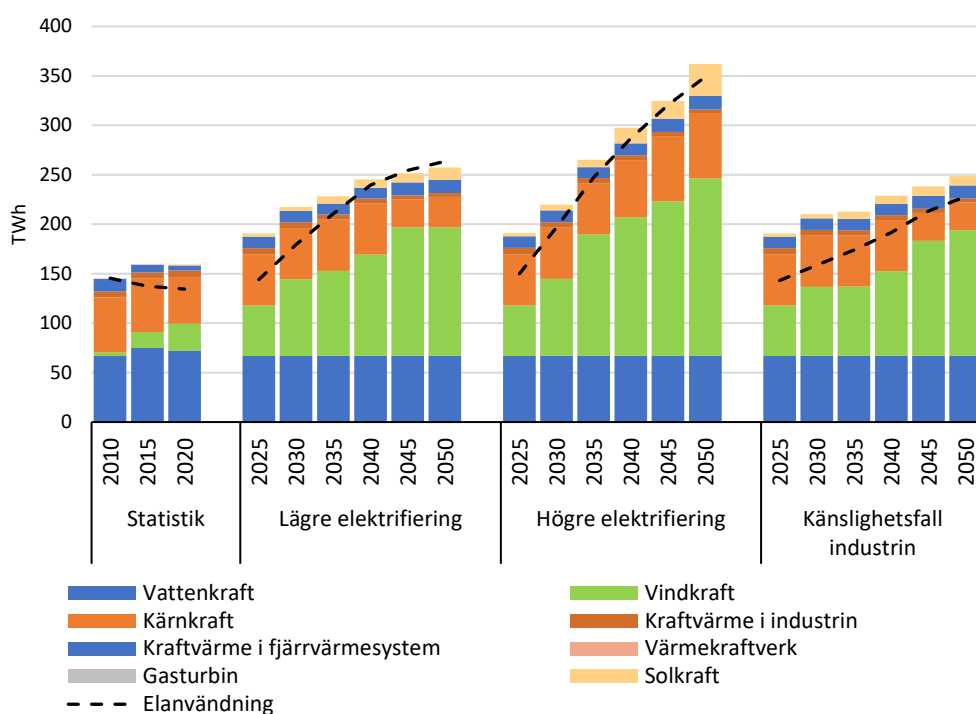
Energimyndigheten kommer att analysera vidare scenariot *Högre elektrifiering* i uppdraget Analysera utvecklingsvägar för befintlig och ny elproduktion⁵¹ som även kommer att innehålla en hindersanalys för samtliga kraftslag. Uppdraget ska rapporteras till regeringen i juni 2023.

I denna scenariorapport har modellkörningar gjorts i modellen Times-Nordic som utgår från de förutsättningar som redovisas i Bilaga B – Förutsättningar och metod. De olika utfallen för elproduktion i respektive scenario redovisas nedan. Det ska ses och tolkas som några utvecklingsvägar av många möjliga och ett resultat av de förutsättningar och antaganden som görs av både kostnader och utveckling i omkringliggande länder i en ekonomiskt optimerande modell.

7.1.3 Elproduktionen ökar kraftigt i samtliga scenarier

Elproduktionen ökar, precis som elanvändningen, kraftigt i samtliga scenarier. I *Högre elektrifiering* uppgår elproduktionen till 362 TWh till 2050 vilket kan jämföras med *Känslighetsfall industri* där elproduktionen uppgår till 249 TWh. Se Figur 28.

⁵¹ Regeringen, Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Statens energimyndighet, <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?rbid=22914> (hämtad 23-01-18).



Figur 28 Elproduktion uppdelat på produktionslag och elanvändning i de olika scenarierna 2025–2050, TWh.

Resultaten på längre sikt till 2050 är, som nämnts tidigare, ett resultat av en relativt känslig balans mellan kostnadsantaganden och potentialer för vindkraft på land, till havs, kärnkraft och handeln med andra länder. Om någon av beräkningsförutsättningarna ändras för något av kraftslagen, exempelvis kostnadsbilden eller utbyggnadstakten, förskjuts denna balans. Exempelvis är det inte så stor skillnad mellan antagna kostnader för havsbaserad vindkraft och ny kärnkraft vilket innebär att om dessa kostnader justeras något förändras konkurrensen mellan kraftslagen. På elmarknaden, precis som på andra marknader, finns en långsiktig och ömsesidig påverkan mellan utbud och efterfrågan vilket innebär att den elproduktionsmix vi får och den el som efterfrågas beror av varandra. Denna process styrs av prissignaler (det faktiska och förväntade framtida elpriset). Elproducenter kommer inte att satsa på nya anläggningar om priset är för lågt och/eller om det inte förväntas efterfrågas mer el i framtiden som gör att producenten får avsättning för elproduktionen. Stora elanvändare kommer inte heller att satsa om de tror att elpriset kommer att bli för högt på grund av att det inte kan tillkomma mer elproduktion (oavsett om det sker via importkablar eller elproduktion i Sverige). I den här rapporten har dock inga känslighetsanalyser gjorts med avseende på olika kostnadsantaganden och potentialer utan det är bara elanvändningen som förändras mellan de olika scenarierna.

Vattenkraftsproduktion ökar något

Vattenkraften antas producera som ett genomsnittligt år i samtliga scenarier. Sålunda analyseras inte effekterna av ett torr- eller våtår. I scenarierna antas dock en ökad produktion på grund av en ökad tillrinning som beror på klimatförändringar. Samtidigt antas en minskad produktion då samtliga vattenkraftverk står inför nya krav på miljöanpassningar enligt vattendirektivet⁵². Sammantaget betyder det en antagen produktionsökning på 0,5 TWh och att vattenkraftsproduktionen hamnar på cirka 68 TWh 2050. Detta antagande gäller för samtliga scenarier.

Ny kärnkraft och drifttidsförlängning

Antaganden för befintlig kärnkraft är samma i samtliga scenarier, det vill säga att det finns sex kvarvarande reaktorer efter 2020. I tre av de yngre reaktorerna antas det vara möjligt med en drifttidsförlängning efter 60 års drifttid. Denna förlängning blir lönsam i modellen, utifrån de kostnadsantaganden som gjorts, och förlängningen aktualiseras i samtliga scenarier⁵³. Det innebär att elproduktionen från drifttidsförlängd kärnkraft uppgår till 28 TWh 2050.

I modellen är det även möjligt att investera i ny kärnkraft⁵⁴ vilket också blir lönsamt i scenarierna men inte i *Känslighetsfall industri*. Det är framför allt i *Högre elektrifiering* där all kapacitet som finns tillgänglig enligt förutsättningarna som antagits i modellen byggs ut, d.v.s. 4 800 MW (vilket motsvarar cirka 38 TWh).

Att bedöma lönsamhet för befintlig kärnkraft i framtiden är naturligtvis förenat med stora osäkerheter då en anläggnings fortsatta drift är beroende av att intäkterna täcker upp för driftkostnader och för nödvändiga återinvesteringar. Både driftkostnader och återinvesteringar är hos kärnkraften starkt kopplat till politiska beslut om till exempel säkerhetskrav och hantering av avfall. Även lönsamheten för ny kärnkraft är svår att bedöma och är beroende av de faktorer som listas ovan. Ytterligare en komponent som tillkommer för ny kärnkraft är antagande om byggtid som påverkar lönsamheten mycket eftersom räntan under byggtiden blir en stor faktor.

Om de idag sex kvarvarande reaktorerna har en livslängd på 60 år så stänger de mellan 2038 och 2045. I dessa scenarier finns möjligheten för drifttidsförlängning med ytterligare 20 år för tre reaktorer vilket också modellen tar med som en lönsam investering att göra i samtliga scenarier. Det kan i praktiken vara möjligt att göra i samtliga sex reaktorer vilket

⁵² Hur vattenkraftens reglerförmåga påverkas av de nya kraven på miljöanpassningar är av stor vikt för elsystemet men hanteras inte vidare i detta arbete. Läs mer på: <https://www.vattenmyndigheterna.se/vattenforvaltning/eus-vattendirektiv.html>.

⁵³ Antagandet är som alla antaganden på lång sikt mycket osäkert. Beroende på ekonomisk lönsamhet, säkerhetskrav och politiska beslut o.s.v. kan den verkliga livslängden vara både längre och kortare.

⁵⁴ Upp till 4800 MW av ny kärnkraft kan byggas i modellen. Läs mer om förutsättningar för kärnkraften i Bilaga B – Förutsättningar och metod.

hade förändrat resultaten i dessa scenarier om det antagandet hade gjorts. Antagandet om vad en sådan drifttidsförlängning kostar är just ett antagande i kombination med nivån på det framtida elpriset. Elpriset är i sin tur beroende av bedömt elbehov och elproduktion i Sverige liksom i länderna runt omkring, vilka överföringsmöjligheter som finns mellan länderna samt vilka priser på bränslen och utsläppsrätter som antas. Hur intäktsposter ser ut i ett framtida elsystem med mer variabel elproduktion är ytterligare en osäkerhet.

Kraftig ökning av vindkraft

Vindkraften byggs ut i samtliga scenarier till 2050. Lägst blir vindkraftsutbyggnaden i *Känslighetsfall industri* där produktionen uppgår till 127 TWh 2050 varav 21 TWh är havsbaserad vindkraft. I scenariot *Högre elektrifiering* blir produktionen i stället 179 TWh 2050 varav 57 TWh är havsbaserad vindkraft. Orsaken till den högre produktionen utgörs av de högre elpriserna i scenarierna, vilket i sin tur drivs främst av en högre efterfrågan på el. Då kostnaden för delar av potentialen för ny landbaserad vindkraft har antagits vara lägst bland tillgängliga nyinvesteringar, förutom livstidsförlängningar i kärnkraft, ökar investeringarna primärt i ny landbaserad vindkraft.

Vindkraft på land byggs utan stödsystem i takt med att elpriserna stiger i scenarierna. Den slojade anslutningsavgiften för havsbaserad vindkraft är dock medtagen vilket innebär att havsbaserad vindkraft inte betalar någon anslutningsavgift i scenarierna.

När befintliga turbiner senare tjänat ut kan de i modellen ersättas med nyare och effektivare turbiner på befintlig plats. Kostnaden antas då reduceras till cirka 80 procent av kostnaden för ett nytt vindkraftverk då vägar, nätanslutningar och annan infrastruktur antas återutnyttjas.

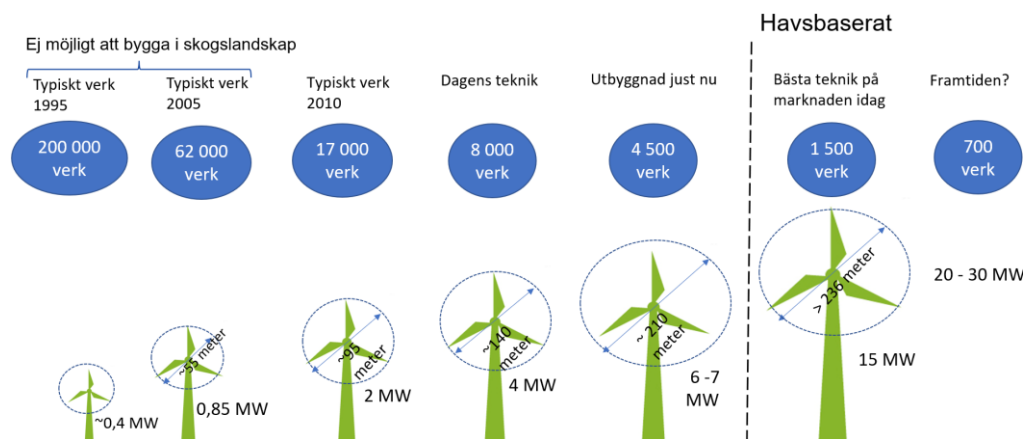
Att bygga stora volymer vindkraft (resonemanget gäller egentligen även för utbyggnad av elnät och andra kraftslag) innebär också andra utmaningar än lönsamhet. Även om Sverige är ett relativt stort och glesbefolkat land och har kuster med goda vindförhållanden finns också andra intressen med markanspråk. Det rör sig till exempel om skyddad natur- och kulturmiljö, bebyggelse och infrastruktur samt försvarets intressen. Även om acceptansen för förnybar energi är hög betyder det inte att lokal acceptans för vindkraft alltid finns. Tillståndsprocessen är ytterligare en utmaning för etablering av vindkraft. I Energimyndighetens rapport *Vindkraftens tillstånd 2021*⁵⁵ presenteras en rad åtgärder för att hantera de identifierade hindren i tillståndsprocessen som försvårar utbyggnaden. Anslutning och utbyggnad av elnät kan i vissa regioner vara

⁵⁵ Energimyndigheten, *Vindkraftens tillstånd 2021 – Analys av statistik över tillståndsgivna och icke tillståndsgivna vindkraftverk 2014-01-01 – 2021-06-30*, ER 2022:16, 2022.

en begränsande faktor för anslutningar av både land- och havsbaserad vindkraft eller att tillstånd som givits inte utnyttjas.

Kraftig ökning av vindkraft betyder inte nödvändigtvis fler vindkraftverk

Vindturbinerna utvecklas och blir större men också effektivare, bland annat tack vare större rotorerna som fångar mer vind. Räkneexemplet nedan visar att det inte behövs fler vindkraftverk än som finns idag för att producera mer el. Utvecklingen leder till att det kommer krävas färre verk för att producera samma mängd el, vilket visas i Figur 29.



Figur 29 Räkneexempel över hur många vindkraftverk som krävs för att producera 100 TWh med olika turbintekniker.

Anm: I slutet av 2021 finns det 4 754 vindkraftverk i drift i Sverige.⁵⁶

Solelproduktionen växer till mellan 9 och 32 TWh

Solelproduktionen ökar till 2050 och uppgår till mellan 9 TWh i *Känslighetsfall industri* och upp till 32 TWh i *Högre elektrifiering*. I båda fallen utgör solceller på tak 9 TWh och resterande är solcellsparkar. Installationerna som sker på taken till småhus, flerbostadshus och lokaler sker till stor del på grund av den skattereduktion för inmatning av el som ligger kvar hela perioden.

Kraftvärme och industriellt mottryck kvar på samma nivå

Total produktion från kraftvärme och industriellt mottryck⁵⁷ ligger kvar på dagens nivå under hela perioden fram till 2050. Skillnaderna mellan scenarierna är små och produktionen 2050 hamnar på omkring 17–18 TWh beroende på scenario. Det är framför allt elpriserna som driver utvecklingen vilket i första hand syns i *Högre elektrifiering* där produktionen hamnar i det högre intervallet. El från kraftvärmeverk ökar något på längre sikt i förhållande till idag. Nyinvesteringar sker längre fram i perioden och elproduktionen från kraftvärme ökar mer mot slutet av perioden till följd av stigande elpriser. Industriellt mottryck minskar

⁵⁶ Energimyndigheten, Ny statistik visar på ökad installationstakt av vindkraft. <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/Ny-statistik-visar-pa-okad-installationstakt-vindkraft/> (hämtad 2023-03-01).

⁵⁷ Med industriellt mottryck avses kraftvärme från industrin.

över tid och understiger långsiktigt 4 TWh. Huvudskälet till detta är att effektiviseringar inom massindustrin antas leda till ett minskat ångbehov varför underlaget för att producera el med hög verkningsgrad krymper.

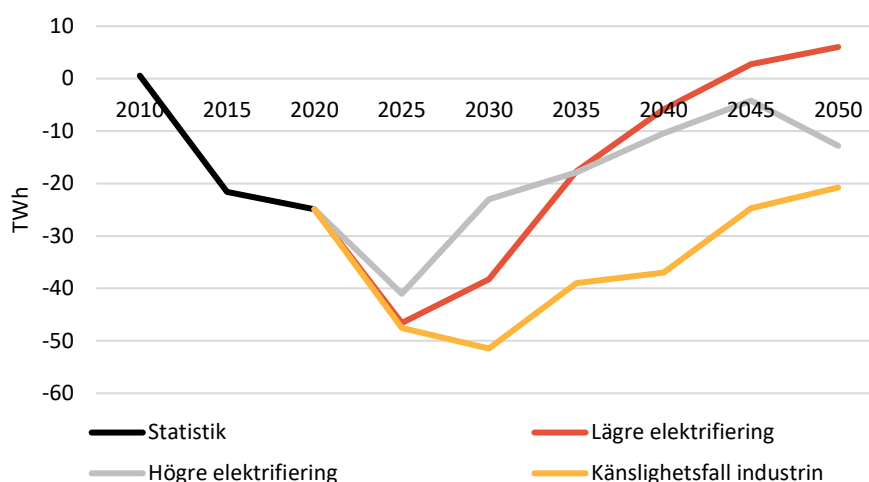
Regeringen har gett Energimyndigheten i uppdrag att ta fram förslag till en strategi för en långsiktigt hållbar utveckling av fjärr- och kraftvärmesektorn⁵⁸ som kan påverka utvecklingen framåt. Uppdraget är uppdelat i två delar där den första delen fokuserar på kraftvärmens konkurrenskraft och lönsamhet. Syftet är att identifiera åtgärder för att på ett samhällsekonomiskt effektivt sätt främja fjärr- och kraftvärmens bidrag till elförsörjningen, särskilt under perioder då elsystemet är som mest ansträngt, både genom att nyttja befintlig kraftvärmekapacitet mer effektivt och genom nyinvesteringar med så hög elverkningsgrad som möjligt. Arbetet ska inkludera en översyn av byggregler, EU-regler för biobränslen, skatter och andra styrmedel som påverkar fjärr- och kraftvärmens konkurrenskraft. Vidare ska kraftvärmens lokala och regionala systemnyttor kvantifieras och därefter analyseras i förhållande till dagens elmarknad. Detta ska resultera i förslag på hur lokala och regionala systemnyttor kan ges en mer korrekt värdering på elmarknaden.

I den andra delen av uppdraget ska Energimyndigheten analysera och beskriva fjärr- och kraftvärmesektorns långsiktiga roll i ett 2045-perspektiv för elektrifieringen samt sektorns bidrag till att nå klimat- och energimålen, inklusive att Sverige ska ha ett robust elsystem med en hög leveranssäkerhet, låg miljöpåverkan och el till konkurrenskraftiga priser.

7.1.4 Handel

I samtliga scenarier är Sverige fortsatt en stor nettoexportör fram till runt 2030 vilket kan ses i Figur 31. Därefter leder den fortsatta efterfrågeökningen på el i kombination med att de mest lönsamma investeringarna börjar ta slut i Sverige (typiskt de bästa vindlägena på land) att det investeras i relativt mer elproduktion i grannländerna. Det medför att nettoexporten minskar fram till 2050 och övergår till en liten nettoimport i fallet *Lägre elektrifiering*.

⁵⁸ Regeringen, Uppdrag att ta fram förslag till en fjärr- och kraftvärmestrategi. <https://www.regeringen.se/contentassets/783df59ac4e14e589d12df05a5bd3a94/uppdrag-att-ta-fram-forslag-till-en-fjarr--och-kraftvarmestrategi/> (hämtad 2023-03-01).



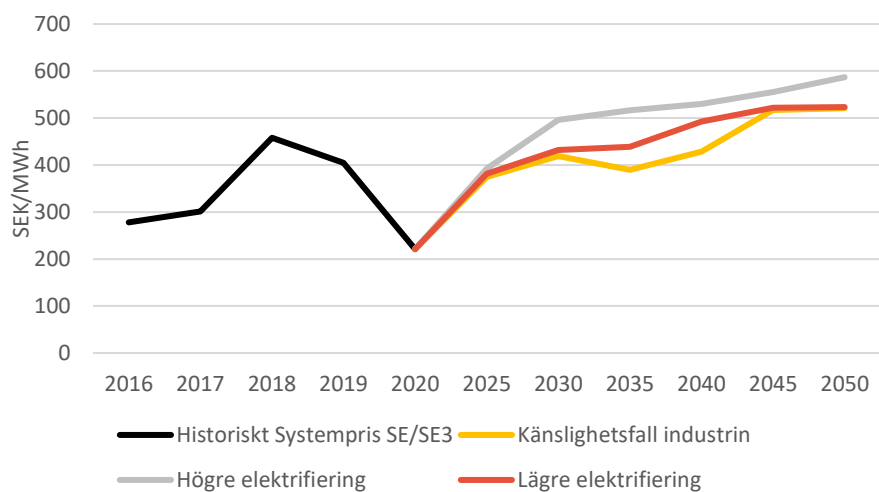
Figur 30 Nettohandel för Sverige i de olika scenarierna, nettoexport (-) och nettoimport (+), TWh.

Även om nettohandeln på årsbasis avtar över tid är handeln i absoluta tal mycket omfattande. Med andra ord är både export- och importflödena stora i modelleringsresultaten. Det sker också nya investeringar i transmission, inte minst mellan Sverige och kontinenten där elpriserna periodvis kan vara mycket olika. Transmissionskapaciteten mellan Norden och Tyskland/Polen ökar från 4 GW 2020 till 12 GW 2050 i samtliga scenarier.

Det finns flera faktorer som gör att denna handel skulle kunna se annorlunda ut i verkligheten. Utfallet påverkas av såväl den inhemska som grannländernas efterfrågan på el samt antaganden, såsom kostnader och potential, kring utbyggnad av ny elproduktion. Stödsystem för förnybart omfattas generellt inte av modellbeskrivningen i länderna utanför Sverige utan här används produktionsmål som finns uttryckta i respektive länders nationella planer. Detta påverkar utbyggnaden av elproduktion i dessa länder och därmed handeln mellan länderna. Exempelvis medför de mycket ambitiösa planerna på förnybart i Tyskland att den omfattande utbyggnaden för solceller pressar priserna under sommardagar så pass att exporten ut från Tyskland under de perioderna blir relativt omfattande. Även den kraftiga utbyggnad av transmissionskapacitet som sker i modelleringarna behöver nödvändigtvis inte ske. Sammantaget innebär detta en osäkerhet vad gäller utvecklingen av handeln mellan Sverige och angränsande länder och genom att bara ändra på något av de centrala antaganden kan resultaten förändras relativt mycket. Inom ramen för detta arbete har det dock inte gjorts några känslighetsfall eller fördjupade analyser på detta område.

7.1.5 Elpriser

Elprisutvecklingen för samtliga scenarier redovisas i Figur 31. Elpriserna är beräknade som årliga genomsnitt för Sverige som i modellen behandlas som ett prisområde⁵⁹. I samtliga scenarier stiger elpriset till 2050 vilket drivs av en ökad efterfrågan på el, ökad marknadskoppling mot kontinenten samt stigande bränsle- och utsläppsriktpriser. Högst elpris 2050 noteras i *Högre elektrifiering* där det nästan uppgår till 590 SEK/MWh. Lägst pris finns i scenarierna med *Lägre elektrifiering* samt *Känslighetsfall industri* där det uppgår till 520 SEK/MWh.



Figur 31 Historiska elpriser samt elprisutveckling för respektive scenario till 2050, SEK/MWh.

I takt med att elanvändningen ökar leder det till att elproduktionen som har högre långsiktig marginalkostnad måste tillföras för att tillgodose behovet vilket resulterar i, allt annat lika, högre priser.

Kommentar till den aktuella elprissituationen

Under det senaste året har priserna på den nordiska och nordeuropeiska elmarknaden varit på rekordnivåer. Det är väsentligt mycket högre än de elpriser som redovisas för svensk del i den här rapporten och det kan finnas skäl att fråga sig hur den aktuella situationen hänger ihop med de beräknade priserna. För det första påminner vi om att vi i scenarierna endast analyserar Sverige som ett enda elområde. I elområde 1 och 2 har priset i huvudsak varit betydligt lägre även om ett vägt Sverigesnitt icke desto mindre hamnar på en klart högre nivå än de beräknade framtida priserna i dessa scenarier. Det viktigaste skälet till att de beräknade elpriserna för modellår 2025 är klart lägre än de aktuella priserna är

⁵⁹ Sverige är indelat i fyra elprisområden och dessa kan ha olika elpriser. Historiska elpriser för elområden finns att se på handelsplatsen Nord Pools hemsida: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data/1/Dayahead/Area-Prices/ALL1/Hourly/?view=table>.

antagandet om att fossilbränslepriserna faller ordentligt jämfört med de aktuella nivåerna. I synnerhet naturgaspriset har en direkt avgörande inverkan på det aktuella elpriset.

7.1.6 Modell, antaganden och fortsätta analyser av elmarknaden i kommande utredningar

I scenarierna använder Energimyndigheten energisystemmodellen Times-Nordic som innefattar både fjärrvärme- och elsystemet i Sverige. Utöver det finns resterande nordiska länder, Baltikum, Polen och Tyskland representerade för elmarknaden. Modellen har fyra säsonger (vinter, vår, sommar, höst) och dygnet är indelat i tre perioder (dag, natt och peak). Sverige och Norge är ett elområde.

Detta innebär att resultaten som redovisas i denna rapport inte helt fångar upp den dynamik som finns på den nordiska/europeiska elmarknaden i verkligheten. Det är också viktigt att komma ihåg att resultaten som redovisas här inte är några prognoser eller vad Energimyndigheten tror kommer att hända utan ett resultat av vad som kan hända givet antaganden om elanvändning, kostnader för ny elproduktion, potentialer för ny elproduktion, potential för utbyggnad av transmissionskapacitet, bränslepriser m.m.

På en avreglerad elmarknad under förändring är det i princip omöjligt att veta hur elproduktionsmixen kommer att se ut 2050 och fler utvecklingsvägar än de som presenteras i dessa scenarier är därför möjliga. Energimyndigheten kommer att analysera scenariot *Högre elektrifiering* vidare i uppdraget Analysera utvecklingsvägar för befintlig och ny elproduktion⁶⁰ som ska rapporteras till regeringen i juni 2023. I den analysen kommer flera möjliga utvecklingsvägar av olika elproduktionsmixar att undersökas, både med och utan ny kärnkraft.

7.2 Fjärrvärme

Användning och produktion av fjärrvärme

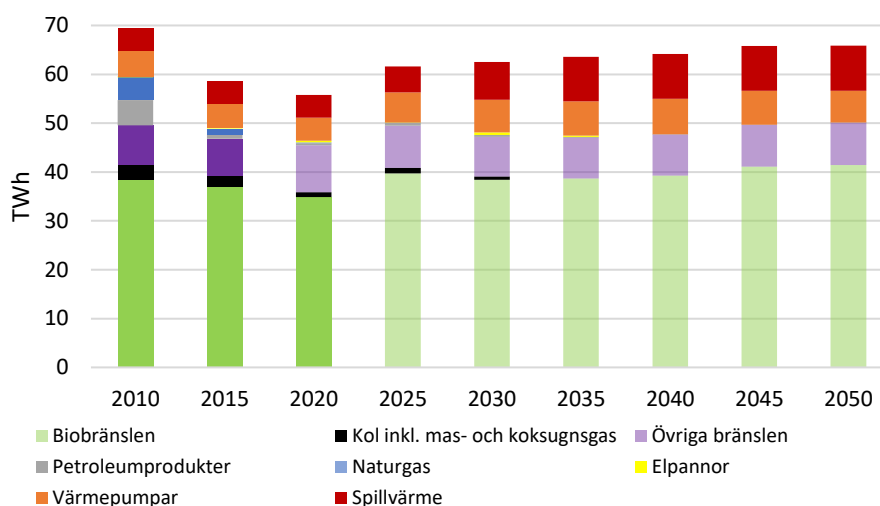
Produktionen av fjärrvärme styrs i hög grad av behovet av fjärrvärme i framför allt bostadssektorn men även i industrin. Behovet av fjärrvärme varierar kortsiktigt med temperatur och långsiktigt med befolkningsutveckling samt hur fjärrvärmen står sig i konkurrens med andra uppvärmningskällor.

Fjärrvärmeproduktionen har förändrats sedan 1990 då biobränslen stod för 13 procent och fossila bränslen för 47 procent av den tillförda

⁶⁰ Regeringen, Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Statens energimyndighet, <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?rbid=22914> (hämtad 23-01-18).

energin. Under 2020 är motsvarande andelar 62 procent bibränslen och 20 procent fossila bränslen. De 20 procent fossila bränslen som tillförs kommer främst från den fossila delen i det avfall som förbränns. Detta avfall får inte deponeras och hamnar därför på fjärrvärmeproduktionen. Resterande andelar utgörs av elpannor, stora värmepumpar och spillvärme.

Fjärrvärmeproduktionen ökar något från dagens nivå i samtliga scenarier. År 2020 var ett väldigt varmt år med lågt uppvärmningsbehov vilket gör att den tillförda energin i Figur 32 är relativt låg det året. Produktionen av fjärrvärme domineras även framgent av bibränsle. Efter 2030 utgörs den fossila delen i den svenska fjärrvärmeproduktionen så gott som endast av den fossila delen i det brännbara avfallet som utgör 13 procent av tillförd energi för fjärrvärmeproduktion 2050.



Figur 32 Tillförd energi för fjärrvärmeproduktion för scenario *Lägre elektrifiering* till 2050, TWh.

El är ett viktigt energislag i fjärrvärmeproduktionen framför allt i stora värmepumpar. Ett växande bidrag kommer från olika typer av spillvärmeresurser, där en betydande del av de tillkommande spillvärmeresurserna i scenarierna kommer från bibränslebaserad produktion av drivmedel. Tillförd energi för fjärrvärme hamnar på 66 TWh för 2050 i scenariot *Lägre elektrifiering*. Det är mycket små skillnader mellan scenarier för behovet av fjärrvärme. Den tillförda energin för fjärrvärme visar därför också mycket små skillnader. I *Känslighetsfall industri* finns en mindre mängd mas- och koksugns gaser kvar till 2040 i stället för till 2030 som i de andra scenarierna. Detta då omställningen av industrin sker senare i det fallet. Det finns även små

skillnader i användningen av stora värmepumpar men skillnaderna är som sagt små. Se mer detaljerade resultat för scenarier och känslighetsfall i Bilaga A – Resultattabeller.

8 Måluppfyllelse

- Sverige har inget fastställt mål för andel förnybar energi till 2030. I scenarier och känslighetsfall blir andelen mellan 74 och 76 procent. Andelen beräknas dock här enligt andra förnybartdirektivet (REDII) och kommer att förändras när tredje förnybartdirektivet (REDIII) blir beslutad.
- Andel förnybar elproduktion blir i scenarierna 78–80 procent 2040. Då kärnkraft inkluderas i beräkningen blir den fossilfria elproduktionen 99–99,5 procent till 2040. I samtliga scenarier är endast en liten del av elen producerad med fossila bränslen.
- Målet för energiintensiteten, uttryckt som tillförd energi i förhållande till BNP, är att den ska vara 50 procent lägre 2030 än 2005. Målet nås inte i scenarierna där minskningen blir mellan 41–43 procent. Konvertering av befintlig industri samt nya elintensiva industrier ökar den tillförda energin i jämförelse med tidigare gjorda scenarier där minskningen varit något större.
- Andelen förnybar energi som används i transportsektorn är mellan 77–81 procent till 2030 i scenarierna men inkluderar då dagens reduktionsnivåer till 2030 i reduktionspliktssystemet och beräknas enligt REDII. EU:s mål är minst 14 procent för 2030. Beräkningen inkluderar dubbelräkningar av vissa biodrivmedel och el enligt metodik i förnybartdirektivet.

8.1 Andel förnybar energi bedöms öka i scenarierna men osäkerheterna är stora i framtida beräkningar

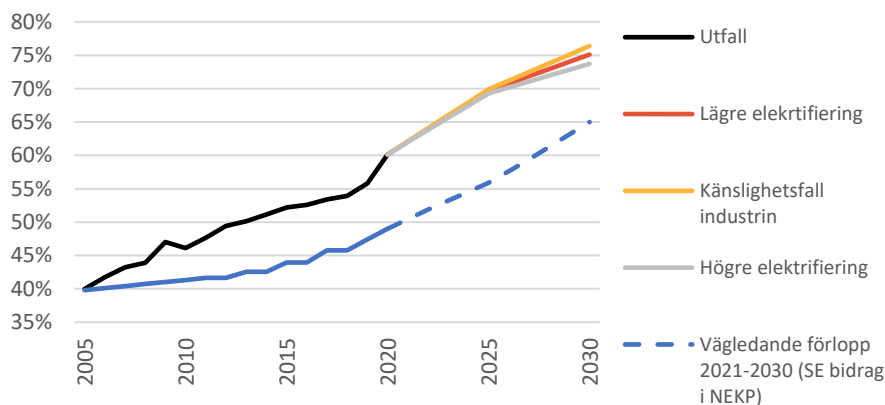
År 2020 var andelen förnybart cirka 60 procent och andelen ökar till 2030 i samtliga scenarier vilket ses i Figur 33. Andelen blir mellan 74 och 75 procent i de två scenarierna och något högre i känslighetsfallet där andelen är 76 procent 2030.

Då 2030 ligger relativt nära i tiden är skillnaderna små och beror till stor del på hur nämnaren energianvändningen varierar. Den lägsta andelen förnybart ses i *Högre elektrifiering* där energianvändning är något högre än i *Lägre elektrifiering* samtidigt som den förnybara energin i täljaren är på samma nivå i de båda scenarierna. Den högsta andelen förnybart finns i känslighetsfallet där industrins omställning sker men i långsammare takt vilket innebär att energianvändning är lägre 2030 än i de två andra scenarierna. Täljaren förnybart är också som lägst i känslighetsfallet då behovet är som lägst där. Tillsammans ger de ändå den högsta andelen förnybart.

Andelen förnybart är betydligt högre 2030 i beräkningarna än de var under 2020. Det beror att det ökade behovet av el till 2030 ger en kraftig utbyggnad av framför allt normalårskorrigerad vindkraft som är omkring 50 TWh högre än 2020 i de båda scenarierna. I samtliga fall ökar även användningen av biodrivmedel i transportsektorn då reduktionsplikten beslutade reduktionsnivåer finns med i dessa scenarier. Regeringen har aviserat minskade nivåer vilket kommer att ge lägre andel förnybart, allt annat lika. Även solkraft och användningen av biobränslen⁶¹ för elproduktion ökar mellan 2020 och 2030. För 2020 gjordes även en överföring av förnybar energi till Norge på 2,6 TWh då vi har elcertifikatsystemet gemensamt, mer förnybar el hade byggts i Sverige och enligt regelverket ska det delas lika mellan länderna. Från 2021 ska dock ingen sådan fördelning ske längre.

Dessa beräkningar sker enligt det andra förnybartdirektivet och det skiljer sig något från det första förnybartdirektivet. Det som tillkommit är att förnybar kyla också får räknas med i den totala andelen men även att alla fasta biobränslen ska vara hållbara. Då systemet för att verifiera hållbarheten i dessa bränslen inte levererat resultat än antas alla fasta biobränslen i dessa scenarier vara hållbara.

Se även faktarutan nedan där de olika versionerna av förnybartdirektivens mål och olika beräkningssätt förklaras.



Figur 33 Total andel förnybar energi, verkligt utfall till 2020 (REDI), andel förnybar energi 2030 i samtliga scenarier (REDII) samt vägledande förlopp⁶², procent.

Anm: Andelen förnybart för 2021 är 62,5 procent vilket är 0,5 procent över linjen i figuren.

⁶¹ År 2020 var ett pandemiår med ett relativt lågt uppvärmningsbehov och låga elpriser varför ökningen av biobränslen för elproduktion snarast ska ses som en återhämtning till 2030.

⁶² I förnybartdirektiven finns en kurva som beskriver hur andelen förnybart bör utvecklas för att nå målnivån för 2020 respektive 2030.

Ju längre fram i tiden beräkningar görs desto osäkrare blir naturligtvis resultaten. Om andelen förnybart beräknas på samma sätt som för 2030 varierar andelen mellan 73 och 76 procent för 2040 och mellan 77 och 81 procent för 2050 i de olika scenarierna.

Mål för förnybart för EU och Sverige till 2030 samt förändrat beräkningsätt

För Sverige finns inget fastställt mål för andelen förnybar energi till 2030. EU:s gemensamma mål för andelen förnybart till 2030 är i nu gällande och beslutade förnybartdirektiv (REDII)⁶³ minst 32 procent. Målet är inte bördefördelat på medlemsland som det var för målet till 2020. Alla medlemsländer har en energi- och klimatplan (NEKP) som gemensamt ska summera upp till att EU:s mål nås. I nuvarande plan⁶⁴ är bedömningen att 65 procent av Sveriges energianvändning 2030 är förnybar och att det är bidraget till uppfyllandet av gemensamma EU:s mål. En ny plan ska göras under 2024.

Beräknings sättet i REDII är likt det som fanns i den första versionen av förnybartdirektivet (REDI)⁶⁵ som gällde fram till 2020 men några skillnader finns. För totala andelen förnybar energi får även förnybar kyla ingå och de fasta biobränslen som används ska vara verifierat hållbara likt systemet som redan finns och gäller för biodrivmedel.

Förhandlingar av det tredje förnybartdirektivet (REDIII) pågår. Ambitionsnivån inom EU har höjts vid flera tillfällen sedan förhandlingarna påbörjades.⁶⁶ Det mål som är aktuellt nu är att EU ska ha 45 procent förnybar energi till 2030. I och med att både rådet och parlamentet nu står bakom högre klimatmål för EU 2030 kommer även behovet av ökade nationella bidrag av förnybar energi vilket är något som hanteras i kommande nationell energi- och klimatplan.

I REDIII föreslås en del större förändringar i beräknings sättet, bland annat att den förnybara elen som används för att göra exempelvis vätgas inte ska ingå i beräkningen utan den förnybara vätgasen ska i stället ingå där den används. EU-parlamentet har dessutom presenterat förslag som begränsar användningen av biomassa från skogen som även inkluderar avverkningsrester, kasserad ved och röjningsved vilket också kan påverka andelen förnybart för Sverige. De beräknade

⁶³ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor.

⁶⁴ Se Regeringskansliet, Sveriges integrerade nationella energi- och klimatplan, <https://www.regeringen.se/globalassets/regeringen/dokument/sveriges-integrerade-nationella-energi-och-klimatplan-enligt-forordning-eu-2018-19992.pdf> (hämtad 2023-03-01).

⁶⁵ Europeiska kommissionen, COM (2020) 564 final. *En EU-omfattande bedömning av nationella energi- och klimatplaner.*

⁶⁶ Europeiska kommissionen, Renewable energy targets. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en (hämtad 2023-03-01).

andelarna förnybart för 2030 och framåt kommer därför att förändras i framtida beräkningar.

Läs mer om vad som ingår i beräkningen av andelen förnybart i Bilaga B – Förutsättningar och metod.

8.2 Andel förnybar och fossilfri elproduktion ökar

Det nationella målet till 2040 är 100 procent förnybar elproduktion. Det är ett mål, inte ett stoppdatum som förbjuder kärnkraft och innebär inte heller en stängning av kärnkraft med politiska beslut. Denna andel är beräknad som kvoten mellan förnybar och total elproduktion. Nuvarande regering har aviserat att målet ska formuleras om till 100 procent fossilfri elproduktion vilket innebär kvoten mellan fossilfri och total elproduktion.

I förnybartdirektivet har varken EU eller Sverige ett mål för andelen förnybar el till 2030. Andelen beräknas och följs ändå då den bland annat används för att räkna på andelen förnybar el som används inom transportsektorn. Denna andel är kvoten mellan normaliserad⁶⁷ förnybar elproduktion och elanvändning. Detta beräkningssätt skiljer sig från hur det svenska nationella målet beräknas och andelen kan bli över 100 procent om landet exporterar el även om all elproduktion inte är förnybar. Samtliga andelar presenteras nedan.

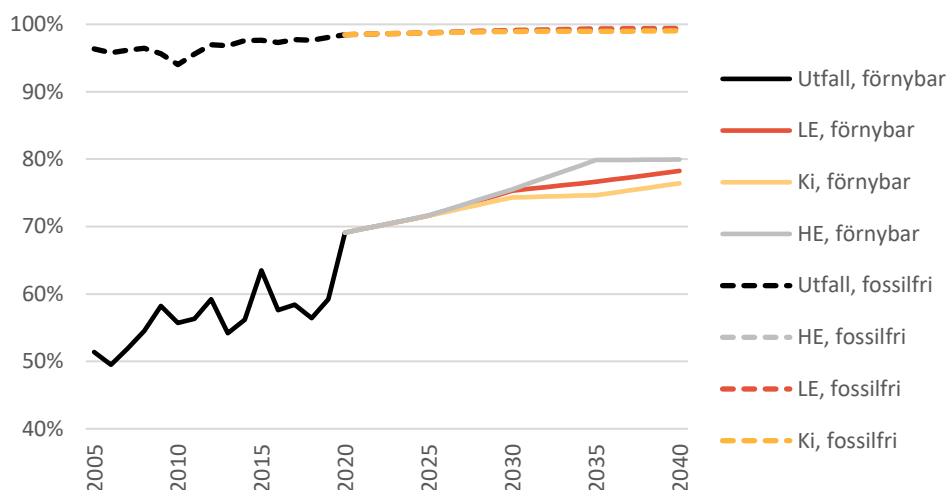
8.2.1 Andel förnybar och fossilfri el i förhållande till producerad el

Under 2020 är andelen förnybar elproduktion 69,1 procent, fossilfri elproduktion 98,5 procent och därmed 1,5 procent från fossila bränslen.

År 2040 har andelen förnybar el ökat från dagens nivå till mellan 78 och 80 procent i de två scenarierna vilket kan ses i Figur 34. Att andelen inte är högre beror på att kärnkraft finns och att det finns en fossil del i avfallsbränsle. Den högre andelen förnybar el finns i *Högre elektrifiering*. Trots en betydligt högre elanvändning än i *Lägre elektrifiering* är elproduktionen med framför allt vindkraft men även solkraft ännu mycket högre. I känslighetsfallet blir andelen något lägre med 76 procent. Där ökar efterfrågan på el mindre och utbyggnaden av vindkraft och solkraft är lägre.

Andelen förnybar el varierar en del då produktionen från vind- och vattenkraft är den faktiska produktionen i detta beräkningssätt.

⁶⁷ Elproduktionen från vatten- och vindkraft räknas om så att effekter av ett år med mycket eller lite vatten och vind räknas bort. Om produktionen ett målar är högre eller lägre än vad den varit under normala förhållanden kan det annars bli avgörande för om ett mål nås.



Figur 34 Andel förnybar och fossilfri elproduktion, verkligt utfall till 2020 och i samtliga scenarier till 2040, procent.

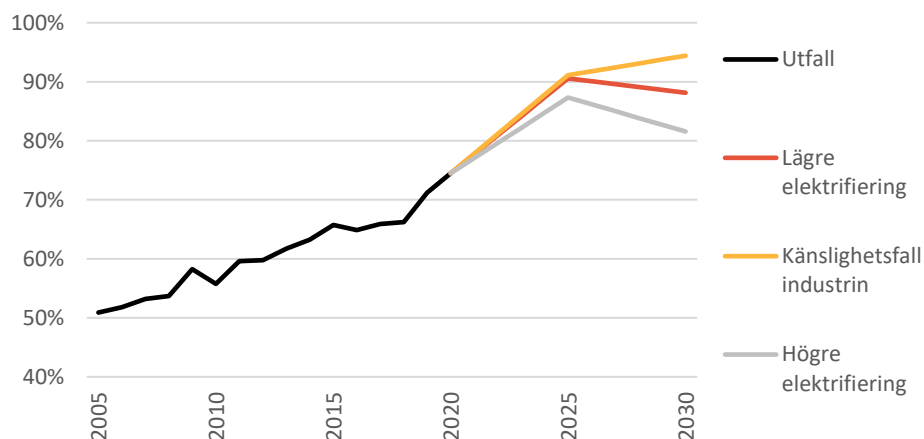
Anm: LE-Lägre elektrifiering, HE-Högre elektrifiering och Ki-Känslighetsfall industrin

Andelen fossilfri elproduktion ökar något till 2040 och är ungefär 99,5 procent i scenarierna och 99 procent i känslighetsfallet. Varför andelen inte är 100 procent beror främst på att det finns en mindre mängd el som produceras med den fossila delen av avfallet. I *Känslighetsfall industri* finns även en liten mängd restgaser från stålindustrin kvar då omställningen sker något senare där.

8.2.2 Andel förnybar el enligt förnybartdirektivet

Enligt förnybartdirektivets sätt att räkna är andelen förnybar el i förhållande till elanvändningen i Sverige 74 procent under 2020. År 2025 är andelen förnybar el 91 procent i samtliga fall utom i *Högre elektrifiering* där andelen är 87 procent, se Figur 35. Den lägre andelen beror på att elanvändningen är betydligt högre i scenariot.

Till 2030 sjunker andelen i de två scenarierna i förhållande till 2025 vilket beror på att elanvändningen växer mer än förnybar elproduktion men också på att nettoexporten av el från Sverige minskar. I känslighetsfallet ökar andelen ytterligare vilket beror på att utbyggnaden av förnybar elproduktion är större än den ökade elanvändningen men också för att nettoexporten ökar mellan 2025 och 2030.



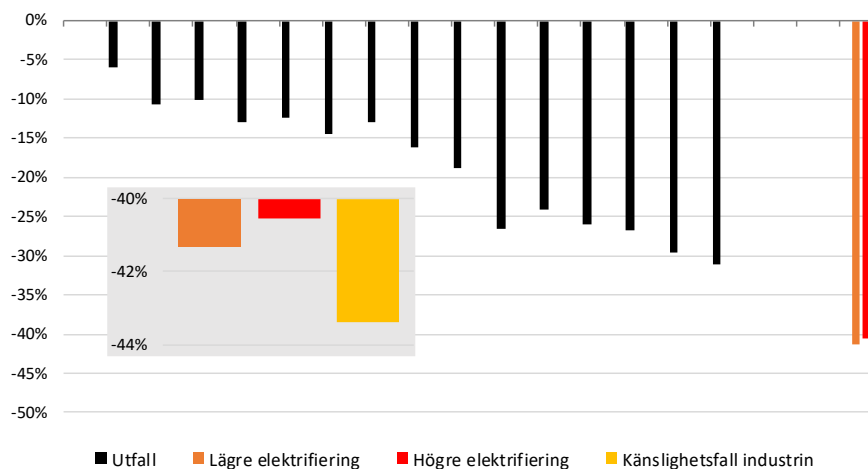
Figur 35 Andel förnybar el i förhållande till elanvändning enligt REDII, utfall till 2020 och i samtliga scenarier till 2030, procent.

8.3 Energiintensitetsmålet nås inte men förutsättningarna har förändrats

I jämförelse med 2005 har energiintensiteten minskat med 31 procent till 2020. I de två scenarierna minskar energiintensiteten med omkring 41 procent och i känslighetsfallet med 43 procent till 2030, se Figur 36. Målet nås inte i något av scenarierna.

I scenarierna från 2020⁶⁸ nås inte heller målet men där är minskningen större med mellan 46–47 procent till 2030. Skillnaden från då är att den tillförda energin är högre 2030 vilket ger en lägre minskning. I årets scenarier har nya industrier tillkommit som inte fanns med i samma utsträckning i scenarierna från 2020 eller då målet formulerades.

⁶⁸ Energimyndigheten, *Scenarier över Sveriges energisystem 2020*, ER 2021:6, 2021.



Figur 36 Förändrad energiintensitet i förhållande till basåret (2005), för åren 2005–2020 samt år 2030 i scenarier och känslighetsfall, procent.

Källa: Energimyndigheten, SCB och Konjunkturinstitutet.

Energiintensitetsmålet till 2030

Energiintensitet är ett relativt energieffektiviseringsmått där energitillförsel eller energianvändning står i relation till något annat. För det svenska energiintensitetsmålet definieras energiintensitet som tillförd energi per BNP i fasta priser.

Till 2030 är målet att Sverige ska ha 50 procent effektivare energianvändning jämfört med 2005.

Under 2016 slöt Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet, Centerpartiet och Kristdemokraterna en ramöverenskommelse om energipolitiken som även omfattar ett mål för energieffektivisering till 2030.⁶⁹ I december 2019 beslutade sig Moderaterna och Kristdemokraterna att lämna denna överenskommelse.

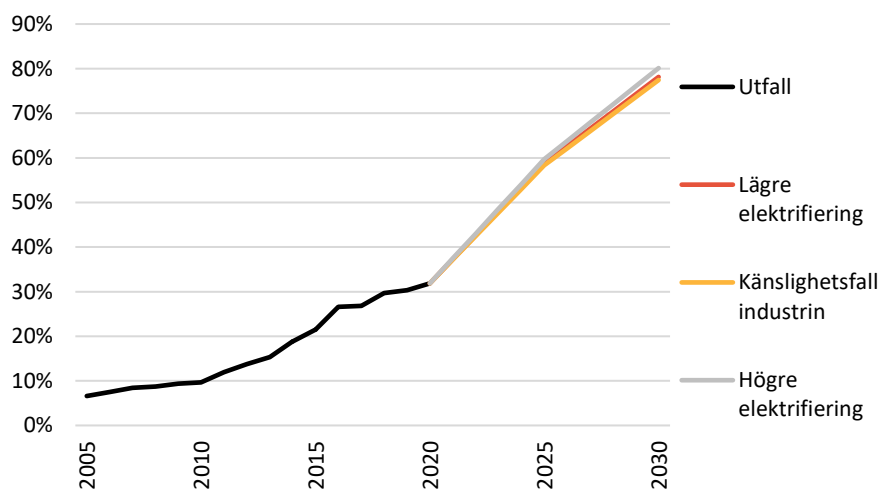
8.4 Andel förnybart i transportsektorn ökar kraftigt men inkluderar ett oförändrat reduktionspliktssystem

Andelen förnybart i transportsektorn är 32 procent i Sverige år 2020. Till 2030 är målet för EU att minst 14 procent av energin som används i

⁶⁹ Läs mer om målet och andra mål i prop. 2017/18:228, *Energipolitikens inriktning*.

transportsektorn 2030 ska vara förnybar utifrån det beräkningssätt som anges i förnybartdirektivet⁷⁰.

Efter 2020 ökar den förnybara andelen kraftigt i både scenarier och känslighetsfall och skillnaderna är små mellan dessa. Andelen är mellan 77–81 procent 2030. Anledningen är att andelen blir så hög är att dagens reduktionsnivåer i reduktionspliktssystemet till 2030 gynnar biodrivmedel som i många fall får dubbelräknas. I scenarier och känslighetsfall sker också en elektrifiering och användningen av el till vägfordon får stor påverkan på andelen förnybart då den förnybara delen av elanvändningen får räknas gånger 4. Läs mer om scenarierna för transportsektorn under kapitel 5.



Figur 37 Andel förnybart enligt förnybartdirektivets beräkningsmetodik i transportsektorn, utfall 2005–2020 samt i scenarier till 2030, procent.

⁷⁰ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor.

9 Avslutande diskussion

9.1 Elsystemet blir en alltmer central del av energisystemet

Energimyndigheten har identifierat en rad initiativ inom industrin som sammantaget innebär att sektorn genomgår en stor omställning fram till 2050. Det handlar inte bara om ett skifte från fossila bränslen till el (byte av energibärare) utan också om ny tillkommande elanvändning som uppstår genom en ökad förädling av råvaror i Sverige (mer stål av svenskt järn) samt etablering av nya industrier (till exempel tillverkning av elektrobränslen, batterifabriker, ny malmbrytning). Allt detta är energiintensiva verksamheter. Industrin utgör också en allt större del av det svenska energisystemet, där tidigare sektorn för bostäder och service varit den största energianvändaren. Det sker därmed stora förändringar av Sveriges energisystem i scenarierna.

Elektrifieringen i transportsektorn förväntas samtidigt också gå snabbare än vad som tidigare förväntats i Energimyndighetens prognoser och scenarier. Trots att energianvändningen i transportsektorn förväntas minska ökar elanvändningen i sektorn kraftigt i och med den utökade elektrifieringen. Även inom sektorn för bostäder och service ökar elbehovet, framför allt beroende på hur etableringen av datacenter ser ut framöver. Det leder till att vi i det mest progressiva scenariot (*Högre elektrifiering*) har en total elanvändning som går från 134 TWh 2020 till 349 TWh 2050. Mycket av resultaten i scenarierna är beroende av ett fåtal stora enskilda industrier och projekt och den utveckling som sker där. Tydligt är dock att det i samtliga scenarier kommer att behövas en stor mängd tillkommande el 2050.

Från att användning och tillförsel av energi varit relativt stabil i många år sker stora rörelser. Elektrifieringen innebär ett nytt läge för elsystemet som går från en förvaltande till en expansiv fas. Med el som huvudsaklig energibärare blir elsystemfrågor alltmer centralt i energisystemet samtidigt som det medför en starkare koppling mellan olika sektorer än tidigare. Det finns stora utmaningar som behöver hanteras för att säkerställa den storskaliga elektrifieringen av flera olika sektorer i samhället.

Omställningen av energisystemet skapar också nya lokala utmaningar och möjligheter. Den planerade kraftiga elektrifieringen av industrin som scenarierna i denna rapport utgår från leder till en omfördelning av elanvändningen mellan elområdena. Framför allt förväntas elanvändningen i elområde 1⁷¹ öka kraftigt men det finns även kluster av industrier i andra elområden där användningen kan förväntas förändras i stor omfattning. Elektrifieringen av transportsektorn i kombination med

⁷¹ Läs mer om elområdesindelningen på <https://ei.se/konsument/el/sa-har-fungerar-elmarknaden/elomrade>.

ökad installation av solceller på fastigheter driver ytterligare på omställningen på lokal nivå. Dessutom finns starka kopplingar mellan fjärrvärme, kraftvärme och eluppvärmning som har stor påverkan lokalt.

9.2 Det finns utmaningar som behöver lösas för att en omfattande elektrifiering ska kunna ske

För att tillgodose den stora efterfrågan på el behövs också en mycket stor mängd ny el och elnät, samt en reinvestering i det befintliga elsystemet. Det kommer därmed att ställas krav både på en utökad elproduktion och på investeringar i elnät. Om inte utmaningar kopplat till i utbyggnaden av elnätet och produktionsanläggningar kan lösas är risken stor att vissa planerade satsningar inte kan komma till stånd. Det finns ett ömsesidigt beroende mellan användning, produktion och elnätsutbyggnad och vilka förutsättningar de olika delarna har och hur de utvecklas kommer att vara avgörande för hur den framtida utvecklingen av elsystemet kommer att se ut. Oavsett hur behovet av ny el tillgodoses kommer det att ta en viss tid för att fatta investeringsbeslut, få tillstånd, skapa acceptans, bygga nya elnät etc. Exempelvis är ledtider för nya elnät idag långa i förhållande till ledtiderna för att elektrifiera industri och transporter. Även energieffektivisering kommer att bli en allt viktigare fråga, framför allt för att kunna hantera den kraftigt ökade elanvändningen på kort sikt.

I uppdraget att genomföra en myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering⁷² som Energimyndigheten tillsammans med Svenska kraftnät, Energimarknadsinspektion och Trafikverket redovisade i december 2022 lyftes flera utmaningar för den framtida elektrifieringen fram, som exempelvis:

- Acceptansfrågan för både ny produktion och nya elnät,
- ledtider i alla processer behöver kortas. Det gäller så väl för elproduktion, som elnät på alla nivåer inklusive förutsättningar för utbyggnaden av laddinfrastruktur,
- elmarknaden behöver utvecklas för att säkerställa en välfungerande marknad, som ger långsiktiga spelregler och rätt signaler till aktörer och som bidrar till ett effektivt system för att kunna möta samhällets behov på kort och lång sikt,
- en historiskt stor omställning och utbyggnad av elnät och produktion ställer mycket stora krav på kompetens och resurser när tillgång på personal, material och råvaror ska säkerställas.

Långa ledtider för tillgång till elnätet är även en utmaning för utbyggnaden av laddinfrastruktur. I tidsspannet fram till 2030 är

⁷² Energimyndigheten, *Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering – Rapportering 2022*, ER 2023:2, 2023.

utbyggnaden av laddinfrastruktur, i tillräcklig omfattning och takt, avgörande för transportsystemets elektrifiering.

9.3 Elproduktionen kan behöva utökas redan på kort sikt

Redan 2030–2035 kan vi i scenarierna se en ökad efterfrågan på el och på längre sikt tar el över som den huvudsakliga energibäraren i energisystemet.

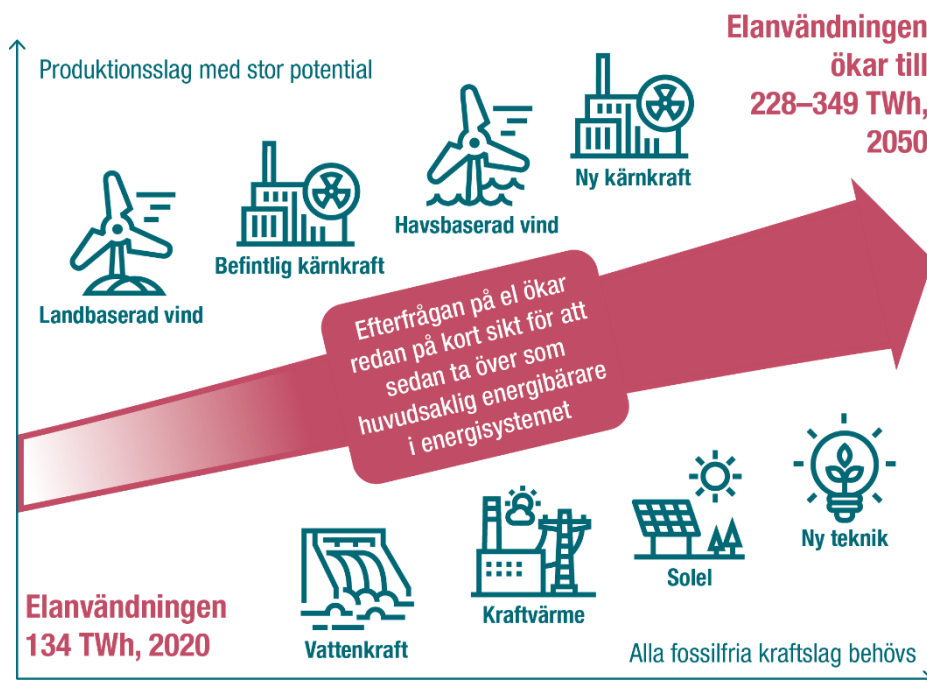


Illustration Energimyndigheten

För att tillgodose denna stora efterfrågan på el behövs också en mycket stor mängd ny elproduktion och elnät, samt en reinvestering i det befintliga elsystemet. Det innebär att utbyggnadstakten av elproduktion och elnät behöver vara historiskt hög om vi ska ha möjlighet att möta det ökade elbehovet. Landbaserad vindkraft bedöms framför allt vara det kraftslag som har den tekniska och ekonomiska möjligheten att stå för det största tillskottet i elproduktion givet den korta tidshorisonten och andra kraftslags nuvarande förutsättningar.⁷³ För att möjliggöra en utbyggnad av vindkraften är det angeläget att lösa acceptansfrågan. Trots att det finns en generell acceptans för vindkraft i Sverige förekommer det inte sällan ett starkt motstånd till vindkraftsprojekt från närboende. Det lokala motståndet utgör ett starkt tryck på den lokala politiken, som därmed har svårt att gå emot den lokala opinionen vilket bland annat återspeglas av att många vindkraftsprojekt faller på det kommunala vetot.

⁷³ Energimyndigheten, *Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering – Rapportering 2022*, ER 2023:2, 2023.

Energiomställningen kan innebära både positiva och negativa konsekvenser, något som också kan tolkas på olika sätt och finnas olika uppfattningar om. Det innebär att drivkrafter och acceptans kan förändras snabbt och över tid. Detta gäller inte enbart vindkraft utan allt från utbyggnad av elnät, utbyggd kärnkraft och solcellsparker till höga fossila drivmedelskostnader eller mer varierande elpriser. Social acceptans blir en allt viktigare fråga som också påverkar energisystemets framtida utveckling.

På längre sikt finns många möjliga utvecklingsvägar för framtidens elproduktion och alla kraftslag har sina olika för- och nackdelar. Den framtida elproduktionsmixen är starkt beroende av hur acceptansen i samhället ser ut för olika kraftslag. Det är också viktigt att politiken tar ansvar för att undanröja hinder, ta ställning i olika målkonflikter samt skapa långsiktiga spelregler.

Med den kunskap vi har idag ser vi inte att en kraftig elektrifiering är möjlig utan goda förutsättningar för samtliga fossilfria kraftslag. Vi har samtidigt en stor potential på sikt för framför allt landbaserad vindkraft, befintlig kärnkraft, havsbaserad vindkraft och ny kärnkraft. Alla dessa kraftslag bedöms ha en lönsamhet på sikt i de energisystemmodelleringar som gjorts i det här arbetet varför elproduktionsmixen i framtiden till stor del kommer bero på hur lönsamt det är, hur stor del av potentialen som är lönsam samt vilka hinder som finns för att realisera potentialen. Dock är det svårt att identifiera den faktiska kostnaden för olika kraftslag i framtiden samt i vissa fall vad som i praktiken kommer att vara eventuella hinder för utbyggnad, framför allt när det kommer till nyare tekniker. Olika möjliga utvecklingsvägar för elproduktionen kommer därför att presenteras och analyseras djupare i Energimyndighetens regeringsuppdrag Analysera utvecklingsvägar för befintlig och ny elproduktion.

9.4 En viktig pusselbit för elektrifieringen är kompetens- och resursförsörjningen

Med tanke på den förändring som sker och all ny teknik är tillgång till och utveckling av kompetens en övergripande utmaning för att elektrifieringen ska kunna fortsätta. Säkrad kompetensförsörjning till energisektorn är en grundläggande förutsättning för att möjliggöra elektrifieringen. Även inom industri- och transportsektorn behövs ny kompetens och utveckling av den kompetens som redan finns för att de satsningar på nya tekniker som planeras ska kunna genomföras. Om inte tillräcklig kompetens kan säkras riskerar projekt att försenas. Frågan om kompetensförsörjning kommer att utredas närmare av Energimyndigheten

i ett regeringsuppdrag; Uppdrag att samordna kompetensförsörjning för elektrifieringen⁷⁴.

Även frågan om tillgång till resurser är avgörande där tillräcklig tillgång till material och råvaror behöver säkerställas⁷⁵. Dåligt fungerande försörjningskedjor för exempelvis mineraler och energiteknik kan bli ett stort hinder för energiomställningen⁷⁶.

9.5 Utvecklingen av framtida drivmedel och fordonstekniker

Fokus i denna rapport har varit att titta på olika nivåer av elektrifiering, men på lång sikt finns det drivmedel och teknikval som skulle kunna förändra utfallet i scenarierna. I de scenarier som presenterats i denna rapport har inte hänsyn tagits till sådana eventuella framtida tekniker eller drivmedel.

Vätgas kan exempelvis användas som bränsle i de flesta transportslag. Den kan användas som bränsle för bränslecellssystem som producerar el för framdrivning av fordon och farkoster via en elektrisk motor. Vätgas kan även användas som bränsle för förbränningsmotor samt för framställning av elektrobränslen⁷⁷ som kan användas inom marin- och flygapplikationer. Det finns också flera olika alternativa marina bränslen som har potential att bidra med låga växthusgasutsläpp. Dessa inkluderar till exempel el, metanol, vätgas och olika typer av elektrobränslen som kan inkludera ammoniak. Det är också möjligt att använda vindkraft för framdrivning av fartyg (i alla fall delvis).

Det är osäkert på vilket sätt dessa (och andra) framtida drivmedel och tekniker kommer att påverka energianvändningen och det kan också tänkas variera mycket mellan olika trafikslag och fordonstyper. Olika fordonstyper och applikationer kan vara olika lämpliga för nya tekniker. Bussar samt lastbilar och arbetsfordon som har kortare körsträckor kanske är mer lämpliga att elektrifiera medan det för tunga lastbilar och skogsmaskiner kan vara mer lämpligt med andra drivmedel.

All utveckling sker inte sektorsvis utan handlar i detta fall om teknikutveckling i fordon och vad dessa fordon ska appliceras i för sammanhang. Det skulle behöva göras djupare analyser om hur utvecklingen för olika drivmedel och tekniker kan påverka samtliga sektorer då arbetsmaskiner används både i industri och bostäder och service. Även med fokus på elektrifieringen finns frågor som spänner

⁷⁴ Regeringen, Uppdrag att samordna kompetensförsörjning för elektrifieringen. <https://www.regeringen.se/contentassets/43b82326078b4425880fcb673824baa/uppdrag-att-samordna-kompetensforsorjning-for-elektrifieringen/> (hämtad 2023-03-01).

⁷⁵ Energimyndigheten, *Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering – Rapportering 2022*, ER 2023:2, 2023.

⁷⁶ IEA, Energy technology perspectives 2023. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023> (hämtad 2023-03-01).

⁷⁷ Elektrobränslen är ett samlingsbegrepp för olika syntetiska bränslen som framställs i katalytiska processer genom en reaktion mellan fossilfri vätgas och koldioxid som lagrats exempelvis efter biomassaförbränning.

över olika sektorer. Med en större andel elbilar i fordonsflottan ökar behovet av att kunna ladda hemma vilket påverkar hur människor använder el i sina hem. Vi kan se behovet av att studera sektorskopplingar närmare i scenarierna och detta är något som behöver utvecklas i framtida scenarioarbete.

9.6 Den framtida utvecklingen är beroende av många olika faktorer

Situationen på energimarknaderna de senaste åren bidrar till en osäkerhet när det gäller hastigheten och formen för energiomställningen. Som vi kan se i de scenarier som presenterats i denna rapport är utfallsrummet för energianvändning och -tillförsel stort och den faktiska utvecklingen är beroende av många olika faktorer. Det handlar inte bara om osäkerheter på energimarknaderna eller i omvärlden utan den snabba elektrifieringen och utvecklingen av ny teknik gör det svårare att göra bedömningar om framtiden.

De osäkerheter som finns kring utvecklingen framåt följer också med in i scenariomodellerna. Modellerna är känsliga och ganska små förändringar i antaganden kan få stora konsekvenser för resultaten. Det finns många olika tekniker med i scenarierna, vissa också helt nya. I och med att utvecklingen går snabbt skapar det ytterligare svårigheter i att göra korrekta antaganden om kostnader och priser för olika tekniker i ett längre tidsperspektiv. Det kan gälla exempelvis nya tekniker för stålframställning, koldioxidinfångning, elektrolys av vätgas, havbaserad vindkraft, ny kärnkraft (konventionell och/eller ny teknik), kostnader för värmepumpar, elektrifierade fordon, batterier och alternativa drivmedel såsom vätgas, ammoniak och elektrobränslen. I praktiken är det i dessa scenarier en ny typ av samhälle vi beskriver.

Ett exempel på en osäkerhet i modellen är utfallet för elproduktion som bland annat är starkt beroende av de antaganden som görs kring kostnader för olika kraftslag eller begränsningar i modellen. Ett annat exempel är fjärrvärmesektorn som i dessa scenarier antagits vara relativt oförändrad. I praktiken är det ganska osäkert hur marknaden för värmepumpar utvecklas och på lång sikt vilka energieffektiviseringskrav som kommer att gälla för bostäder och lokaler. Utvecklingen på värmepumpmarknaden är också beroende av elpriset som i sin tur kan bero på hur mycket vi faktiskt elektrifierar.

Elektrifieringen av industrin är i sin tur också beroende av elpriset och kostnaden för att producera vätgas. Inom transportsektorn konkurrerar olika energikällor och energibärare med varandra (allt från idag kommersiella till sådana som är på forskningsstadiet) samtidigt som olika fordonstekniker konkurrerar med varandra. Tillgången på energikällor och energibärare är också utsatt för konkurrens från andra sektorer. Det finns många synergier, målkonflikter och sektorskopplingar som är svåra

att ta hänsyn till i modellerna. Resultaten påverkas också mycket av vad som händer i våra grannländer. Hur stor är deras elanvändning och hur mycket el kommer att produceras där? Sker det med marknadsmekanismer eller med hjälp av stöd? Hur mycket vi antar att transmissionsnätet kan förstärkas till dessa länder får också en stor påverkan på slutresultatet.

Trots osäkerheter och modellbegränsningar är det så att de antaganden som gjorts i detta arbete baseras på expertbedömningar utifrån den kunskap som vi haft när scenarierna togs fram. Ett scenario är inte en prognos utan vi vill med dessa scenarier illustrera energisystemets möjliga utveckling längre fram i tiden beroende på förutsättningar som varierar. Det är inte de exakta resultaten (siffrorna) från scenarierna som är viktigast utan de analyser och diskussioner som förs kring de olika utvecklingsvägarna. Att utfallsrummet som presenteras i denna rapport är stort speglar den osäkerhet som finns, men tydligt är att i samtliga scenarier sker stora förändringar av framtidens energisystem.

Bilaga A – Resultattabeller

Resultattabeller presenteras nedan för respektive scenario.

Resultaten i tabellerna är avrundade värden. I några tabeller särredovisas vissa bränslen under en större bränslekategori, varför en summering av bränslena inte summerar till hela bränslekategoriens värde.

A.1 Lägre elektrifiering

Tabell 2 Energiförbrukning i *Lägre elektrifiering*, TWh

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning								
Slutlig energianvändning	366	355	374	381	389	401	403	405
<i>Industri</i>	140	136	141	164	180	198	204	206
<i>Bostäder, service m.m.</i>	149	140	146	142	140	141	143	145
<i>Transporter</i>	77	79	86	75	69	62	57	54
Omvandlings- och distributionsförluster	171	128	132	131	130	132	88	93
<i>Elproduktion</i>	149	109	113	116	118	120	76	82
<i>Fjärrvärme</i>	7,3	6,4	5,6	3,4	2,7	2,9	3,3	3,2
<i>Raffinaderier</i>	11	9,8	10	9,7	8,8	8,6	8,2	7,9
<i>Gas, koksverk, masugnar</i>	3,1	2,6	2,9	1,6	0,1	0,1	0,1	0,1
Icke energiändamål	23	15	16	15	14	14	14	14
Total energianvändning	561	498	521	527	533	547	505	512
Tillförsel								
Total bränsletillförsel	273	290	289	259	232	216	206	199
<i>Kol, koks, mas- och koksugns gas</i>	32	18	20	12	2,3	2,0	1,7	1,6
<i>Biobränslen</i>	61	141	164	170	159	150	146	142
<i>Oljebränslen</i>	168	104	79	53	47	40	35	32
<i>Naturgas/stadsgas</i>	6,7	14	10	8,7	8,0	7,6	7,2	6,7
<i>Övrigt bränsle</i>	5,5	13	16	16	16	16	16	16
Stora värmepumpar	7,1	4,7	6,2	6,6	7,0	7,3	7,0	6,5
Vattenkraft brutto	73	72	67	67	68	67	68	68
Kärnkraft brutto (insatt bränsle)	202	138	151	151	151	151	82	90
Vindkraft brutto	0	28	51	78	86	102	130	130
Solkraft	0	1,0	3,1	4,1	7,4	8,4	9,4	12,7
Import-export el	-1,8	-25	-47	-38	-18	-5,8	2,8	6,0
Statistisk differens	7,8	-11						
Total tillförd energi	553	509	521	527	533	547	505	512

Tabell 3 Elbalans i *Lägre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning								
Total slutlig användning	120	120	130	162	191	218	231	240
<i>Industri</i>	53	47	50	81	104	123	130	132
<i>Bostäder och service m.m.</i>	65	70	73	70	70	72	74	78
<i>Transporter</i>	2,5	2,9	6,6	11	18	23	27	30
Fjärrvärme, raffinaderier	10	3,1	3,0	3,7	3,4	3,3	3,5	3,6
Distributionsförluster	9,1	12	11	14	16	18	20	20
Total användning netto	140	134	144	179	211	239	254	264
Tillförsel								
Vattenkraft	71	72	67	67	67	67	67	67
Vindkraft	0,01	28	51	78	86	102	130	130
<i>Landbaserad</i>			51	77	85	99	108	108
<i>Havsbaserad</i>			0,3	0,3	0,3	3,7	21	21
Kärnkraft	65	47	52	52	52	52	28	31
<i>Befintlig, inkl. drifttidsförlängning</i>			52	52	52	52	28	28
<i>Ny</i>			0	0	0	0	0	2,7
Kraftvärme i industrin	2,6	6,4	6,3	5,8	5,2	4,7	4,2	3,8
<i>Biobränslen</i>			5,9	5,4	5,0	4,5	4,1	3,7
<i>Naturgas</i>			0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
<i>Koks- och masugngaser</i>			0,2	0,1	0	0	0	0
<i>Olja</i>			0,1	0,03	0,05	0,01	0,01	0
Kraftvärme i fjärrvärmesystem	2,4	5,1	12	12	11	11	13	13
<i>Biobränslen</i>			8,4	8,6	8,3	8,3	10	11
<i>Avfall</i>			2,3	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7
<i>Naturgas</i>			0,1	0	0	0	0	0
<i>Torv</i>			0	0	0	0	0	0
<i>Kol, inkl. mas- och koksugngaser</i>			0,8	0,4	0	0	0	0
<i>Olja</i>			0	0	0	0	0	0
Värme kraftverk	0,04	0,02	0	0	0,1	0,1	0,2	0,1
Gasturbin	0	0	0	0	0	0	0	0
Solkraft	0	1,0	3,1	4,1	7,4	8,4	9,4	13
Nettoproduktion	142	159	191	218	228	245	252	257
Import-export	-1,8	-25	-47	-38	-18	-5,8	2,8	6,0
Total tillförsel netto	140	134	144	179	211	239	254	264

 Tabell 4 Insatt bränsle för elproduktion i *Lägre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	2,2	16	17	17	17	16	17	17
<i>Biobränslen, exkl. förnybar del av avfall</i>	2,1	14	16	16	15	14	16	16
<i>Förnybara delen av avfall</i>	0,1	1,9	1,4	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7
Övrigt bränsle	0,3	2,0	1,3	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6
<i>Fossila delen av avfall</i>	0,1	1,7	1,3	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6
<i>Torv</i>	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
Oljebränslen	1,8	0,3	0,1	0,1	0,07	0,03	0,02	0,01
Kol, mas- och koksugngas	2,4	1,2	1,4	0,7	0	0	0	0
<i>Kol</i>	1,5	0,003	0	0	0	0	0	0
<i>Mas- och koksugngaser</i>	0,9	1,2	1,4	0,7	0	0	0	0
Naturgas	0,5	0,1	0,2	0,2	0,4	0,4	0,5	0,2
Totalt insatt bränsle	7,1	19	20	20	19	18	20	19

Tabell 5 Fjärrvärmebalans i *Lägre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning								
Total slutlig användning	34	47	53	53	54	54	56	56
<i>Bostäder och service m.m.</i>	31	44	49	50	51	51	52	52
<i>Industri</i>	3,6	3,2	3,3	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1
Distributions- och omvandlingsförluster	6,8	9,1	8,8	9,1	9,6	9,9	10	10
<i>Distributionsförluster</i>	3,8	7,7	7,4	7,5	7,6	7,6	7,8	7,8
Total användning	41	56	62	63	64	64	66	66
Tillförsel								
Biobränslen	5,3	35	40	38	39	39	41	41
<i>Förnybara delen av avfall</i>	2,4	6,2	9,3	8,8	9,0	9,2	9,3	9,4
Övrigt bränsle	5,1	9,6	8,6	8,2	8,3	8,5	8,6	8,7
<i>Torv</i>	2,6	0,2	0	0	0	0	0	0
<i>Fossila delen av avfall</i>	1,6	5,8	8,6	8,2	8,3	8,5	8,6	8,7
Oljebränslen	4,1	0,4	0,6	0,4	0,2	0,01	0,01	0,01
Kol, mas- och koksugns gas	8,2	1,0	1,1	0,6	0	0	0	0
Naturgas	2,0	0,1	0,1	0	0	0	0	0
El till elpannor	6,3	0,4	0,0	0,5	0,2	0	0	0
Stora värmepumpar	7,1	4,7	6,2	6,6	7,0	7,3	7,0	6,5
Spillvärme	3,0	4,6	5,3	7,8	9,1	9,1	9,2	9,2
Totalt	41	56	62	63	64	64	66	66

Tabell 6 Energianvändning i industrin fördelat på energislag i *Lägre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	43	59	55	55	56	56	55	55
<i>Träbränslen</i>	0,0	20	19	20	22	23	23	24
<i>Avlutar</i>	0,0	39	36	35	35	34	33	32
Biodrivmedel	0	0	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Kol, koks, mas- och koksugns gas	17	12	14	8,6	2,2	1,9	1,6	1,5
<i>Energikol</i>	7,1	5,5	5,8	4,0	1,9	1,6	1,4	1,3
<i>Koks</i>	7,2	4,9	6,3	3,5	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Mas- och koksugns gas</i>	2,6	1,7	2,0	1,1	0,04	0,04	0,03	0,03
Oljebränslen	21	8,2	8,1	6,8	5,7	4,8	4,4	4,4
<i>Gasol (propan, butan)</i>	4,1	3,4	4,1	3,5	3,1	2,8	2,5	2,6
<i>Eo 1</i>	4,6	1,1	0,5	0,2	0,1	0,02	0,01	0,004
<i>Eo 2–6</i>	12	2,2	1,5	1,0	0,6	0,04	0,002	0
Övrigt bränsle	0,1	3,1	6,1	6,0	5,8	5,9	5,9	5,9
Natur- och stadsgas	3,2	4,1	3,8	3,3	2,8	2,6	2,2	2,1
Fjärrvärme	3,6	3,2	3,3	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1
El	53	47	50	81	104	123	130	132
Total energianvändning	140	136	141	164	180	198	204	206

Tabell 7 Energianvändning i industrin fördelat på bransch i *Lägre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2030	2040	2050
Gruvindustri (SNI 05–09)	4	7	5	6	6
Livsmedelsindustri (SNI 10–12)	7	5	5	5	5
Trävaruindustri (SNI 16)	9	7	8	8	8
Massa- och pappersindustri (SNI 17)	62	73	68	67	67
Kemisk industri (SNI 20–21)	9	9	12	15	15
Jord- och stenindustri (SNI 23)	8	5	6	6	6
Stål- och metallverk (SNI 24)	22	20	42	74	81
Verkstadsindustri (SNI 25–30)	12	7	15	16	16
Småindustri och övriga branscher	8	4	3	3	3
Total energianvändning (SNI 05–33)	140	136	164	198	206

Tabell 8 Energianvändning i bostäder och service m.m. i *Lägre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	11	12	12	11	10	8,7	7,7	7,6
Biodrivmedel	0,0	2,7	4,5	6,4	6,0	5,8	5,3	4,9
Oljebänslen	41	10	7,0	4,3	4,0	3,8	3,5	3,2
<i>Dieselolja</i>	7,1	6,6	4,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0
<i>Eo 1</i>	29	1,0	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Eo 2–6</i>	4,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Övriga bränslen	0	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001
Natur- och stadsgas	1,3	1,5	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Fjärrvärme	31	44	49	50	51	51	52	52
El	65	70	73	70	70	72	74	78
Total energianvändning	149	140	146	142	140	141	143	145
Total energianvändning, temperaturkorr.	166	151	146	142	140	141	143	145
<i>Graddagstal</i>	82	81	100	100	100	100	100	100
<i>Graddagstal, 60 %</i>	85	85	100	100	100	100	100	100

Tabell 9 Energianvändning för inrikes transporter i *Lägre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biodrivmedel	0	17	33	38	29	21	16	13
<i>Etanol</i>	0	0,8	2,1	1,3	1,0	0,7	0,5	0,3
<i>FAME</i>	0	3,5	3,4	2,7	2,0	1,5	1,2	1,0
<i>HVO</i>	0	11	24	28	21	15	12	10
<i>Biogas</i>	0	1,3	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,7
<i>Biobensin</i>	0	0,5	2,1	4,0	3,6	2,7	1,8	1,1
<i>LBG</i>	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>Flygbränsle förnybart</i>	0	0	0,1	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Oljebränslen	74	59	46	26	22	17	13	10
<i>Bensin</i>	49	21	16	11	10	7,4	4,9	3,1
<i>Diesel</i>	20	36	27	12	9,1	6,7	5,2	4,4
<i>Eo 1</i>	0,9	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>Eo 2–5</i>	0,7	0,8	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2
<i>Flygbränsle fossilt</i>	3,4	0,7	1,9	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
LNG	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Naturgas	0	0,4	0,03	0	0	0	0	0
Vätgas	0	0	0	0	0	0	0	0
El	2,5	2,9	6,6	11	18	23	27	30
<i>El, järnväg</i>	2,5	2,1	2,9	3,1	3,8	4,1	4,4	4,7
<i>El, fordon</i>	0,0	0,8	3,8	8,4	14	19	23	26
Total energianvändning	77	79	86	75	69	62	57	54

A.2 Högre elektrifiering

Tabell 10 Energibalans i Högre elektrifiering, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning								
Slutlig energianvändning	366	355	375	387	404	421	440	462
<i>Industri</i>	140	136	144	174	202	224	243	259
<i>Bostäder, service m.m.</i>	149	140	147	143	142	144	148	155
<i>Transporter</i>	77	79	84	70	60	53	49	49
Omvandlings- och distributionsförluster	171	128	132	132	133	147	166	168
<i>Elproduktion</i>	149	109	114	118	121	136	154	156
<i>Fjärrvärme</i>	7,3	6,4	5,7	3,7	2,7	2,7	3,3	3,4
<i>Raffinaderier</i>	11	9,8	9,8	9,3	8,8	8,7	8,4	8,1
<i>Gas, koksverk, masugnar</i>	3,1	2,6	2,9	1,5	0,01	0,01	0,01	0,01
Icke energiändamål	23	15	15	15	14	14	13	13
Total energianvändning	561	498	522	534	551	583	620	643
Tillförsel								
Total bränsletillförsel	273	290	284	249	213	194	182	176
<i>Kol, koks, mas- och koksugns gas</i>	32	18	19	11	1,5	1,0	0,7	0,6
<i>Biobränslen</i>	61	141	164	167	151	141	134	130
<i>Oljebänslen</i>	168	104	76	47	38	30	26	24
<i>Natargas/stadsgas</i>	6,7	14	9,2	8,1	7,5	7,0	6,4	5,9
<i>Övrigt bränsle</i>	5,5	13	16	15	15	15	15	15
Stora värmepumpar	7,1	4,7	6,2	6,1	7,1	6,7	7,2	7,9
Vattenkraft brutto	73	72	67	67	68	67	68	68
Kärnkraft brutto (insatt bränsle)	202	138	151	151	151	169	193	193
Vindkraft brutto	0	28	51	78	123	140	156	179
Solkraft	0	1,0	3,1	5,7	7,4	15	18	32
Import-export el	-1,8	-25	-41	-23	-18	-10	-4,2	-13
Statistisk differens	7,8	-11						
Total tillförd energi	553	509	522	534	551	583	620	643

Tabell 11 Elbalans i *Högre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning								
Total slutlig användning	120	120	135	178	225	261	292	318
<i>Industri</i>	53	47	54	92	128	152	172	187
<i>Bostäder och service m.m.</i>	65	70	74	72	73	78	83	91
<i>Transporter</i>	2,5	2,9	7,3	14	23	31	37	41
Fjärrvärme, raffinaderier	10	3,1	3,6	3,2	3,8	3,8	4,0	4,1
Distributionsförluster	9,1	12	11	15	19	22	25	27
Total användning netto	140	134	150	197	247	287	320	349
Tillförsel								
Vattenkraft	71	72	67	67	67	67	67	67
Vindkraft	0,0	28	51	78	123	140	156	179
<i>Landbaserad</i>			51	77	100	104	117	122
<i>Havsbaserad</i>			0,3	0,3	22	36	39	57
Kärnkraft	65	47	52	52	52	58	66	66
<i>Befintlig, inkl. drifttidsförlängning</i>			52	52	52	52	28	28
<i>Ny</i>			0	0	0	6,2	38	38
Kraftvärme i industrin	2,6	6,4	6,3	5,8	5,2	4,7	4,2	3,7
<i>Biobränslen</i>			5,9	5,4	5,0	4,5	4,1	3,6
<i>Naturgas</i>			0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
<i>Mas- och koksugngaser</i>			0,2	0,1	0	0	0	0
<i>Olja</i>			0,1	0,04	0,1	0,01	0,01	0,002
Kraftvärme i fjärrvärmesystem	2,4	5,1	12	12	11	12	13	14
<i>Biobränslen</i>			8,6	8,8	8,2	9,6	11	11
<i>Avfall</i>			2,3	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7
<i>Naturgas</i>			0,1	0	0	0	0	0
<i>Torv</i>			0	0	0	0	0	0
<i>Kol, inkl. mas- och koksugngaser</i>			0,8	0,4	0	0	0	0
<i>Olja</i>			0	0	0	0	0	0
Värme kraftverk	0,04	0,02	0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Gasturbin	0	0	0	0	0	0	0	0
Solkraft	0	1,0	3,1	5,7	7,4	15	18	32
Nettoproduktion	142	159	191	220	265	297	325	362
Import-export	-1,8	-25	-41	-23	-18	-10	-4,2	-13
Total tillförsel netto	140	134	150	197	247	287	320	349

Tabell 12 Insatt bränsle för elproduktion i *Högre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	2,2	16	17	18	16	17	18	18
<i>Biobränslen, exkl. förnybar del av avfall</i>	2,1	14	16	16	15	16	16	16
<i>Förnybara delen av avfall</i>	0,1	1,9	1,4	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7
Övrigt bränsle	0,3	2,0	1,3	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5
<i>Fossila delen av avfall</i>	0,1	1,7	1,3	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5
<i>Torv</i>	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
Oljebränslen	1,8	0,3	0,1	0,1	0,1	0,03	0,02	0,01
Kol, mas- och koksugngas	2,4	1,2	1,4	0,7	0	0	0	0
<i>Kol</i>	1,5	0,003	0	0	0	0	0	0
<i>Mas- och koksugngaser</i>	0,9	1,2	1,4	0,7	0	0	0	0
Naturgas	0,5	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3
Totalt insatt bränsle	7,1	19	20	20	19	19	20	20

Tabell 13 Fjärrvärmebalans i *Högre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning								
Total slutlig användning	34	47	54	55	54	55	56	56
<i>Bostäder och service m.m.</i>	31	44	50	51	51	51	52	52
<i>Industri</i>	3,6	3,2	3,3	3,3	3,5	3,7	4,0	4,2
Distributions- och omvandlingsförluster	6,8	9,1	8,9	9,3	9,7	9,6	10	10
<i>Distributionsförluster</i>	3,8	7,7	7,5	7,6	7,6	7,7	7,8	7,8
Total användning	41	56	63	64	64	65	66	66
Tillförsel								
Biobränslen	5,3	35	40	41	39	41	41	41
<i>Förnybara delen av avfall</i>	2,4	6,2	9,3	8,8	9,0	9,2	9,3	9,3
Övrigt bränsle	5,1	9,6	8,6	8,2	8,3	8,5	8,6	8,6
<i>Torv</i>	2,6	0,2	0	0	0	0	0	0
<i>Fossila delen av avfall</i>	1,6	5,8	8,6	8,2	8,3	8,5	8,6	8,6
Oljebränslen	4,1	0,4	0,4	0,4	0,2	0,01	0,01	0,01
Kol, mas- och koksugngas	8,2	1,0	1,1	0,6	0	0	0	0
Naturgas	2,0	0,1	0,1	0	0	0	0	0
El till elpannor	6,3	0,4	0,5	0	0,2	0	0	0
Stora värmepumpar	7,1	4,7	6,2	6,1	7,1	6,7	7,2	7,9
Spillvärme	3,0	4,6	5,3	7,8	9,1	9,1	9,2	9,2
Totalt	41	56	63	64	64	65	66	66

Tabell 14 Energianvändning i industrin fördelat på energislag i *Högre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	43	59	55	56	56	57	57	57
<i>Träbränslen</i>	0,0	20	20	21	22	23	24	26
<i>Avlutar</i>	0,0	39	36	35	35	34	33	32
Biodrivmedel	0,0	0,0	0,7	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Kol, koks, mas- och koksugns gas	17	12	14	8	1,5	1,0	0,7	0,6
<i>Energikol</i>	7,1	5,5	5,6	3,6	1,3	0,8	0,6	0,5
<i>Koks</i>	7,2	4,9	6,3	3,4	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>Mas- och koksugns gas</i>	2,6	1,7	2,0	1,0	0	0	0	0
Oljebränslen	21	8,2	7,8	6,0	4,6	3,5	3,1	3,0
<i>Gasol (propan, butan)</i>	4,1	3,4	4,0	3,2	2,7	2,3	2,0	1,9
<i>Eo 1</i>	4,6	1,1	0,5	0,2	0,1	0,01	0,001	0
<i>Eo 2–6</i>	12	2,2	1,5	1,0	0,6	0,04	0,002	0
Övrigt bränsle	0,1	3,1	5,9	5,6	5,3	5,2	5,2	5,1
Natur- och stadsgas	3,2	4,1	3,5	2,8	2,2	1,7	1,3	1,2
Fjärrvärme	3,6	3,2	3,3	3,3	3,5	3,7	4,0	4,2
El	53	47	54	92	128	152	172	187
Total energianvändning	140	136	144	174	202	224	243	259

Tabell 15 Energianvändning i industrin fördelat på bransch i *Högre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2030	2040	2050
Gruvindustri (SNI 05–09)	4	7	5	5	6
Livsmedelsindustri (SNI 10–12)	7	5	4	4	5
Trävaruindustri (SNI 16)	9	7	8	8	8
Massa- och pappersindustri (SNI 17)	62	73	68	67	67
Kemisk industri (SNI 20–21)	9	9	16	23	26
Jord- och stenindustri (SNI 23)	8	5	6	6	7
Stål- och metallverk (SNI 24)	22	20	46	89	115
Verkstadsindustri (SNI 25–30)	12	7	16	18	20
Småindustri och övriga branscher	8	4	3	3	3
Total energianvändning (SNI 05–33)	140	136	174	224	259

Tabell 16 Energianvändning i bostäder och service m.m. i *Högre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	11	12	12	11	10	8,7	7,7	7,6
Biodrivmedel	0,0	2,7	4,3	5,6	4,8	4,0	3,3	2,8
Oljebränslen	41	10	6,6	3,6	3,1	2,6	2,2	1,9
<i>Diesellojja</i>	7,1	6,6	4,2	2,1	1,8	1,5	1,3	1,1
<i>Eo 1</i>	29	1,0	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Eo 2–6</i>	4,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Övriga bränslen	0	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001
Natur- och stadsgas	1,3	1,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Fjärrvärme	31	44	50	51	51	51	52	52
El	65	70	74	72	73	78	83	91
Total energianvändning	149	140	147	143	142	144	148	155
Total energianvändning, temperaturkorr.	166	151	147	143	142	144	148	155
<i>Graddagstal</i>	82	81	100	100	100	100	100	100
<i>Graddagstal, 60 %</i>	85	85	100	100	100	100	100	100

Tabell 17 Energianvändning för inrikes transporter i *Högre elektrifiering*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biodrivmedel	0	17	32	33	21	11	5,6	2,8
<i>Etanol</i>	0	0,8	2,1	1,3	0,7	0,4	0,2	0,1
<i>FAME</i>	0	3,5	3,5	2,6	1,6	0,9	0,4	0,2
<i>HVO</i>	0	10,7	24	26	16	8,6	3,9	1,7
<i>Biogas</i>	0	1,3	1,2	1,1	0,8	0,4	0,2	0,0
<i>Biobensin</i>	0	0,5	1,1	1,0	0,9	0,7	0,4	0,3
<i>LBG</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Flygbränsle förnybart</i>	0,0	0,0	0,1	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Oljebränslen	74	59	44	22	15	9,4	6,1	4,6
<i>Bensin</i>	49	21	14	7,9	5,0	2,6	1,2	0,7
<i>Diesel</i>	20	36	27	11	7,3	4,0	2,0	1,1
<i>Eo 1</i>	0,9	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>Eo 2–5</i>	0,7	0,8	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2
<i>Flygbränsle fossilt</i>	3,4	0,7	1,9	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
LNG	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Naturgas	0	0,4	0,03	0	0	0	0	0
Vätgas	0	0	0	0	0	0	0	0
El	2,5	2,9	7,3	14	23	31	37	41
<i>El, järnväg</i>	2,5	2,1	2,9	3,1	3,8	4,1	4,4	4,7
<i>El, fordon</i>	0,0	0,8	4,4	11	19	27	33	36
Total energianvändning	77	79	84	70	60	53	49	49

A.3 Känslighetsfall industri

Tabell 18 Energibalans i *Känslighetsfall industri*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning								
Slutlig energianvändning	366	355	374	364	361	363	365	371
<i>Industri</i>	140	136	140	147	151	159	164	170
<i>Bostäder, service m.m.</i>	149	140	146	142	140	141	143	145
<i>Transporter</i>	77	79	87	75	69	63	59	56
Omvandlings- och distributionsförluster	171	128	132	130	129	131	85	85
<i>Elproduktion</i>	149	109	113	115	116	117	73	74
<i>Fjärrvärme</i>	7,3	6,4	5,8	3,7	2,5	2,8	3,4	3,2
<i>Raffinaderier</i>	11	9,8	10	9,7	8,8	8,6	8,2	7,9
<i>Gas, koksverk, masugnar</i>	3,1	2,6	2,9	2,3	2,3	2,3	0,1	0,1
Icke energiändamål	23	15	16	15	14	14	14	14
Total energianvändning	561	498	521	509	504	508	464	470
Tillförsel								
Total bränsletillförsel	273	290	290	262	240	225	205	198
<i>Kol, koks, mas- och koksugns gas</i>	32	18	20	16	16	16	2,2	1,8
<i>Biobränslen</i>	61	141	165	169	155	147	145	142
<i>Oljebänslen</i>	168	104	79	53	46	40	35	32
<i>Naturgas/stadsgas</i>	6,7	14	10	8,7	7,8	7,4	7,1	6,7
<i>Övrigt bränsle</i>	5,5	13	16	16	16	16	16	16
Stora värmepumpar	7,1	4,7	6,2	6,6	7,0	7,3	7,8	7,2
Vattenkraft brutto	73	72	67	67	68	67	68	68
Kärnkraft brutto (insatt bränsle)	202	138	151	151	151	151	82	82
Vindkraft brutto	0	28	51	70	70	85	116	127
Solkraft	0	1,0	3,1	4,1	7,4	8,4	9,4	9,4
Import-export el	-1,8	-25	-48	-51	-39	-37	-25	-21
Statistisk differens	7,8	-11						
Total tillförd energi	553	509	521	509	504	508	464	470

Tabell 19 Elbalans i *Känslighetsfall industri*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning								
Total slutlig användning	120	120	129	143	155	172	194	207
<i>Industri</i>	53	47	50	61	67	76	91	97
<i>Bostäder och service m.m.</i>	65	70	73	70	70	72	74	78
<i>Transporter</i>	2,5	2,9	6,7	12	18	24	29	32
Fjärrvärme, raffinaderier	10	3,1	3,1	3,7	5,7	4,8	3,5	3,6
Distributionsförluster	9,1	12	11	12	13	15	16	17
Total användning netto	140	134	143	159	174	192	214	228
Tillförsel								
Vattenkraft	71	72	67	67	67	67	67	67
Vindkraft	0,01	28	51	70	70	85	116	127
<i>Landbaserad</i>			51	69	69	85	106	106
<i>Havsbaserad</i>			0,3	0,3	0,3	0	10	21
Kärnkraft	65	47	52	52	52	52	28	28
<i>Befintlig, inkl. drifttidsförlängning</i>			52	52	52	52	28	28
<i>Ny</i>			0	0	0	0	0	0
Kraftvärme i industrin	2,6	6,4	6,3	5,8	5,3	4,9	4,2	3,8
<i>Biobränslen</i>			5,8	5,4	5,0	4,5	4,1	3,7
<i>Naturgas</i>			0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
<i>Mas- och koksugngaser</i>			0,2	0,2	0,2	0,2	0	0
<i>Olja</i>			0,1	0,04	0,03	0,01	0,01	0,002
Kraftvärme i fjärrvärmesystem	2,4	5,1	12	12	11	11	13	13
<i>Biobränslen</i>			8,5	8,7	8,3	8,1	10	11
<i>Avfall</i>			2,3	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
<i>Naturgas</i>			0,1	0	0	0	0	0
<i>Torv</i>			0	0	0	0	0	0
<i>Kol, inkl. mas- och koksugngaser</i>			0,8	0,6	0,6	0,6	0	0
<i>Olja</i>			0	0	0	0	0	0
Värmekraftverk	0,04	0,02	0	0	0	0	0,2	0,1
Gasturbin	0	0	0	0	0	0	0	0
Solkraft	0	1,0	3,1	4,1	7,4	8,4	9,4	9,4
Nettoproduktion	142	159	191	210	213	229	238	249
Import-export	-1,8	-25	-48	-51	-39	-37	-25	-21
Total tillförsel netto	140	134	143	159	174	192	214	228

Tabell 20 Insatt bränsle för elproduktion i *Känslighetsfall industri*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	2,2	16	17	17	16	16	18	17
<i>Biobränslen, exkl. förnybar del av avfall</i>	2,1	14	16	16	15	14	16	16
<i>Förnybara delen av avfall</i>	0,1	1,9	1,4	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6
Övrigt bränsle	0,3	2,0	1,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Fossila delen av avfall</i>	0,1	1,7	1,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>Torv</i>	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
Oljebränslen	1,8	0,3	0,1	0,1	0,05	0,03	0,02	0,01
Kol, mas- och koksugngas	2,4	1,2	1,4	1,1	1,1	1,1	0	0
<i>Kol</i>	1,5	0,003	0	0	0	0	0	0
<i>Mas- och koksugngaser</i>	0,9	1,2	1,4	1,1	1,1	1,1	0,03	0,02
Natargas	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2
Totalt insatt bränsle	7,1	19	20	20	19	19	20	19

Tabell 21 Fjärrvärmebalans i *Känslighetsfall industri*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Användning								
Total slutlig användning	34	47	53	53	54	54	56	56
<i>Bostäder och service m.m.</i>	31	44	49	50	51	51	52	52
<i>Industri</i>	3,6	3,2	3,3	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1
Distributions- och omvandlingsförluster	6,8	9,1	9,0	9,4	9,5	9,8	10	10
<i>Distributionsförluster</i>	3,8	7,7	7,4	7,5	7,6	7,6	7,8	7,8
Total användning	41	56	62	63	63	64	66	66
Tillförsel								
Biobränslen	5,3	35	40	38	35	37	41	41
<i>Förnybara delen av avfall</i>	2,4	6,2	9,3	8,8	9,0	9,1	9,1	9,2
Övrigt bränsle	5,1	9,6	8,6	8,4	8,3	8,4	8,4	8,5
<i>Torv</i>	2,6	0,2	0,0	0,3	0	0	0	0
<i>Fossila delen av avfall</i>	1,6	5,8	8,6	8,2	8,3	8,4	8,4	8,5
Oljebränslen	4,1	0,4	0,6	0,4	0,2	0,01	0,01	0,01
Kol, mas- och koksugngas	8,2	1,0	1,1	0,9	0,9	0,9	0	0
Natargas	2,0	0,1	0,1	0	0	0	0	0
El till elpannor	6,3	0,4	0,1	0,5	2,5	1,5	0	0
Stora värmepumpar	7,1	4,7	6,2	6,6	7,0	7,3	7,8	7,2
Spillvärme	3,0	4,6	5,3	7,8	9,2	9,2	9,2	9,2
Totalt	41	56	62	63	63	64	66	66

Tabell 22 Energianvändning i industrin fördelat på energislag i *Känslighetsfall industri*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	43	59	56	56	56	55	55	55
<i>Träbränslen</i>	0	20	19	20	21	22	22	23
<i>Avlutar</i>	0	39	36	35	35	34	33	32
Biodrivmedel	0	0	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Kol, koks, mas- och koksugns gas	17	12	14	12	11	11	2,0	1,6
<i>Energikol</i>	7,1	5,5	5,8	5,0	4,9	4,7	1,8	1,4
<i>Koks</i>	7,2	4,9	6,3	5,0	5,0	5,0	0,2	0,2
<i>Mas- och koksugns gas</i>	2,6	1,7	2,0	1,6	1,6	1,6	0,05	0,03
Oljebränslen	21	8,2	7,2	5,5	4,6	3,8	3,3	3,3
<i>Gasol (propan, butan)</i>	4,1	3,4	4,1	3,5	3,1	2,8	2,5	2,6
<i>Eo 1</i>	4,6	1,1	0,5	0,2	0,1	0,02	0,01	0,004
<i>Eo 2–6</i>	12	2,2	1,5	1,0	0,7	0,2	0,2	0,1
Övrigt bränsle	0,1	3,1	6,1	6,0	5,8	5,9	5,9	5,9
Natur- och stadsgas	3,2	4,1	3,8	3,3	2,8	2,6	2,2	2,1
Fjärrvärme	3,6	3,2	3,3	3,3	3,4	3,6	3,9	4,1
El	53	47	50	61	67	76	91	97
Total energianvändning	140	136	140	147	151	159	164	170

Tabell 23 Energianvändning i industrin fördelat på bransch i *Känslighetsfall industri*, TWh.

	1990	2020	2030	2040	2050
Gruvindustri (SNI 05–09)	4	7	6	6	5
Livsmedelsindustri (SNI 10–12)	7	5	5	5	5
Trävaruindustri (SNI 16)	9	7	8	8	8
Massa- och pappersindustri (SNI 17)	62	73	68	67	67
Kemisk industri (SNI 20–21)	9	9	12	12	12
Jord- och stenindustri (SNI 23)	8	5	5	6	6
Stål- och metallverk (SNI 24)	22	20	29	39	49
Verkstadsindustri (SNI 25–30)	12	7	12	12	13
Småindustri och övriga branscher	8	4	3	3	3
Total energianvändning (SNI 05–33)	140	136	147	159	170

Tabell 24 Energianvändning i bostäder och service m.m. i *Känslighetsfall industri*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biobränslen	11	12	12	11	10	8,7	7,7	7,6
Biodrivmedel	0,0	2,7	4,5	6,4	6,0	5,8	5,3	4,9
Oljebränslen	41	10	7,0	4,3	4,0	3,8	3,5	3,2
<i>Dieselolja</i>	7,1	6,6	4,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0
<i>Eo 1</i>	29	1,0	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<i>Eo 2–6</i>	4,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Övriga bränslen	0	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001
Natur- och stadsgas	1,3	1,5	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Fjärrvärme	31	44	49	50	51	51	52	52
El	65	70	73	70	70	72	74	78
Total energianvändning	149	140	146	142	140	141	143	145
Total energianvändning, temperaturkorr.	166	151	146	142	140	141	143	145
<i>Graddagstal</i>	82	81	100	100	100	100	100	100
Graddagstal, 60 %	85	85	100	100	100	100	100	100

Tabell 25 Energianvändning för inrikes transporter i *Känslighetsfall industri*, TWh.

	1990	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Biodrivmedel	0	17	33	36	28	21	16	13
<i>Etanol</i>	0	0,8	2,1	1,3	1,0	0,7	0,5	0,3
<i>FAME</i>	0	3,5	3,6	2,9	2,2	1,6	1,2	1,0
<i>HVO</i>	0	11	24	29	22	16	13	10
<i>Biogas</i>	0	1,3	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7	0,7
<i>Biobensin</i>	0	0,5	1,1	1,0	0,9	0,7	0,4	0,3
<i>LBG</i>	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<i>Flygbränsle förnybart</i>	0	0	0,1	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Oljebränslen	74	59	47	27	23	18	13	11
<i>Bensin</i>	49	21	16	11	10	7,5	5,0	3,1
<i>Diesel</i>	20	36	28	13	10	7,3	5,6	4,7
<i>Eo 1</i>	0,9	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>Eo 2–5</i>	0,7	0,8	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2
<i>Flygbränsle fossilt</i>	3,4	0,7	1,9	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
LNG	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Naturgas	0	0,4	0,03	0	0	0	0	0
Vätgas	0	0	0	0	0	0	0	0
El	2,5	2,9	6,7	12	18	24	29	32
<i>El, järnväg</i>	2,5	2,1	2,9	3,1	3,8	4,1	4,4	4,7
<i>El, fordon</i>	0,0	0,8	3,8	8,6	14	20	24	27
Total energianvändning	77	79	87	75	69	63	59	56

A.4 Målberäkningar

Tabell 26 Förnybar energi, energianvändning och förnybar andel enligt förnybartdirektivets definition år 2020, 2030, 2040 samt 2050 i de olika scenarierna samt i *Referens EU* från Energimyndighetens scenarier 2020, procent och TWh.

	Faktisk 2020	2030	2040	2050
Lägre elektrifiering	60,1 %	75 %	74 %	73 %
<i>Täljaren, förnybar energi</i>	238	334	337	346
<i>Nämnaren, energianvändning</i>	396	445	458	473
<i>Referens EU i Energimyndighetens scenarier från 2020</i>		64 %	69 %	76 %
<i>Täljaren, förnybar energi</i>		266	286	317
<i>Nämnaren, energianvändning</i>		419	413	417
Högre elektrifiering		74 %	77 %	78 %
<i>Täljaren, förnybar energi</i>		333	381	428
<i>Nämnaren, energianvändning</i>		451	498	549
Känslighetsfall industri		76 %	75 %	81 %
<i>Täljaren, förnybar energi</i>		326	325	363
<i>Nämnaren, energianvändning</i>		427	434	446

Tabell 27 Energitillförsel, BNP och energiintensitet för bas- och målår i samtliga scenarier 2030.

	Energitillförsel, TWh	Årlig förändring av BNP, %	BNP ₂₀₂₀ , miljarder kr	Förändring energiintensitet basår–målår, %
Utfall 2005	571		3 879	
2030				
Lägre elektrifiering	512	1,8	5 935	-41,3
<i>Referens EU 2020</i>	490	1,8		-47
Högre elektrifiering	519	1,8	5 935	-40,5
Känslighetsfall industri	494	1,8	5 935	-43,4

Källa: Energimyndigheten och Konjunkturinstitutet.

Bilaga B – Förutsättningar och metod

B.1 Generella förutsättningar

Energimyndighetens scenarier utgår från beslutade energi- och klimatpolitiska styrmedel i Sverige (till och med 30 juni 2022). Detta inkluderar bland annat koldioxid- och energiskatter på fossila bränslen samt elskatt.

B.1.1 Skatter

I Tabell 28 och Tabell 29 återfinns de generella skattesatser som gällde från den 1 januari 2022 och som har utgjort en förutsättning för scenarierna.

Tabell 28 Allmänna miljö- och energiskatter från 1 januari 2022

	Enhet	Energiskatt	CO2-skatt	Svavelskatt	Total skatt	Skatt öre/kWh
Bränslen						
Eldningsolja 1 (<0,05 % svavel)	kr/m ³	921	3 490	-	4 411	44,3
Eldningsolja 5 (0,4 % svavel)	kr/m ³	921	3 490	108	4 519	42,0
Kol (0,5 % svavel)	kr/ton	701	3 037	150	3 888	51,4
Gasol	kr/ton	1 184	3 672	-	4 856	38,1
Naturgas	kr/1000 m ³	1 018	2 613	-	3 631	33,0
Råttolja	kr/m ³	4 411	-	-	4 411	45,0
Torv, 45 % fukthalt (0,24 % svavel)	kr/ton	-	-	40	40	1,4
Drivmedel						
Bensin, miljöklass 1	kr/l	3,78	2,64	-	6,4	71,8
Låginblandad etanol	kr/l	3,78	2,64	-	6,4	110,1
Låginblandad biobensin	kr/l	3,78	2,64	-	6,4	83,5
Höginblandad etanol	kr/l	0	0	-	0,0	
Diesel, miljöklass 1	kr/l	2,11	2,29	-	4,4	44,9
Inblandad FAME	kr/l	2,11	2,29	-	4,4	48,0
Inblandad HVO	kr/l	2,11	2,29	-	4,4	46,6
Ren FAME	kr/l	-	-	-	0,0	
Ren HVO	kr/l	-	-	-	0,0	
Naturgas/metan	kr/m ³	-	2,61	-	2,6	26,6
Gasol	kr/kg	-	3,67	-	3,7	28,8
Elanvändning						
El, norra Sverige	öre/kWh	26,4	-	-	26,4	26,4
El, övriga Sverige	öre/kWh	36,0	-	-	36,0	36,0

El, industriella processer	öre/kWh	0,6	-	-	0,6	0,6
----------------------------	---------	-----	---	---	-----	-----

Anm. Utöver skatterna tillkommer moms med 25 % (avdragsgill för företag och industri). Detta är generella skattesatser. Undantag från skattesatserna finns.

Källa: Skatteverket, Energimyndighetens bearbetning.

Tabell 29 Energi- och miljöskatter för industri, jordbruk, skogsbruk och vattenbruk från 1 januari 2022

	Energiskatt	CO2-skatt	Svavelskatt	Total skatt	Skatt öre/kWh
Bränslen					
Eldningsolja 1	276	3 490	-	3 766	37,9
Eldningsolja 5	276	3 490	108	3 874	36,0
Kol	210	3 037	150	3 397	44,9
Gasol	355	3 672	-	4 027	31,6
Naturgas	305	2 613	-	2 918	26,6
Råtallolja	3 766	-	-	3 766	38,4
Torv, 45 % fukthalt (0,24 % svavel)	-	-	40	40	1,4

Anmärkningar: Industri som omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) betalar sedan den 1 jan 2011 ingen koldioxidskatt.

Källa: Skatteverket, Energimyndighetens bearbetning.

B.1.2 Ekonomisk utveckling

Konjunkturinstitutet har tagit fram ett scenario över den ekonomiska utvecklingen med hjälp av sin ekonomiska jämviktsmodell EMEC. Scenariot sträcker sig till 2050. De ekonomiska förutsättningarna kan ses i Tabell 30.

Tabell 30 Försörjningsbalans och sysselsättning i scenarierna, fasta priser, årlig procentuell förändring.

	2015–2035	2035–2050
BNP	1,76	1,71
Privat konsumtion	1,74	1,67
Offentlig konsumtion	1,01	0,69
Fasta investeringar	2,14	1,89
Export	2,72	2,28
<i>Varuexport</i>	2,71	2,24
Import	2,64	1,95
<i>Varuimport</i>	2,73	2,00
Arbetade timmar	0,55	0,39
Produktivitet (BNP/timmar)	1,20	1,32

Källa: Konjunkturinstitutet, EMEC.

B.1.3 Bränslepriser och pris på utsläppsrätter (EU ETS)

Antagande om prisutvecklingen för utsläppsrätter och bränslepriser kan ses i Tabell 31.

Tabell 31 Antagna priser på utsläppsrätter för koldioxid (CO₂) och världsmarknadspriser på bränslen.

	2020	2030	2040	2050
Utsläppsrätter för CO ₂ , EUR/ton CO ₂ .	24	80	85	160
Naturgas, Euro/MWh	11	41	41	43
Kol, Euro/ton	40	78	83	93
Råolja, Euro/boe	37	88	93	112

Källa: Förutsättningar från EU och Energimyndighetens antaganden.

Prisscenarier för biodrivmedel har också tagits fram, se Tabell 32. För biodrivmedelspriser har dessa tagits fram med råoljepris och reduktionspliktsavgiften som grund, detta har utförts för alla bränslen förutom etanol där vi i stället använt oss av en utvecklingstakt från OECD. Se B.3.5 Prismodell för ytterligare förklaringar av modellen.

Tabell 32 Antagna biodrivmedelspriser, öre per liter (exkl. skatt och moms).

Typ av biodrivmedel	2020	2030	2040	2050	Enhet
HVO	1 252	2 538	2 581	2 742	öre/liter
FAME	1 105	2 328	2 380	2 541	öre/liter
Etanol	829	1 005	1 005	1 005	öre/liter
Biobensin	1 252	2 175	2 374	2 751	öre/liter

Drivmedelspriserna inklusive energi- och koldioxidskatt och moms redovisas Tabell 33. Priserna bygger på ett historiskt samband mellan råoljepriset och fossil bensin och diesel samt de biodrivmedelspriser som antagits ovan. Råoljepriset kommer från de antaganden som erhålls från EU-kommissionen.

Tabell 33 Drivmedelspriser, öre per liter (inkl. skatt och moms).

Drivmedel	2020	2030	2040	2050	Enhet
Bensin, 95 okt, MK1	1 598	2 780	2 984	3 344	öre/liter
Diesel, MK1, pumppris	1 464	3 263	3 396	3 695	öre/liter
Fossilt bensinpris	494	916	958	1 117	öre/liter
Fossilt dieselpris	517	947	989	1 151	öre/liter

B.1.4 Elpris

Elpriser tas fram i två steg. Först tas preliminära elpriser fram i modellen Times-Nordic utifrån de förutsättningar som gäller för scenarioarbetet. De

preliminära elpriserna används sedan för att bedöma användarsektorernas energianvändning.

De slutliga elpriserna tas sedan fram genom att Times-Nordic optimerar energisystemet samt elproduktionen och som ett resultat fås elpriser för respektive år och scenario.

Elpriset ska ses som ett systempris för Sverige och redovisas som ett årsmedelvärde. Elpriser i respektive scenario kan ses i Tabell 34.

Tabell 34 Svenskt systempris för 2020 och 2021 (SE3) samt 2030, 2040 och 2050 i de olika fallen, årsgenomsnitt, kr/MWh.

	2020	2021	2030	2040	2050
<i>Faktiskt pris</i>	221	672			
<i>Lägre Elektrifiering</i>			432	493	523
<i>Känslighetsfall industri</i>			419	429	521
<i>Högre Elektrifiering</i>			496	530	587

Källa: Nord Pool för 2020 och 2021 och övriga år Times-Nordic.

B.1.5 Statistikunderlag

Scenarierna utgår i första hand från årlig officiell statistik. Denna kompletteras vid behov av kortperiodisk statistik. Den kortperiodiska statistiken omfattar huvudsakligen kvartalsvis bränslestatistik och månadsvis bränsle- och elstatistik från energileverantörerna. Den årliga statistiken utgörs främst av årliga energibalanser och årlig användarstatistik. Trots att statistiken som används i scenarierna i huvudsak är densamma som i andra statistikpublikationer, till exempel Energimyndighetens rapport Energiläget eller Energimyndighetens kortsiktsprognoser, kan det finnas mindre skillnader i både bas- och scenarioår. Detta beror på att definitioner av olika energibärare och energiändamål i viss mån skiljer sig åt mellan publikationerna samt att olika metoder används för scenarier och prognoser.

B.2 El- och fjärrvärmeproduktion

Här redovisas de viktigaste övergripande antaganden som används i Energimyndighetens scenarier över Sveriges energisystem 2023. De utgör input till energisystemmodellen Times-Nordic.

För att modellera el- och fjärrvärmeproduktion utifrån antagna förutsättningar har modellberäkningar genomförts i energisystemmodellen Times-Nordic⁷⁸. Viktigt att notera att detta är en energisystemsmodell som inte bara fokuserar på el- och fjärrvärmeproduktion.

Energimyndigheten kommer att analysera scenariot *Högre elektrifiering* vidare i uppdraget Analysera utvecklingsvägar för befintlig och ny elproduktion⁷⁹ som ska rapporteras till regeringen i juni 2023. I den analysen kommer flera möjliga utvecklingsvägar av olika elproduktionsmixar att undersökas.

B.2.1 Elproduktion

Modellverktyget Times-Nordic omfattar en lång rad av olika tekniker för elproduktion, såväl befintliga tekniker som nya tekniker som kan väljas i modellen genom att investeringar sker om det blir lönsamt. De enskilda teknikerna beskrivs med ett antal prestanda- och kostnadsparametrar såsom investeringskostnader, drift- och underhållskostnader, livslängd, verkningsgrader, bränslekostnader (styrs av bränsleval och verkningsgrad), tillgänglighet med mera.

Dataunderlaget är till viss del hämtat från publikt material som den återkommande publikationen El från nya anläggningar⁸⁰ men med uppdateringar baserat på egna antaganden. Även andra publika källor som exempelvis World Energy Outlook samt Energy Technology Perspectives från IEA⁸¹ används samt antaganden och bedömningar av Profu, Energimyndigheten och branschorganisationer. Utöver kostnads- och teknikrelaterade data kopplas de olika teknikerna i förekommande fall till potentialbegränsningar till följd av exempelvis begränsningar i utbyggnadstakt, kommersialiseringsgrad samt politiskt satta mål och begränsningar.

För resultatet är det viktigt att poängtera att elsystemet under de närmaste 20–30 åren genomgår en omfattande förändring som gör utfallet osäkert. Runt 100 TWh elproduktion når sin ekonomiska livslängd samtidigt som vi ser en potentiellt stor förändring av elanvändning både med avseende på hur el används och hur mycket el som kommer att användas i

⁷⁸ Profu, Analys med Times-Nordic. <http://www.profu.se/times.htm>. (hämtad 2023-03-02).

⁷⁹ Regeringen, Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Statens energimyndighet, <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?rbid=22914> (hämtad 23-01-18).

⁸⁰ El från nya anläggningar, Energiforsk, 2021:714, 2021.

⁸¹ IEA, World Energy Outlook 2022. –<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022> (hämtad 2023-03-02) samt IEA, Energy Technology Perspectives 2020. – <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020> (hämtad 2023-03-02).

framtiden. Samtidigt finns en stor potential av vindkraft och solkraft samt en möjlighet till både drifttidsförlängning och nybyggnation av kärnkraft. Det finns därmed ett stort utfallsrum och möjliga scenarier beroende på vilka antaganden som görs kring detta. Det bör också påpekas att det svenska elsystemet är starkt beroende av utvecklingen i omvärlden exempelvis elanvändningen i Nordeuropa, utvecklingen av de internationella bränsle- och utsläppspriserna, överföringskapacitet etc.

Vattenkraft

För svensk vattenkraft utgår bedömningen från en normalårsproduktion på cirka 67 TWh vilket motsvarar medelvärdet av de senaste 20 årens vattenkraftsproduktion. Vidare antas en ökad tillrinning till följd av klimatförändringar som bedöms ge en ökad elproduktion på 2 TWh och baseras på bedömningar av KLIVA-projektets beräkningar för RCP4,5-scenariot.⁸² Vattenkraftens miljöanpassning med nya miljövillkor⁸³ antas minska produktionen med 1,5 TWh⁸⁴. Sammantaget innebär detta att elproduktionen från vattenkraft ökar med 0,5 TWh under modellperioden.

För Norges del antas en normalårsproduktion på 135 TWh. Till detta läggs ett antagande om ökad tillrinning på 12 TWh under modellperioden vilket återigen baseras på bedömningar utförda inom KLIVA-projektet för RCP4,5-scenariot. I tillägg till detta finns en potential för nyinvesteringar i norsk vattenkraft som uppgår till drygt 10 TWh till 2035, förutsatt att modellen finner dessa investeringar lönsamma.

Kärnkraft

Sex reaktorer är i drift i Sverige (R3-4, F1-3 och O3) från start. Den bedömda livslängden för dessa reaktorer antas vara 60 år från driftstart. Det innebär att befintlig kärnkraft tas ur drift mellan 2040 och 2045 vilket kan ses i Tabell 35. Därefter antar vi att det finns möjlighet till ytterligare drifttidsförlängning från 60 år till 80 års drifttid för tre av reaktorerna. I modellbeskrivningen modelleras de befintliga sex reaktorerna som separata enheter. Utnyttjningstiden för de befintliga svenska kärnkraftverken antas ligga på typiskt 85–90 procent under scenarioperioden.

⁸² För mer information om KLIVA, se <https://energiforsk.se/program/klimatforandringarnas-inverkan-pa-vattenkraften/>.

⁸³ Havs- och vattenmyndigheten, Regeringens beslut och prövningsgrupper. <https://www.havochvatten.se/vattenkraft-och-arbete-i-vatten/vattenkraftverk-och-dammar/nationell-plan-for-omprovning-av-vattenkraft/nationell-plan-for-omprovning-av-vattenkraft.html> (hämtad 2023-03-02).

⁸⁴ Ett nationellt riktvärde på 1,5 TWh har angetts i den Nationella planen och motsvarar vad som, på nationell nivå, kan anses vara betydande negativ påverkan på kraftproduktionen. Havs- och vattenmyndigheten, Frågor och svar om den nationella planen. <https://www.havochvatten.se/vattenkraft-och-arbete-i-vatten/vattenkraftverk-och-dammar/nationell-plan-for-omprovning-av-vattenkraft/nationell-plan-for-omprovning-av-vattenkraft/fragor-och-svar-om-den-nationella-planen/15-twh-som-riktvarde-och-planeringsmal/2020-06-15-nar-och-hur-ska-riktvardet-15-twh-anvandas.html> (hämtad 2023-03-02).

Tabell 35 Installerad effekt för de befintliga svenska kärnkraftverken utan livstidsförlängning, GW.

Modellår	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Tillgänglig effekt	7,7	6,9	6,9	6,9	2,6	0

Förutom drifttidsförlängningar i tre reaktorer bedöms också investeringar i helt nya reaktorer vara möjliga i samtliga scenarier. Investeringen görs om det blir lönsamt i energisystemmodellen. Potentialen för nyinvesteringar i modellen motsvarar en ny reaktor tidigast 2035, ytterligare en reaktor tidigast 2040 och ytterligare två reaktorer tidigast 2045, det vill säga totalt fyra nya reaktorer. Därmed är antalet möjliga reaktorer i drift begränsade till sju, 4 nya reaktorer och tre drifttidsförlängningar till 2050. Antagande om maximalt fyra nya reaktorer under scenarioperioden är gjorda för att reflektera flaskhalsar i form av kompetens och resurser för byggandet av reaktorerna samt långa planeringshorisonter. Nya reaktorer antas ha en genomsnittlig effekt på 1,2 GW och alltså är potentialen för kärnkraft i dessa scenarier i Sverige drygt 8,5 GW omkring 2050 (4,8 GW i nya reaktorer och 3,7 GW i drifttidsförlängningar)⁸⁵.

Uppskattade kostnader för ny kärnkraft återfinns i Tabell 36. Med valda antaganden för kalkylränta, drifttid, byggtid, underhållskostnader och tillgänglighet m.m. blir den totala produktionskostnaden för ny kärnkraft omkring 55 öre/kWh (exklusive eventuella produktionskatter). Produktionskatten består endast av en relativt liten del (som finansierar det framtida slutförvaret, omkring 40 SEK/MWh el). Drifttidsförlängningar antas kosta mellan omkring 7 000–10 000 SEK/kW el⁸⁶.

Tabell 36 Antagna kostnader för ny kärnkraft.

Investeringskostnad (SEK/kW el)	Fast D&U ⁸⁷ (SEK/kW el)	Rörlig D&U och bränslekostnad (SEK/MWh el)	Livslängd (år)
50 000	750	100	50

Det är i modellen också möjligt att bygga ny kärnkraft i Finland, Polen och i de tre baltiska staterna om det är lönsamt. Potentialerna för nya investeringar i dessa länder är dock begränsade och i exempelvis Finland och Polen antas att maximalt 4,8 GW ny kärnkraft kan byggas ut till 2050.

⁸⁵ I sammanhanget är den totala kapacitetspotentialen (4,8 GW) mer relevant än den installerade kapaciteten per reaktor. I praktiken skulle andra effektkombinationer vara möjliga.

⁸⁶ Baserat på uppgifter i Quist, *Modellering av svensk elförsörjning - Teknisk underlagsrapport*, 2020.

⁸⁷ D&U står för Drift- och underhållskostnader.

Utgångspunkten i beräkningsantagandena för ny kärnkraft är större reaktorer av typ GenIII+. Men det ska inte tolkas som att småskaliga reaktorer (SMR) väljs bort utan att det snarare saknas dataunderlag för att i Times-Nordic göra en distinktion mellan SMR-tekniken och konventionell storskalig kärnkraft. I scenarierna antas helt enkelt att den maximalt tillåtna kapaciteten för nyinvesteringar i kärnkraft uppgår till 4,8 GW och att kostnaden för denna ligger omkring 55 öre/kWh. Man kan tolka detta som antingen fyra konventionella reaktorer på 1 200 MW, 3 konventionella reaktorer på 1 600 MW eller ett större antal småskaliga reaktorer alternativt en mix av SMR och konventionella reaktorer. Det senare kräver dock en regeländring eftersom antalet då förväntas uppgå till fler än 10 totalt. Det viktiga är att potentialen för ny kärnkraft är begränsad till 4,8 GW och till en kostnad på cirka 55 öre/kWh och inte vilken typ av reaktorer det rör sig om.

Biobränslebaserad elproduktion

Ny biobränslebaserad kraftproduktion kan i modellen ske i en lång rad olika tekniker och olika storleksutföranden omfattande bland annat konventionella kraftvärmeverk, IGCC-anläggningar (Integrated Gasification Combined Cycles), BECCS (biobränsle i kombination med koldioxidavskiljning), sodapannor (med och utan förgasning), biogasmotorer samt samförbränningsanläggningar som kan sameldas med torv och kol. De huvudsakliga begränsningarna för biobränslebaserad kraft relateras till bränsleresurser och bränslepriser samt fjärrvärmeunderlag (även kondensproduktion ingår i modellen men är generellt avsevärt dyrare än kraftvärmeproduktion). Typiska data för ett konventionellt biobränslekraftvärmeverk återfinns i Tabell 37. Med rökgaskondensering, vilket förutsätts för dessa anläggningar, landar totalverkningsgraden på omkring 105–110 procent räknat på det undre värmevärdet.

Tabell 37 Typiska data för ett konventionellt biobränslekraftvärmeverk med rökgaskondensering i tre storleksutföranden.

	Investering (SEK/kW el)	Fast D&U (SEK/kW el)	Rörlig D&U (SEK/MWh el)	Verknings grad (%)	Alfavärde ⁸⁸	Livslängd (år)
Stort verk (ca 80 MW el)	25 500	380	80	30–32 (el)	0,38–0,41	30
Mellanstort verk (ca 30 MW el)	34 500	580	85	28–30 (el)	0,35–0,39	30
Litet verk (ca 10 MW el)	45 000	920	85	25–27 (el)	0,32–0,34	30

Anm: Parametrarna verkningsgrad och alfavärde antas utvecklas över tid.

För biobränslebaserade tekniker antas generellt ingen reduktion av investeringskostnaderna över tiden till följd av teknisk utveckling, med undantag för IGCC-anläggningar.

⁸⁸ Alfavärdet är förhållandet mellan el och värmeproduktion i ett kraftvärmeverk.

Som nämnts omfattar modellbeskrivningen även koldioxidavskiljning i samband med biobränsleförbränning i kraftvärmeverk (denna möjlighet är begränsad till att endast omfatta anläggningar i fjärrvärmesektorn). Mer om detta i avsnitt B.2.3 Carbon Capture and Storage (CCS).

Vidare ingår även avfallsbaserad kraft- och värmeproduktion. Trots höga investeringskostnader är detta generellt ett lönsamt alternativ tack vare de negativa bränslekostnaderna (till följd av mottagningsavgifterna).

I modellbeskrivningen för Danmark och länderna utanför Norden är beskrivningen av biobränslemarknaden samt el- och fjärrvärmeproduktion baserad på biobränsle beskriven med en lägre detaljeringsgrad än i framför allt Sverige och Finland. I Norge antas potentialen för biobränslebaserad el- och fjärrvärmeproduktion vara relativt begränsad på grund av det begränsade fjärrvärmeunderlaget. Vi antar i beräkningarna att biobränsle kan användas i sameldning i såväl existerande moderna som nya stenkolskraftverk med en maximal inblandning på mellan 10–20 procent räknat i energienheter.

Gaskraft

Vi antar att endast ett större gaskraftvärme finns kvar i drift i Sverige, nämligen Ryaverket i Göteborg på knappt 0,3 GW. Ny gaskraft kan byggas ut i Sverige (och i övriga inkluderade länder) genom nyinvesteringar om modellen finner dessa lönsamma. Typiska indata för gasbaserad kraft- och kraftvärmeproduktion presenteras i Tabell 38 nedan. Verkningsgraden utvecklas över tid.

Tabell 38 Typiska data för gasbaserad kraft- och kraftvärmeproduktion

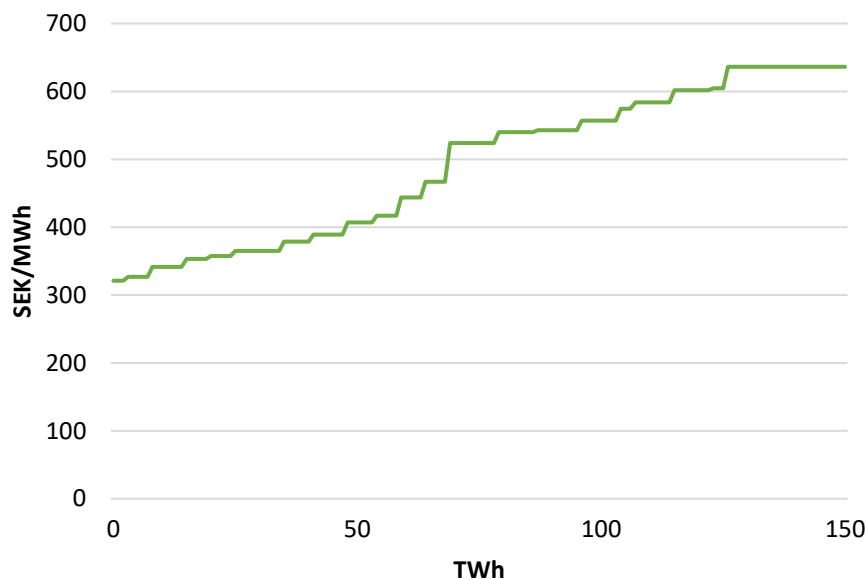
	Investering (SEK/kW el)	Fast D&U (SEK/kW el)	Rörlig D&U (SEK/MWh el)	Verknings- grad (%)	Alfa- värde	Livs- längd (år)
Kondenskraft	7 000	40	15	55–62	-	30
Kraftvärme, stor	9 500	70	20	45–50 (el)	1,1	30
Kraftvärme, liten	12 500	120	25	45–50(el)	1	30

Vindkraft

Det finns ett antal pågående utbyggnadsprojekt för vindkraft som kommer att färdigställas under de närmaste åren. I modellen kommer dessa byggas ut exogent och 2025 kommer det att finnas cirka 50 TWh vindkraft. Utöver dessa 50 TWh ingår 12 olika landbaserade klasser respektive 9 olika havsbaserade klasser i Sverige i modellen.

Omkring 70 TWh landbaserad och 60 TWh havsbaserad vindkraft antas vara tillgänglig för utbyggnad (se Figur 38) utöver de drygt 50 TWh som antas vara på plats 2025 (till dess kan modellen välja att bygga ytterligare kapacitet om det är lönsamt). Den totala potentialen för vindkraft i modellbeskrivningen uppgår därmed till 180 TWh. Antaganden för ny

vindkraft i Sverige bygger på data i modellen samt en uppdaterad kostnads- och potentialrevision inför detta arbete.



Figur 38 Produktionskostnad för ny vindkraft i Sverige, givet 25 års livslängd och 6 procent kalkylränta (real).

Anm: För havsbaserad vindkraft reduceras kostnaderna något jämfört med det som visas här då vi antar att anslutningen till land subventioneras.

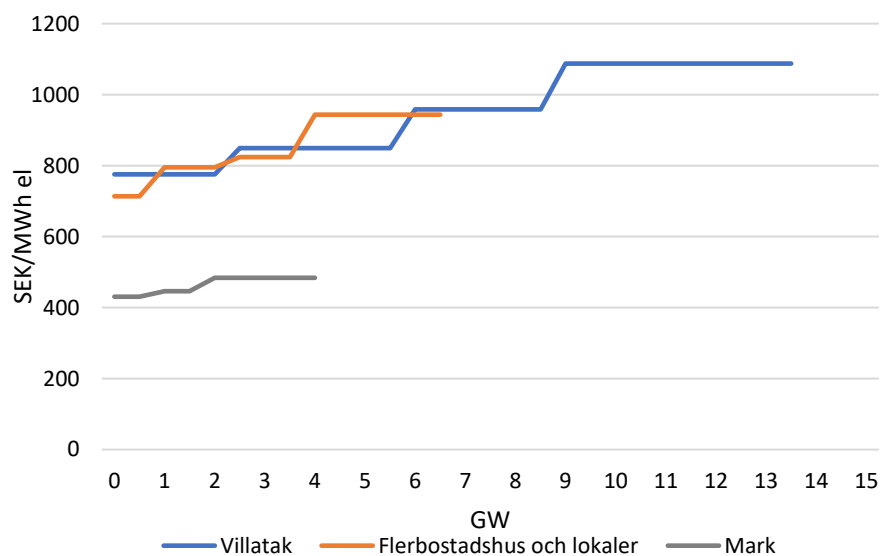
I modellen tillkommer vissa element av de så kallade systemintegrationskostnaderna (exempelvis avseende reservkapacitet och viss nätutbyggnad), i synnerhet vid mycket stora volymer av vindkraft. Dessutom tar modellen viss hänsyn till att intjäningsförmågan förändras till det sämre när andelen vindkraft når en viss gräns (ju mer vindkraft i systemet desto mer reduceras det elpris som vindkraftverken erhåller).

De omkring 50 TWh vindkraft som finns 2025 kan ersättas med nya turbiner när de befintliga turbinerna är uttjänta på grund av ålder. Detta sker alltså för en relativt stor del av den befintliga parken vid slutet av modellperioden. De nya turbinerna antas ha en högre utnyttjningstid än de gamla samt att det går att återutnyttja en del av infrastrukturen på plats såsom vägar, anslutning till elnät med mera. Till följd av detta antas investeringskostnaden för sådana utbytesprojekt utgöra cirka 80 procent av motsvarande investeringskostnad för en anläggning som byggs på en helt ny plats.

Vindkraft i länder utanför Sverige beskrivs på liknande sätt i Times-Nordic, det vill säga med ett antal olika kostnadsklasser med olika potential. Generellt är dock detaljeringsgraden lägre än i beskrivningen för ny vindkraft i Sverige.

Solkraft

På samma sätt som för vindkraft beskrivs investeringar i ny solexel med ett relativt stort antal kostnadsklasser. Underlaget bygger på en studie som Profu utförde åt Energimyndigheten under 2018.⁸⁹ Därefter har vissa uppdateringar gjorts bland annat avseende kostnader. De olika kostnadsklasserna täcker in solexel på tak (villor, flerbostadshus och lokaler) samt friliggande solexelparker på mark, se Figur 39. För solexel på marken antas en mindre del av potentialen vara samlokaliserad med vindkraft eller annan verksamhet där man kan dra fördel av befintlig infrastruktur. I övrigt antas potentialen för solcellsanläggningar på mark vara i det närmaste obegränsad.



Figur 39 Produktionskostnader och potential för solexel i Sverige på villatak, flerbostadshus och lokaler och på mark.

Anm: Samtliga investeringar beräknas utifrån en livslängd på 30 år och en kalkylränta på 6 % realt.

I modellbeskrivningen har kombinationen solexel och batterier utelämnats. En batterilösning skulle medföra en jämnare produktion (solcell plus batteri) över dygnet och därigenom en högre andel egenförbrukning. Generellt är dock modellbeskrivningen tidsmässigt något för trubbig (inom ett år) för att fullt ut inkludera de olika aspekterna på solexelproduktion i kombination med batterilager.

I modellberäkningarna antas nuvarande skatterabatt på 60 öre/kWh erhållas för såld el för takapplikationer. I skrivande stund är inget sagt om detta stöd kommer att finnas kvar eller hur länge. I detta arbete antas att denna skatterabatt finns kvar under hela scenarioperioden, det vill säga

⁸⁹ Profu, *Teknisk-ekonomisk kostnadsbedömning av solceller i Sverige*, studie på uppdrag av Energimyndigheten, 2018.

fram till 2050. Vid egenförbrukning slipper man också betala elskatt och rörlig elnätsavgift.

B.2.2 Elhandel med grannländer

Elhandeln mellan de ingående länderna begränsas initialt av existerande överföringskapaciteter. Från och med modellår 2030 antas att den planerade förstärkningen mellan Tyskland och Sverige, Hansa Powerbridge på 700 MW, är på plats. Om det är ekonomiskt lönsamt så finns det även i modellverktyget en möjlighet att ytterligare förstärka överföringsförbindelserna genom nya investeringar.⁹⁰ I modellen finns dessutom ett antagande om en rimlig övre utbyggnadstakt för ny överföringskapacitet om den blir lönsam i beräkningarna. Elhandeln mellan länderna inom Norden och mellan de nordiska länderna och Tyskland/Polen/Baltikum är med andra ord ett modellresultat.

I modellen ingår för Norge import- och exportmöjlighet med Storbritannien och Nederländerna med idag befintliga överföringskapaciteter. Elsystemen i Storbritannien och Nederländerna ingår inte i modellen och elpriset i dessa länder är exogena antaganden. I modellen ingår också en importmöjlighet från Ryssland in till Finland som tidigare uppgick till cirka 5 TWh. Som följd av Rysslands krig mot Ukraina och därav införda sanktioner har denna importmöjlighet tagits bort för framtida modellår.

Den kortsiktiga balanshandeln mellan länderna omfattas inte av modellbeskrivningen eftersom tidsindelningen inom ett kalenderår är för trubbig. Modellen använder sig av 12 tidssteg eller perioder inom ett modellår och det är följaktligen elprisskillnaderna mellan de olika länderna för dessa 12 perioder som driver import/export och utbyggnad av överföringskapaciteten. I modellbeskrivningen används inte hela den existerande överföringskapaciteten utan omkring 10 procent reserveras för den kortsiktiga balanshandeln, vilken med andra ord inte inkluderas i modellen. Tillgängligheten till den återstående kapaciteten antas också vara något begränsad på grund av eventuella driftavbrott och svagheter i respektive lands elnät. En maximal utnyttjningsgrad antas därför på omkring 75 procent till och från kontinenten och cirka 85 procent mellan de nordiska länderna, vilket delvis är baserat på statistik.

Övriga länder

I Times-Nordic ingår (utöver Sverige) Norge, Danmark, Finland, Tyskland, Polen, Estland, Lettland och Litauen enligt Figur 40. För dessa länder beskrivs el- och fjärrvärmeförsörjningen men det ingår inte en beskrivning av hela energisystemet som i Sverige. Av resursmässiga skäl

⁹⁰ För ny överföringskapacitet mellan länderna i modellen antas en investeringskostnad (omräknad till öre/kWh) på omkring 5–10 öre/kWh överförd el beroende på vilka länder som knyts samman. I denna kostnadsuppskattning ingår även ett antagande om att de nationella stamnäten inom respektive land måste förstärkas något.

är detaljrikedomen i modellverktyget lägre i de övriga länderna jämfört med den svenska beskrivningen.

De stöd för förnybart som finns i andra länder är generellt beskrivna som produktionsmål. I Tyskland och Polen antas att andelen förnybar elproduktion växer till följd av sådana produktionsmål, till cirka 80 procent av bruttoelförbrukningen i Tyskland till 2030 (i enlighet med den tyska regeringens mål) respektive drygt 30 procent i Polen fram till 2030 och minst 40 procent fram till 2040.⁹¹ I dessa bägge länder ingår därmed ingen explicit beskrivning av stödsystemen.



Figur 40 Länder i norra Europa som ingår i Times-Nordic (i mörkare färg).

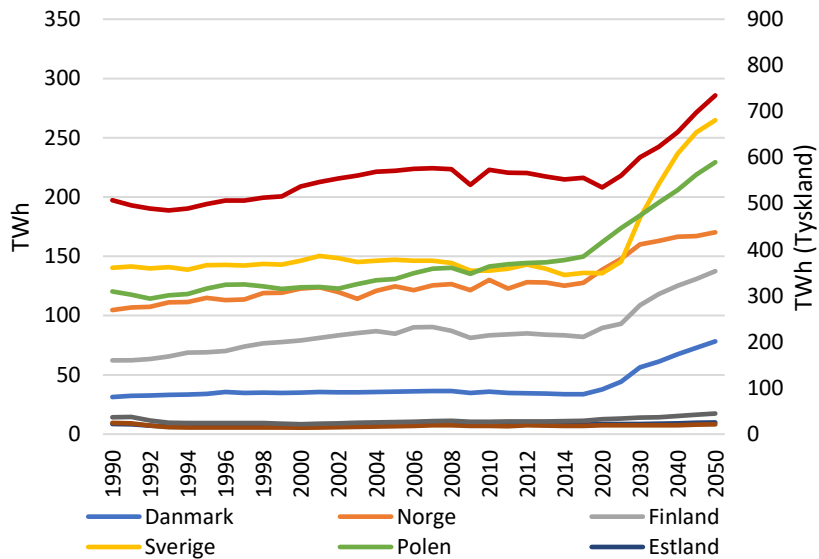
I modellen är de ingående länderna inte ytterligare uppdelade i underregioner eller prisområden för el utan varje land utgör ett unikt elprisområde. Det gör också att exempelvis Sverige behandlas som ett elprisområde och inte, som i verkligheten, fyra olika elprisområden.

De antagna bränslepriserna (förutom vissa transmissions- och distributionspåslag samt kostnadsfördelar beroende på skalfördelar) och vissa centrala teknikdata (kostnader och prestanda) är gemensamma för samtliga i modellen beskrivna länder. Tillgång på vind, sol och biomassa är exempel på parametrar som antas skilja sig mellan länderna.

Vilka förutsättningar som antas för de övriga länderna i modellen har stor påverkan på den gemensamma elmarknaden och därmed även på utvecklingen i Sverige. Vilka mål och ambitioner som finns för till exempel förnybart i grannländerna är en sådan faktor och utvecklingen av

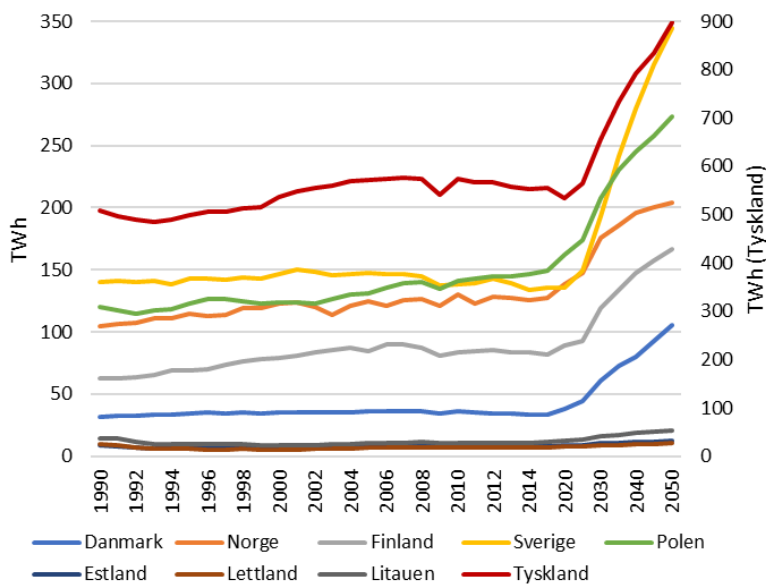
⁹¹ För Tyskland baseras detta antagande på den tyska regeringens reviderade energipolitiska mål från 2022, se <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/energiwende-beschleunigen-2040310>, och för Polen på den polska regeringens ”Energy Policy of Poland until 2040 (EPP2040)”, se <https://www.gov.pl/web/climate/energy-policy-of-poland-until-2040-epp2040>.

elbehovet utgör en annan. Den antagna elanvändningen (brutto) för respektive land presenteras i Figur 41 för *Lägre elektrifiering* och Figur 42 för *Högre elektrifiering*. Underlaget bygger på ENTSO-E (2022) ”National Trends”, samt egna antaganden.



Figur 41 Elanvändning (brutto) i de inkluderade länderna, *Lägre elektrifiering*, TWh.

Anm: Elanvändningen är delvis ett modellresultat för de nordiska länderna medan den för övriga länder utgör indata.



Figur 42 Elanvändning (brutto) i de inkluderade länderna, *Högre elektrifiering*, TWh.

Anm: Elanvändningen är delvis ett modellresultat för de nordiska länderna medan den för övriga länder utgör indata.

B.2.3 Carbon Capture and Storage (CCS)

Avskiljning och deponering av koldioxid finns med som en möjlighet för att minska utsläppen från vissa fossila kraftslag i samtliga modellerade länder. Av praktiska och modelltekniska skäl antas CCS endast vara tillgänglig i nya anläggningar (alternativet kan utgöras av en ny konventionell anläggning utan CCS). För CCS-anläggningar antas en avskiljningsgrad på 90 procent samt en minskning i elverkningsgrad med typiskt 10 procentenheter jämfört med en konventionell anläggning. Kostnadsantagandena rörande CCS bygger i allt väsentligt på IPCC (2005), IEA (2004) och ENCAP-projektet (2008) samt egna bedömningar⁹². Typiska CCS-kostnader uppgår till omkring 40–60 EUR/ton CO₂ beroende på teknik och bränsle (kol och naturgas).

I modellbeskrivningen ingår även möjligheten till avskiljning av biogena utsläpp (BECCS) från biobränsleeldad kraftvärme i Sverige. Det inkluderar kraftvärmeverk baserade på biobränslen och avfall (där den biogena andelen räknas in) i fjärrvärmenäten samt biobränsleeldade mottrycksanläggningar inom skogsindustrin. Kostnaden för BECCS-anläggningar antas vara klart högre än för konventionella anläggningar och kräver därför antingen ett riktat stöd eller en efterfrågan på negativa utsläpp för att bli lönsamma i modellberäkningarna.⁹³ Eftersom negativa utsläpp idag inte omfattas av EU ETS har det definierats som en exogent given efterfrågan på negativa utsläpp över tid i modellen. Efterfrågan på negativa utsläpp är skattade med utgångspunkt från de pågående projekten eller från konkreta planer på sådana projekt i Sverige och antas från svenska anläggningar uppgår till knappt 5 Mton CO₂ per år till 2040.⁹⁴

Lagringspotentialen för avskild CO₂ (fossil respektive biogen) antas vara i det närmaste oändlig för de modellerade länderna. Det råder dock tämligen stora osäkerheter beträffande kostnader och potentialer för CCS i samband med kraftproduktion. Detta eftersom det helt enkelt saknas kommersiell erfarenhet även om det pågår försöksverksamhet i såväl Sverige som Norge. Med tanke på detta är antaganden relativt konservativa.

B.2.4 Fjärrvärme

Fjärrvärme kan produceras i kraftvärmeverk, hetvattenpannor (bränsle eller el) och värmepumpar. Även industriell spillvärme och solvärme

⁹² IPCC, *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*, Cambridge University Press, ISBN-13 978-0-521-86643-9, 2005. IEA, *Prospects for CO₂ Capture and Storage*, ISBN 92-64-10881-5, 2004.

⁹³ Kostnadsuppskattningarna för BECCS är delvis tagna från den Klimatpolitiska vägvalsutredningen, SOU 2020:4, *Vägen till en klimatpositiv framtid*, 2020. Den anger ett kostnadsspann på 650–1100 SEK/t inklusive transport och lagring av avskild CO₂.

⁹⁴ Denna skattning bygger på ett dataunderlag kring pågående projekt och aviserade planer som sammanställts av Sköldberg H. med flera, *Bio-CCS i fjärrvärmesektorn – Syntes*. Energiforsk rapport 2022:842, 2022.

antas (inom vissa begränsningar) vara tillgängligt för fjärrvärmeförsel. I tidigare avsnitt redogörs för några viktiga antaganden för kraftvärme. I Tabell 39 presenteras nyckeldata för två typiska hetvattenpannor, en fastbränsleeldad och en gaseldad (bränslekostnader och styrmedel är bränslespecifika och tillkommer i modellen men redovisas inte i tabellen).

Tabell 39 Typiska produktionskostnader för fjärrvärme i värmeverk (hetvattenpannor).

	Investering (SEK/kW värme)	Fast D&U (SEK/kW värme)	Rörlig D&U (SEK/MWh värme)	Verknings- grad (%)	Livslängd (år)
Naturgas	4 000	25	15	90	30
Biobränsle, torv eller stenkol	8 000	100	20	90–95	30

Industriell spillvärme

Den maximala antagna potentialen för högtempererad spillvärme från industri i modellen redovisas i Tabell 40 där spillvärmepotential från förnybar drivmedelsproduktion särredovisas. För vissa av modellens industrigrenar har en koppling mellan spillvärmemängd och aktivitetsnivån inom industrigrenen gjorts. För andra styrs tillgången i modellen av en separat tillförsel utan koppling till modellens industriaktivitet. Kostnaden för att använda den industriella spillvärmerna är låg i modellen och avser inte att representera ett marknadspris utan i stället kostnaden för att ta tillvara värmen.

Tabell 40 Potential för industriell spillvärme, TWh.

Modellår	2020	2030	2040	2050
Industriell spillvärme	5	5,2	5,4	5,6
Industriell spillvärme – förnybar drivmedels- produktion	0	2,2	3,5	3,5

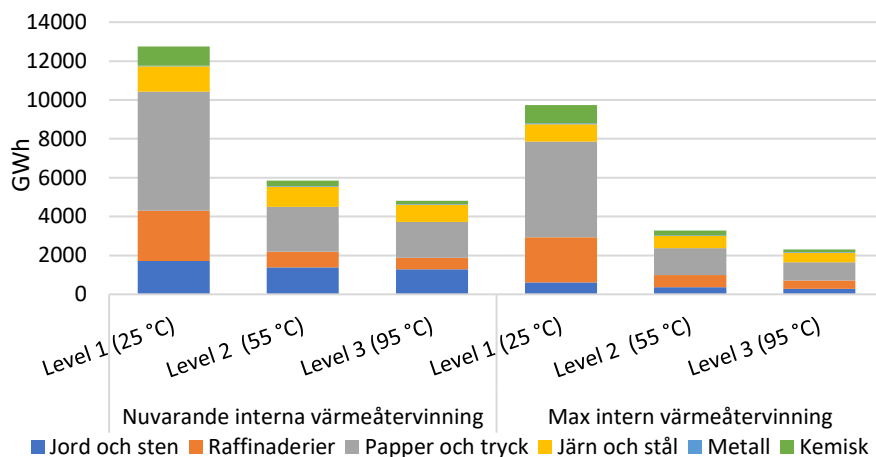
Potentialen baseras för den ”konventionella” spillvärmerna på tidigare modellutvecklingsarbete. Inom ramen för ett tidigare uppdrag⁹⁵ kopplat till EU:s energieffektiviseringsdirektiv, gjordes en översyn av den använda potentialen baserat på EU-projektet Seenergies⁹⁶. Inom detta projekt har spillvärmepotential från totalt 1 842 industrier i EU28 sammanställts baserat på år 2015. För Sverige ingår 84 industrier. Spillvärmepotentialer är kvantifierade för tre nivåer för kyltemperatur och för olika grad av intern värmeåtervinning inom industrin – dagens nivå av

⁹⁵ Energimyndigheten, *Heltäckande bedömning av potentialen för uppvärmning och kylning*. Underlag för rapportering enligt art. 14.1 i energieffektiviseringsdirektivet (2012/27/EU), ER 2020:34, 2020.

⁹⁶ Se <https://www.seenergies.eu/>.

intern värmeåtervinning respektive maximal grad av intern värmeåtervinning.

I Figur 43 redovisas de spillvärmepotentialer som har beräknats för Sverige inom Seenergies-projektet. Med antagande om en viss sänkning av den generella temperaturen i fjärrvärmesystem, en ökande grad av intern värmeåtervinning inom industrin, samt en ökad industriproduktion under den modellerade perioden bedömdes potentialnivån i Times-Nordic vara väl avvägd gentemot Seenergies-projektets uppgifter.



Figur 43 Industriell spillvärmepotential i Sverige för olika temperaturnivåer och grad av intern värmeåtervinning enligt projektet Seenergies (baserat på 2015).

Spillvärme till värmepumpar i fjärrvärmeproduktion

Lågtempererad spillvärme kan växlas upp med hjälp av värmepumpar i fjärrvärmeproduktionen. Värmekällorna utgörs i modellen av värme från omgivande vatten (sjöar etc.), industriell spillvärme med låg temperatur, datacenter, reningsverk och ”övrigt”. Värmepumpsteknikerna skiljer sig i modellen åt bland annat genom olika COP-värden⁹⁷ (på grund av olika temperaturer för värmekällan).

Potentialer för lågtempererad spillvärme från vattenrening och datacenter är i modellen enligt följande:

- Vattenrening: 3,8 TWh⁹⁸
- Datacenter: 1,3 TWh⁹⁹

⁹⁷ COP (coefficient of performance) är en verkningsgrad som beskriver hur många kW värmepumpen ger per förbrukad kW.

⁹⁸ Persson, U., *Accessible urban waste heat, Reuseheat*, Deliverable 1.4. Tillgänglig på <https://www.reuseheat.eu/wp-content/uploads/2019/02/D1.4-Accessible-urban-waste-heat.pdf>.

⁹⁹ Baserat på Sweco, Reuseheat samt bedömningar av Profu.

Potentialer avser tillgänglig värme innan uppgradering i värmepump, anges på årsbasis och antas vara jämnt ”fördelad” över året. I bedömningen av potentialen ingår framför allt närhet till fjärrvärmesystem med möjliga avsättningsmöjligheter och tekniska aspekter som andel av energianvändning som kan återvinnas.

B.2.5 Fjärrkyla

Efterfrågan på kyla i modellen utgörs till största delen av en efterfrågan på komfortkyla i lokaler och kan tillgodoses antingen av fjärrkyla eller av kylmaskiner (kompressor) i byggnaden (individuell kyla).

Tabell 41 visar antagna kostnader och verkningsgrader för kompressor- respektive absorptionskyla. Användning av frikyla är i modellen förknippat med låga kostnader men begränsas så att andelen produktion från detta alternativ är likartad med dagens situation även för framtida år. När det gäller det fjärde alternativet för fjärrkyla, värmepumpar i fjärrvärmeproduktionen, kan detta i princip betraktas som fri kyla om värmepumpen har byggts av värmeproduktionskäl. I modellens optimering kommer emellertid båda produkterna (fjärrvärme och fjärrkyla) bidra till teknikens kostnadseffektivitet och konkurrenskraft.

Tabell 41 Data för kompressorkyla och absorptionskyla i modell (fjärrkyla).

	Investering (SEK/kW kyla)	Fast D&U (SEK/kW kyla)	Verkningsgrad	Livslängd (år)
Kompressorkyla	4 000	160	5,1–5,5 (COP)	20
Absorptionskyla	4 500	180	0,8–0,85 (från FV)	25

Efterfrågan på kyla för framtida år har för lokaler gjorts utifrån antaganden kring förändring av lokalbeståndet (total area), förändring av andelen kyld area i lokaler, och förändring av kylbehov per kyld area. Den sistnämnda parametern antas bland annat bero av ett varmare klimat. Ökande marknadsandel för fjärrkyla är i modellen kopplad till en ökande distributionskostnad, för att simulera att områden med lägre kyladensitet (en glesare efterfrågan på kyla) då behöver exploateras. Litteraturunderlaget för denna bedömning har varit begränsad och här finns således osäkerheter. En översikt av antagna indata kopplat till fjärrkyladistribution ges i Tabell 42.

Tabell 42 Data för fjärrkyladistribution.

	Investering (SEK/kW kyla)	Fast D&U (SEK/kW kyla)	Rörlig kostnad (SEK/MWh kyla)	Verknings- grad (%)	Livslängd (år)
Fjärrkylanät	8 000	300	0–75	0,92	50

B.2.6 Övrigt

Livslängderna för olika tekniker skiljer sig åt, och det gäller också om det är befintliga tekniker eller om det rör sig om nyinvesteringar. Typiska tekniska livslängder för ny el- och fjärrvärmeproduktion är 30 år. För ny kärnkraft och vattenkraft antas längre livslängder än så, typiskt 50 år. För småskaliga och användarnära tekniker antar vi kortare tekniska livslängder, till exempel 20 år för bergvärmepumpar och pellets pannor. För infrastruktur som elnät och fjärrvärmenät antar vi däremot klart längre livslängder. Kalkylräntorna ligger inom 3–10 procent beroende på inom vilken sektor investeringen görs. För investeringar i nätinfrastuktur förutsätts en ränta i den nedre delen av det intervallet medan investeringar i exempelvis effektiviseringsåtgärder inom byggnader förutsätter en kalkylränta i den övre delen av intervallet. För el- och fjärrvärmeproduktion antas en real kalkylränta på 6 procent. Detsamma gäller investeringar inom industrin.

Modellens tidshorisont sträcker sig till 2050 i steg om fem år. Fram till 2020 beskrivs det befintliga systemet. Modellen utgår från normalår med avseende på tillrinning i vattenmagasin och temperatur fram till 2050. Modellår delas in i 12 perioder, fyra årstider och dag/eftermiddag/natt per årstid när det gäller efterfrågan på och tillförsel av el och fjärrvärme. För varje period beräknar modellen en unik marginalkostnad. För andra energibärare som exempelvis fossila bränslen och biobränslen antas ingen säsongsuppdelning i prisbild (eller efterfrågan och utbud) inom ett modellår. Däremot ändras priserna generellt över modellåren vilket redovisas i B.1.3 Bränslepriser och pris på utsläppsrätter (EU ETS).

B.3 Transportsektorn

B.3.1 Transportsektorn och scenarier

Transportsektorn innefattar fyra trafikslag; vägtrafik, bantrafik, sjöfart (inrikes och utrikes) och luftfart (inrikes och utrikes). Energimyndigheten tar fram scenarier för alla dessa trafikslag. Arbetsmaskiner, som i vissa fall tangerar transportsektorn, antas ingå i bostad- och servicesektorn samt industrisektorn då det är där deras faktiska energianvändning uppstår.

Lägre elektrifiering

Scenariot *Lägre elektrifiering* innebär en lägre elektrifieringstakt inom transportsektorn, detta påverkar främst vägtrafiken där energianvändningen inom inrikes transporter är som störst. En lägre elektrifieringstakt innebär en långsammare introduktion av laddbara fordon (laddhybrider och helelektriska fordon) inom vägtrafiken. För transportsektorn innebär scenariot *Lägre elektrifiering* att de nu beslutade CO₂-kraven^{100,101} ligger i scenarierna tillsammans med en lägre elektrifieringsgrad av fordonsflottan jämfört med scenariot *Högre elektrifiering*.

Högre elektrifiering

Scenariot *Högre elektrifiering* innebär en kraftigare elektrifieringstakt inom transportsektorn, detta påverkar främst vägtrafiken där energianvändningen inom inrikes transporter är som störst. En kraftigare elektrifieringstakt innebär en snabbare introduktion av laddbara fordon (laddhybrider och helelektriska fordon) inom vägtrafiken (samt infrastruktur kopplat till detta) vilket ökar elbehovet och minskar efterfrågan på flytande- och gasformiga drivmedel. Scenarierna baseras till stor del på att Europeiska unionens (EU:s) överenskommelse 2022¹⁰² om skärpta krav kring koldioxidutsläpp (CO₂-krav) för lätta fordon uppfylls. Dessa krav ställs på fordonstillverkarna och påverkar vilka fordon de kan sätta på EU:s marknad. I takt med att dessa krav blir hårdare kommer fordonstillverkarna behöva säkerställa att de säljer en viss mängd nollutsläppsfordon till EU-marknaden. I *Högre elektrifiering* uppskattas också högre CO₂-krav för tunga fordon än dagens krav (utsläppskrav på cirka -45 procent till 2030 jämfört med 2019).

¹⁰⁰ EUROPAPARLAMENTET OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2019/631 av den 17 april 2019 om fastställande av normer för koldioxidutsläpp för nya personbilar och för nya lätta nyttofordon och om upphävande av förordningarna (EG) nr 443/2009 och (EU) nr 510/2011.

¹⁰¹ EUROPAPARLAMENTET OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2019/1242 av den 20 juni 2019 om fastställande av normer för koldioxidutsläpp från nya tunga fordon och om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 595/2009 och (EU) 2018/956 och rådets direktiv 96/53/EG.

¹⁰² Europeiska rådet, Infografik – 55 %-paketet: skärpta EU-regler för utsläpp från personbilar och lätta lastbilar. <https://www.consilium.europa.eu/sv/infographics/fit-for-55-emissions-cars-and-vans/> (hämtad 2023-02-27).

Energimyndigheten har i scenarierna utnyttjat två olika vägfordonsflottor vilket beskrivs vidare under Vägtrafik nedan.

B.3.2 Beräkningsmodell

Energimyndighetens scenarioräkningmodell för transportsektorn är utformad som en bottom-up-modell med inslag av top-down.

Detta innebär att varje trafikslag och fordonsslag beräknas var för sig och aggregeras sedan till den totala efterfrågade energianvändningen inom transportsektorn för ett givet scenario-år. Således är modellen en efterfrågebaserad modell där transporter efterfrågas som behöver förses med energi för att kunna genomföras och denna energi fördelar sig mellan olika energislag baserat på antaganden.

Top-down-inslaget kommer ifrån att bottom-up-modellen ej kan beskriva all den energianvändning som Energimyndighetens årliga energibalanser redovisar för transportsektorn och i dessa fall (för bensin och diesel) justeras bottom-up-modelleringen upp för att möta den energianvändning som statistiken redovisar. Denna justering genomförs för vägtrafiken och sker genom en justeringsfaktor som motsvarar förhållandet mellan energistatistikens energianvändning och bottom-up-modellens modellerade energianvändning för vägtrafiken, denna justeringsfaktor hålls sedan konstant för scenarioåren.

Nedan beskrivs varje trafikslag var för sig och de antaganden och indatakällor som används för respektive trafikslag.

Vägtrafik

Vägtrafiken är det trafikslag som använder störst mängd energi inom transportsektorn. I Energimyndighetens scenariomodell delas vägtrafiken in i fem fordonsslag: personbil, motorcykel, buss, lätt lastbil och tung lastbil. Energibalansens fördelning av energianvändning till vägtrafiken och dess fördelning mellan energislag används som grund för modelleringen.

Personbil

Inom vägtrafiken står personbilstrafiken för den största energianvändningen. Personbilarnas energianvändning beskrivs av hur personbilsflottan är fördelad på olika bränsletekniker, deras genomsnittliga årliga körsträckor samt en förbrukningsfaktor per sträcka. De bränsletekniker som återfinns i modellen är följande: bensin, diesel, laddhybrid¹⁰³, el, etanol (E85) och fordonsgas.

Modelleringen för personbilarna erhålls med hjälp av indata om personbilsflottans utformning via Trafikverket och deras modelleringar

¹⁰³ Laddhybrider drivs delvis på el och delvis på ett konventionellt bränsle, merparten av laddhybriderna i Sverige drivs med bensin som sitt andra bränsle.

inom HBEFA-modellen¹⁰⁴, genomsnittliga körsträckor för de olika bränsleteknikerna som baseras på Trafikanalys statistik *Körsträckor* samt förbrukning (energienhet/sträcka) från HBEFA-modellen. I ett första steg skrivs det totala trafikarbetet fram för personbilstrafiken med hjälp av utvecklingen av BNP och körkostnad¹⁰⁵ över scenarioåren. Detta totala trafikarbete fördelas sedan ned till genomsnittliga körsträckor för de olika bränsleteknikerna.

Effektivisering av fordonsflottan över scenarioåren erhålls indirekt via de förbrukningssiffror som levereras via Trafikverket.

Energimyndigheten använder två olika personbilsflottor baserat på olika antaganden om styrmedel på EU-nivå samt via Trafikanalys senaste korttidsprognos för fordonsflottan¹⁰⁶. Dessa olika personbilsflottor innebär i princip två olika elektrifieringstakter. Fallet med lägst elektrifiering motsvarar den fordonsflotta som rapporterades i uppdaterat referens EU-scenario till Naturvårdsverkets klimatredovisning mars 2022¹⁰⁷. Fallet med högst elektrifieringstakt motsvarar en framskrivning av Trafikanalys senaste korttidsprognos från 2025 med 100 procent nollutsläppsfordon i nybilsförsäljningen 2030, kombinerat med de senaste styrmedelförändringar fram till sommaren 2022.

Ytterligare viktiga antaganden för personbilsflottan är tankningsgraden för fordonsgas och för E85 (det vill säga till vilken andel dessa fordon drivs med E85/fordonsgas och till vilken andel de drivs på bensin) samt hur stor del av laddhybridernas körsträcka som genomförs med eldrift. Tankningsgraden för fordonsgas och E85 hålls konstant över scenarioåren från 2020 och laddhybridernas elkörsträcka antas vara 50 procent.

Inblandningsnivåerna av biodrivmedel i bensin och diesel är beroende av vilka reduktionsnivåer som är beslutade inom reduktionsplikten, detta beskrivs vidare i avsnitt Reduktionsplikten.

Motorcykel

Motorcyklar står för en ytterst liten andel av vägtrafikens energianvändning. Motorcyklarnas energianvändning beskrivs i beräkningsmodellen med hjälp av storleken på motorcykelflottan, genomsnittliga körsträckor samt förbrukningssiffror för motorcyklar. De bränsletekniker som finns inom detta segment är bensin och el. Liksom för personbilar erhålls effektiviseringstakten via förbrukningssiffrorna för motorcyklar via HBEFA-modellen.

¹⁰⁴ HBEFA – Handbook of emission factors for road transport.

¹⁰⁵ Körkostnaden i modellen är en sammanvägd körkostnad som baseras på bensinprisprognos, dieselprisprognos och elprisprognos samt fördelningen mellan bensin, diesel och laddbara fordon.

¹⁰⁶ Trafikanalys, *Korttidsprognoser för vägfordonsflottan 2022–2025*, 2022.

¹⁰⁷ Naturvårdsverket, *Naturvårdsverkets underlag till klimatredovisning enligt klimatlagen – Redovisning av regeringsuppdrag*, 2022.

Buss

Bussarnas energianvändning beskrivs av bussflottans fördelning per bränsleteknik (HBEFA), genomsnittliga körsträckor för bussar fördelat per bränsleteknik och förbrukningen för bussarna. Det totala trafikarbetet för bussarna skrivs fram med befolkningsutvecklingen och fördelas sedan ned till de olika bränsleteknikerna. De bränsletekniker som finns för bussarna i modellen är diesel (samt FAME, HVO) el, och fordonsgas. I Energimyndighetens beräkningsmodell finns endast en kategori för bussar och således ingen differentiering mellan stadsbussar och landsvägsbussar.

För fördelningen av tankningsgrad gällande diesel/FAME/HVO genomförs antaganden baserat på historik och att denna fördelning består över scenarioåren. Likaså gäller för fordonsgasen. Dessa antaganden är dock behäftade med osäkerheter då bussar ej differentieras i registrering av dieselbussar och många kan således både framdrivas på diesel, FAME och HVO.

För bussflottan återfinns två olika flottor: fallet med lägre elektrifieringstakt motsvarar den bussflotta som presenterades i det uppdaterade Referens EU-scenariot i klimatredovisningen i mars 2022, fallet med högre elektrifiering är ett nytt scenario med aviserade styrmedel som inkluderar att hårdare utsläppskrav för tunga fordon träder i kraft på EU-nivå.

Lätt lastbil

Lätta lastbilar omfattar lastbilar med en tjänstevikt om <3,5 ton. För lätta lastbilar beskrivs energianvändning med hjälp av fördelningen mellan bränsletekniker, genomsnittliga körsträckor för lätta lastbilar (ej bränsletekniksdifferentierad) och förbrukningen för olika bränsletekniker. Det totala trafikarbetet skrivs fram med hjälp av BNP-utvecklingen. För lätta lastbilar finns bränsleteknikerna bensin, diesel, el, laddhybrid, fordonsgas och etanol (E85). Lätta lastbilsflottans framtida utformning och förbrukningssiffror erhålls från HBEFA-modellen.

Likt för bussar krävs antaganden om tankningsgrader, i detta fall för fordonsgas och etanol, här antas den historiska tankningsgraden vara konstant över scenarioåren. Laddhybridens elkörsträcka antas utgöra 50 procent.

För lätta lastbilsflottan återfinns två elektrifieringstakter: *Lägre elektrifiering* utgår från det uppdaterade Referens EU-scenariot från Naturvårdsverkets klimatredovisning i mars 2022, fallet *Högre elektrifiering* utgår ifrån Trafikanalys korttidsprognos för lätta lastbilar till 2025 som sedan är framskrivet till 100 procent nollutsläppsfordon 2030.

Tunga lastbil

Tunga lastbilar omfattar lastbilar med en tjänstevikt om >3,5 ton. För tunga lastbilar beskrivs energianvändningen av tunga lastbilsflottans fördelning på bränsletekniker, de genomsnittliga årliga körsträckorna för fordonen (ej differentierad för bränsleteknik) och förbrukningssiffror för olika bränsletekniker. För tunga lastbilar finns följande bränsletekniker; diesel (samt FAME, HVO), el och fordonsgas.

Det totala trafikarbetet skrivs fram med hjälp av BNP-utvecklingen och fördelas sedan ned på fordonsflottan.

Antaganden krävs främst för tankningsgraden av diesel/FAME/HVO, här antas den tankningsgrad som förekommer vid basåret vara konstant över scenarioåren.

Tunga lastbilar hanteras endast i ett segment vilket motsvarar lastbilar över 3,5 ton, och det finns således ingen ytterligare differentiering inom detta segment (3,5–16 ton, 16–26 ton och över 26 ton förekommer i vissa andra sammanhang). Vidare omfattar modellen heller ingen ”beläggingsgrad”, det vill säga hur välfylld lastbilen är och hur detta påverkar energianvändningen.

För tunga lastbilstrafiken återfinns två elektrifieringstakter: *Lägre elektrifiering* enligt uppdaterat Referens EU-scenario från Naturvårdsverkets klimatredovisning i mars 2022 och *Högre elektrifiering* med aviserade åtgärder vilket innebär hårdare utsläppskrav för tunga fordon.

Bantrafik

Bantrafiken står för den näst största energianvändningen inom inrikes transporter och är i stort sett elektrifierad i dagsläget, dock kvarstår mindre energimängder diesel inom bantrafiken. Diesel som används inom bantrafiken ingår inte i reduktionsplikten och inblandning av biodrivmedel ”tvingas” således inte in i sektorn på samma sätt som inom vägtrafiken. Dock förekommer viss användning av biodrivmedel ändå. I modellen beskrivs bantrafikens energianvändning av persontransporter och godstransporter vilka beskrivs med hjälp av transportarbetet (personkm/tonkm).

Persontransporter

Persontrafiken inom bantrafik innefattar järnväg, spårväg och tunnelbana. I modellen skrivs dessa och dess energianvändning fram baserat på persontransportarbetet (beroende av BNP-utvecklingen) och förbrukning (energiförbrukning/personkm). Effektiviseringstakt hämtas från IEA.

Antagande genomförs för fördelningen av diesel och el inom persontransporterna. Vidare finns möjlighet till inblandning av biodiesel i diesel och det förekommer idag till viss del – det finns däremot inget styrmedel som tvingar in biodiesel liksom reduktionsplikten gör för bensin och diesel inom vägtrafiken.

Godstransporter

Godstrafiken inom bantrafik innefattar endast järnväg. I modellen beräknas energianvändningen baserat på godstransportarbetet (beroende av export- och importutvecklingen) och förbrukning (energiförbrukning/godskm). Samma effektiviseringstakt som för persontransporter används.

Även för godstrafiken krävs antagande om fördelning av diesel och el inom godstransporterna och det finns även möjlighet till inblandning av biodiesel i dieseln.

Sjöfart

Sjöfartens energianvändning fördelas mellan inrikes och utrikes sjöfart där utrikes står för den största energianvändningen. Sjöfarten går även att dela upp mellan person- och godstransporter men i beräkningsmodellen beskrivs utvecklingen enbart med hjälp av godstransportutvecklingen inom inrikes respektive utrikes sjöfart. För fördelning av sjöfartens framtida energianvändning mellan olika energislag utgår Energimyndigheten från en konsultstudie framtagen av IVL¹⁰⁸. Inom sjöfarten förekommer följande bränslen; diesel, el, bensin, FAME, HVO, LNG, LBG, Eo 1 och Eo 2–6.

Inrikes sjöfart

För inrikes sjöfart beräknas energianvändningen med hjälp av godstransportutvecklingen (skrivs fram med hjälp av statistik över export- och importutveckling från Trafikanalys och ekonomisk utveckling via Konjunkturinstitutets prognos) och förbrukningssiffra (energiförbrukning/godskm baserad på statistik från Energimyndigheten och Trafikanalys), och en årlig effektiviseringstakt appliceras (hämtas via IEA).

Utrikes sjöfart

För utrikes sjöfart beräknas energianvändningen med hjälp av godstransportutvecklingen (skrivs fram med hjälp av export- och importutveckling) och förbrukningssiffra (energiförbrukning/godskm) och en årlig effektiviseringstakt appliceras.

Luftfart

Luftfartens energianvändning fördelas liksom sjöfarten mellan inrikes och utrikes energianvändning. De energislag som finns för luftfarten är fossilt

¹⁰⁸ IVL Svenska miljöinstitutet, *Studie på sjöfartsområdet – Styrmedel och scenarier för sjöfartens omställning*, nr U 6584, 2022.

flygbränsle och förnybart flygbränsle (biojet). Både inrikes och utrikes luftfart antas påverkas av flygskatten och EU ETS-priserna vilket genererar minskat antal passagerare.

Inrikes luftfart

Inrikes luftfarts energianvändning beskrivs av antalet passagerare (som baseras på Trafikverkets prognos vilken sträcker sig till 2065) och förbrukning (energiförbrukning/passagerare) samt en årlig effektivisering.

Utrikes luftfart

Utrikes luftfarts energianvändning beskrivs av antalet passagerare (som baseras på BNP-utvecklingen) och förbrukning (energiförbrukning/passagerare baserat på statistik från Energimyndigheten och Trafikanalys) samt en årlig effektivisering (via ICAO).

B.3.3 Styrmedel

I detta avsnitt beskrivs de styrmedel som kvantifieras i scenarierna som påverkar transportsektorns energiefterfrågan.

Energi- och koldioxidskatt

De allmänna energi- och koldioxidskatterna påverkar den ekonomiska utvecklingen och drivmedelspriserna. För scenarioåren appliceras den årliga BNP-uppräknings på energiskatten vilket innebär att energiskatten räknas upp med två procent årligen. Skatten på drivmedel innefattar både energiskatt och koldioxidskatt. Drivmedelsskatten påverkar således kostnaden vid pump för konsument och därmed efterfrågan på transporter. För rena- och höginblandade flytande biodrivmedel erhålls idag skattebefrielse, denna skattebefrielse kräver statsstödsgodkännande från EU-kommissionen och i dagsläget är denna skattebefrielse godkänt till och med 31 december 2026¹⁰⁹, detta beslut fattades dock alltför sent för att kunna tas med i de scenarier som tagits fram i detta arbete. Skattebefrielsen påverkar efterfrågan på rena- och höginblandade flytande biodrivmedel. I juni 2020 erhöll Sverige statsstödsgodkännande för skattebefrielse för biogas som används till motordrift i tio år framåt.

Reduktionsplikten

Reduktionsplikten ställer krav på svenska drivmedelsaktörer att årligen minska livscykelutsläppen från den bensin, diesel och flygfotogen som sätts på den svenska marknaden jämfört med dess helt fossila motsvarighet. Detta görs genom reduktionsnivåer som ökar årligen till 2030. I praktiken innebär detta att drivmedelsleverantörerna behöver blanda in biodrivmedel i bensin, diesel och flygfotogen för att klara reduktionsplikten och undvika att betala reduktionspliktsavgiften¹¹⁰.

¹⁰⁹ Regeringskansliet, Skattebefrielse för rena och höginblandade biodrivmedel till och med 2026. <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/12/skattebefrielse-for-rena-och-hoginblandade-biodrivmedel-till-och-med-2026/> (hämtad 2023-02-27).

¹¹⁰ För bensin är reduktionspliktsavgiften 5 kronor per kg CO₂, för diesel är avgiften 4 kronor per kg CO₂ och för flygfotogen 6 kronor per kg CO₂.

Reduktionsplikten ställer krav på livscykelutsläpp hos biodrivmedel som blandas in i konventionella bränslen, detta innebär att en viss utsläppsreduktion kan uppfyllas med olika mängder biodrivmedel baserat på hur god utsläppsreduktionspotential biodrivmedlet i fråga har. Reduktionsplikten har beslutade reduktionsnivåer till 2030, i alla Energimyndighetens scenarier antas att reduktionsplikten uppfylls. Vidare antas att reduktionsnivåerna 2030 kvarstår till 2050. En pausad reduktionsplikt för 2023 är beslutad och finns med i scenarierna. Det pågår diskussioner om reduktionspliktens framtid men ingen analys över en eventuell förändrad reduktionsplikt har gjorts inom detta scenarioarbete.

Reduktionsplikten påverkar således inblandningen av etanol och biobensin i bensin, inblandningen av FAME och HVO i diesel samt inblandningen av förnybart flygbränsle i flygfotogen. Energimyndigheten utgår i scenarioarbetet från 2021 års växthusgasprestanda hos de biodrivmedel som blandas in i bensin, diesel och flygfotogen. Inhämtat från tillsynsarbetet för reduktionspliktslagen¹¹¹. Beslutade reduktionsnivåer återfinns i Tabell 43 och växthusgasprestanda hos biodrivmedel i Tabell 44.

Reduktionsplikten har påverkan på de flytande drivmedel som används inom transportsektorn men påverkar även de flytande drivmedel som används av arbetsmaskiner inom bostads- och servicesektorn samt industrisektorn.

Tabell 43. Reduktionsnivåer för bensin, diesel och flygfotogen 2020–2030, procent.

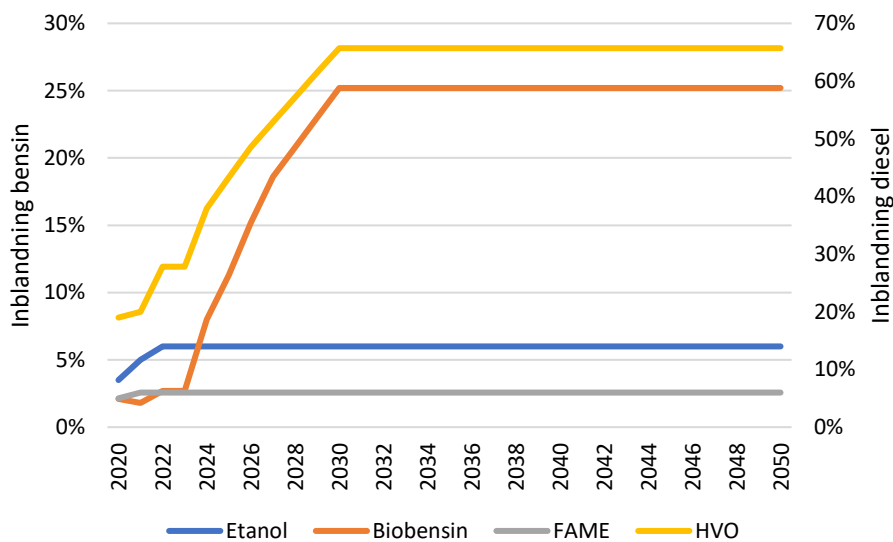
Reduktionsnivåer	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bensin	4,2	6,0	7,8	7,8	12,6	15,5	19,0	22,1	24,1	26,0	28,0
Diesel	21,0	26,0	30,5	30,5	40,0	45,0	50,0	54,0	58,0	62,1	66,0
Flygfotogen		0,8	1,7	2,6	3,5	4,5	7,2	10,8	15,3	20,7	27,0

Tabell 44 Växthusgasprestanda för olika drivmedel

Växthusgasprestanda (gCO ₂ e/MJ)	2021
Fossil bensin	93,3
Fossil diesel	95,1
Etanol	9,94
Biobensin	9,45
FAME	22,92
HVO	6,16
Förnybart flygbränsle	7,45

¹¹¹ Svenska drivmedelsleverantörer rapporterar årligen in uppgifter om växthusgasprestanda och mängder biodrivmedel och drivmedel till Energimyndigheten enligt hållbarhetslagen, drivmedelslagen och reduktionspliktslagen.

Ovan beskrivna reduktionsnivåer och växthusgasprestanda hos biodrivmedel leder till att följande inblandningsnivåer (Figur 44) krävs för uppfyllande av reduktionsplikten. I scenarierna antas att de separata reduktionsnivåerna för bensin och diesel kvarstår. I Figur 44 nedan redovisas inblandningsnivåerna (energi procent) i bensin (etanol och biobensin) och i diesel (FAME och HVO).



Figur 44. Inblandningsnivåer i bensin och diesel, 2020–2050, energiprocent.

Bonus-malus systemet

Bonus-malus systemet¹¹² är ett system som påverkar nybilsförsäljningen av lätta fordon (personbilar och lätta lastbilar) där fordon med genomsnittsutsläpp över ett gränsvärde erhåller en malus i form av en förhöjd fordonsskatt under de tre första åren och fordon med genomsnittsutsläpp under ett gränsvärde erhåller en bonus i form av en sänkt fordonsskatt. Detta styrmedel påverkar fördelningen inom nybilsförsäljningen inom olika bränsletekniker. Påverkan från detta styrmedel erhålls i scenarierna indirekt via Trafikverkets underlag om fordonsflottan framtida utveckling. Detta styrmedel är numera förändrat genom att bonusen tagits bort men den förändring genomfördes efter att dessa scenarier tagits fram, det vill säga i de scenarier som presenteras här ingår bonusen.

Utsläppskrav på lätta och tunga fordon

Fordonstillverkare som levererar fordon till EU:s fordonsmarknad behöver uppfylla krav på maximala utsläpp för nya fordon vilka är beslutade på EU-nivå. Detta är det styrmedel som har störst påverkan på hur den europeiska och i förlängningen den svenska fordonsmarknaden

¹¹² Proposition 2021/22:91, Skärpt miljöstyrning i bonus-malus-systemet.

ser ut. Utsläppskraven ställs på nya fordon som tillverkarna sätter på EU:s marknad, och har krav som behöver uppfyllas för 2025 och 2030 för lätta¹¹³ respektive tunga¹¹⁴ fordon. Kraven kan uppfyllas på olika sätt; antingen genom att effektivisera fordon med konventionella motorer eller att öka försäljningen av laddbara fordon. Påverkan från detta styrmedel erhålls via Trafikverkets underlag om fordonsflottans utveckling. De nu beslutade utsläppskraven är för personbilar 15 procent till 2025 och 37,5 procent till 2030 (jämfört med 2021) och för lätta lastbilar 15 procent till 2025 och 31 procent till 2030 (jämfört med 2021). För tunga lastbilar är kravet 15 procent till 2025 och 30 procent till 2030 (jämfört med EU-genomsnittet under perioden 1 juli 2019–30 juni 2020). Dessa krav ingår i scenariot *Lägre elektrifiering*. Scenariot *Högre elektrifiering* baseras till stor del på att Europeiska unionens (EU:s) överenskommelse 2022¹¹⁵ om skärpta krav kring koldioxidutsläpp (CO₂-krav) för lätta fordon uppfylls. I *Högre elektrifiering* uppskattas också högre CO₂-krav för tunga fordon än dagens krav (utsläppskrav på cirka -45 procent till 2030 jämfört med 2019).

B.3.4 Avgränsningar och osäkerheter

Arbetsmaskiner

Arbetsmaskiner ingår rent definitionsmässigt inte i transportsektorn. Arbetsmaskiner förekommer inom industrisektorn samt bostads- och servicesektorn (som till exempel i skogsbruket, jordbruket, bygg- och anläggningssektorn samt fiskenäringen) och använder samma drivmedel som används inom transportsektorn. Arbetsmaskinernas energianvändning och effektivisering/elektrifiering hanteras i modellerna för industri respektive bostäder & service men omnämns här då de påverkas av de antaganden som görs inom reduktionsplikten och hur inblandningsnivåerna antas utvecklas över scenarioåren. För arbetsmaskinerna antas samma reduktionsnivåer (och inblandningsnivåer) som antas inom transportsektorn.

Effektivisering

Effektiviseringstakter för framtiden är svåra att uppskatta och erhålls från olika källor för olika trafikslag; för vägtrafiken erhålls den från Trafikverket via HBEFA-modellen, för bantrafik och sjöfart erhålls den från IEA:s prognoser och för luftfart erhålls effektiviseringstakten från ICAO.

¹¹³ EUROPAPARLAMENTET OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2019/631 av den 17 april 2019 om fastställande av normer för koldioxidutsläpp för nya personbilar och för nya lätta nyttofordon och om upphävande av förordningarna (EG) nr 443/2009 och (EU) nr 510/2011.

¹¹⁴ EUROPAPARLAMENTET OCH RÅDETS FÖRORDNING (EU) 2019/1242 av den 20 juni 2019 om fastställande av normer för koldioxidutsläpp från nya tunga fordon och om ändring av Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 595/2009 och (EU) 2018/956 och rådets direktiv 96/53/EG.

¹¹⁵ Europeiska rådet, Infografik – 55 %-paketet: skärpta EU-regler för utsläpp från personbilar och lätta lastbilar. <https://www.consilium.europa.eu/sv/infographics/fit-for-55-emissions-cars-and-vans/> (hämtad 2023-02-27).

Överflyttningseffekter

Med överflyttningseffekter avses överflyttning från ett trafikslag eller fordonsslag till ett annat. Exempelvis skulle detta kunna vara överflyttning av godstransporter från tunga lastbilar till bantrafik eller sjöfart. Sådana effekter har modellen ej möjlighet att kvantifiera då varje trafik- och fordonsslags utveckling skrivs fram separat över scenarioåren.

Energiinfrastruktur

I scenarierna görs avgränsningen att tillräcklig infrastruktur för att tillhandahålla den energi som efterfrågas av de olika trafikslagen finns på plats. Detta innebär både att det antas finnas tillräcklig publik- och icke-publik laddinfrastruktur för att tillhandahålla den elenergi som efterfrågas från laddbara fordon inom vägtrafiken och även att det finns tankstationer för de energislag som efterfrågas.

Tillgång på biodrivmedel

I scenarierna antas likaså att de mängder biodrivmedel som efterfrågas, både som en konsekvens av inblandning via reduktionsplikten och genom användning av rena biodrivmedel, finns tillgängliga på marknaden. Tillgången på biodrivmedel beror dock på vilka råvaror som används och hur efterfrågade dessa är. Reduktionsplikt i övriga Europa kan driva upp priser och även minska tillgången på biodrivmedel. Detta är något som modellen inte tar i beaktning.

Tillgång på fordon

I scenarierna antas tillgången på fordon matcha efterfrågan. Det innebär att tillgängligheten av komponenter till olika fordon inte är en ingående parameter i modellen. Tillgången på exempelvis kobolt, nickel och litium som är mineraler med stor påverkan på elfordonsmarknaden är inte ingående parametrar i modellen. Ekonomiska aspekter av en brist på vissa komponenter skulle kunna påverka prisutvecklingen på elfordonsmarknaden men detta är dock som sagt inte ingående parametrar i scenarierna.

Ekonomitankning

Ekonomitankning innebär att transportköpare väljer att förvärva drivmedel i andra länder än Sverige men att transporterna ändå genomförs i Sverige. Detta skulle kunna ske i de fall att drivmedelspriserna i angränsande länder till Sverige är avsevärt lägre och således finns det möjlighet att exempelvis tunga lastbilstransporter i sådana fall väljer att tanka i grannland men själva bränsleanvändningen sker på svenskt territorium. Detta kvantifieras ej i scenarierna men det skulle i praktiken kunna innebära att utleveranser av drivmedel från drivmedelsstationer på svenskt territorium i minskar vilket skulle påvisa att svensk drivmedelsanvändning minskar medan det i praktiken kan vara så att drivmedelsmängder från grannländer i stället ökar i Sverige.

Omvärldsfaktorer – Covid-19, kriget i Ukraina etc.

Modellen har byggts med utgångspunkt i tidigare samband mellan ekonomisk utveckling, bränsle-, fordons- och energianvändning. Vid exogena händelser såsom covid-19 och invasionen av Ukraina tappar modellen i träffsäkerhet. Ett exempel på en osäkerhet som uppkommit den senaste tiden är att i spåren av covid-19 minskade raffinaderikapaciteten enligt IEA. Vissa raffinaderier stängdes permanent under pandemin. Detta i kombination med minskade eller totalt stoppade importen av råolja, naturgas och diesel från Ryssland leder till stor volatilitet på bränslemarknaden.

Vätgas och elektrobränslen

Vätgas och elektrobränslen är energilag som kan komma att introduceras inom transportsektorn på längre sikt. Vi har inom detta arbete inte gjort några bedömningar om deras introduktionstakt inom olika trafikslag eller gjort några kvantifieringar av detta. Metoder för att inkludera dessa nya drivmedel och tekniker i scenarierna är något som behöver utvecklas till framtida scenarier.

Fit for 55-paketet

EU-kommissionen presenterade i samband med den gröna given åtgärds paketet *Fit for 55*, detta paket innehåller ett antal styrmedel med påverkan på transportsektorn och dess framtida energianvändning och utsläpp. Många av dessa förslag är fortfarande under förhandling och det är således svårhanterligt i scenarierna. Nedan listas ett antal av dessa förslag som har påverkan på transportsektorn:

- ReFuelEU Aviation
- FuelEU Maritime
- Förnybartdirektivet
- AFIR
- Transportsektorn i EU ETS
- Energiskattedirektivet

Luftkvalitet (målkonflikter)

Sverige har målsättningar om luftkvalitet vilket regleras inom EU. Dessa krav ställer i princip krav på vilka mängder flytande bränslen som kan användas inom transportsektorn och andra sektorer. I beräkningsmodellen finns ingen styrning mot dessa krav vilket gör att det kan förekomma en målkonflikt med detta mål.

B.3.5 Prismodell

Som underlag för de långsiktiga scenarierna används en prismodell som togs fram i samband med kontrollstationen för reduktionsplikten 2022. I denna prismodell har man försökt uppskatta framtida drivmedelspriser (se B.1.3 Bränslepriser och pris på utsläppsätter (EU ETS)) och hur olika faktorer kan påverka drivmedelspriser. Den övergripande metoden i prismodellen är att bygga upp priserna utifrån kostnader för olika delmängder/komponenter som utgör det samlade drivmedelspriset. Dessa delmängder innefattar:

- Skatt (innefattar energiskatt och koldioxidskatt) och moms
- Råvarupriser och inblandningsprocent per icke-fossil källa
- Råvarupriser och inblandningsprocent per fossil källa

Prismodellen har konstruerats genom att utifrån historiska drivmedelspriser bryta ner drivmedelspriser i flertalet ingående priskomponenter, som kombinerat med prognoser på råolja och andra antaganden används för att uppskatta framtida drivmedelspriser. Då rent fossilbaserad bensin och diesel idag inte säljs på den svenska drivmedelsmarknaden har sambandet på den fossila komponenten och råolja uppskattats genom en regression. I denna regression är råoljepriset per liter den förklarande variabeln och pumppris per liter fossila komponenter responsvariabeln. I den regression som utförs mellan historiska drivmedelspriser och modellerade historiska priser ligger R-kvadraten på 0,91 för bensin och på 0,83 för diesel.¹¹⁶ Det uppskattade priset på fossila komponenter är responsvariabeln och råolja är den förklarande variabeln i denna regression.

Nedan beskrivs underlag och antaganden gällande hur olika priskomponenter påverkar de prisprognoser som antas i prismodellen.

Råoljepris

Råoljeprisprognos från EU-kommissionen används som huvudsakligt underlag i prisprognoserna.

För Euro har växelkursen antagits vara 10,40 kr/euro och för US dollar 9,5 kr/US dollar.

¹¹⁶ R-kvadraten är ett mått på hur väl regressionens ingående variabler förklarar responsvariabeln variation. I detta fall hur väl råoljepriset förklarar den fossila komponentens prisutveckling. R-kvadraten kan anta värden mellan 0 och 1, ju närmare 1 desto bättre förklarar ingående variabeln responsvariabelns variation.

Pris på fossila komponenter

I prismodellen tas kostnaden för den fossila komponenten fram enligt följande:

1. Skatt och moms räknas bort från historiska drivmedelspriser enligt ekvationen:

$$\frac{\text{Observerade priser} - (\text{Koldioxidsskatt} + \text{Energiskatt})}{1 + \text{Moms}}$$

2. Sedan bryts pris på fossila komponenter ut från kvarvarande summa (efter att skatt och moms räknats bort).

$$\frac{\text{Observerade priser (exkl skatt och moms)} - \text{Pris för biokomponenter}}{1 - \text{procentuell inblandning för biokomponenter}}$$

3. Sedan utförs en regression med det kvarvarande priset som responsvariabel och med råolja som förklarande variabel.

Pris på biodrivmedel

Historiska prisdata i modellen gällande biodrivmedel har använts baserat på följande:

- Etanol: Uppskattas från E85 med avdragen fossil andel, skatt och moms. I detta fall approximeras den fossila komponentens pris baserat på råoljepris. Denna metod innehåller dock brister genom ett cirkelresonemang gällande prissättning på E85 och bensin.¹¹⁷
- HVO: Uppskattas av marknadspriser till privatkunder på HVO100.
- FAME: Uppskattas av marknadspriser till företagskunder på FAME100.
- Bionafta: Bionafta är en delmängd av produktionen av HVO uppskattas därför ha samma pris som HVO enligt ovan antaganden med ett prispåslag.

I prognosen på priser gällande biodrivmedel, exklusive etanol, antas priset vara i linje med alternativkostnaden som det skulle innebära att inte uppfylla reduktionsplikten genom låginblandning. Detta gäller för alla komponenter förutom etanol. Det specifika priset för de olika biodrivmedlen antas baserat på reduktionspliktsavgifter och respektive biodrivmedels klimatprestanda enligt 2021 års data som rapporterats till

¹¹⁷ Etanolpriset uppskattas för att kunna dra av från försäljningspriset på bensin och för att uppskatta pris på fossila komponenter. Men för att få fram etanolpriset måste ett pris på fossila komponenter antas.

Energimyndigheten för reduktionspliktiga drivmedel. Detta pris antas vara ett rationellt maxpris på sikt. För etanol används medelvärdet gällande pris för 2021 med en utvecklingstakt baserat på OECD.

Skatt och moms

Generell moms på 25 procent samt energiskatt och koldioxidskatt (som sammanlagt utgör drivmedelsskatt) från Skatteverket har använts. Tillfälliga skattesänkningar under 2022 antas inte kvarstå framöver. Uppräkning med 2 procent av energiskatten för åren 2023 och framåt har antagits. I prisprognosen används resultatet från regressionen från prismodellen för att uppskatta framtida priser på de fossila komponenterna.

*Framtida pris = Intercept + koefficient * Prognosticerat pris råolja*

$$\left(\frac{(\text{Framtida fossilt pris}) * (\text{Inblandningsprocent}) + (\text{pris på biokomponenter})}{*(\text{Inblandningsprocent}) + \text{skatt}} \right) * 1,25$$

= Prognosticerat pris

B.4 Bostäder och service

B.4.1 Styrmedelsförutsättningar

Utöver koldioxidbeskattning och energiskatter finns olika styrmedel för att påverka energianvändningen i bostäder och lokaler. Ytterligare styrmedel som påverkar energianvändningen är exempelvis Boverkets byggregler, direktivet om byggnaders energiprestanda, energieffektiviseringsdirektivet, ekodesigndirektivet, energimärkningsdirektivet, energi och klimatdeklarationer och skattereduktion för grön teknik.

B.4.2 Metodbeskrivning

Energianvändning för uppvärmning och varmvatten i bostäder och lokaler

Inledningsvis görs en bedömning av hur värmebehovet kommer att utvecklas i:

- Befintlig bebyggelse
- Tillkommande värmebehov genom nybyggnation.

Därefter görs en kostnadsjämförelse mellan olika uppvärmningsalternativ samt åtgärder för energieffektivisering för att bedöma hur det framtida värmebehovet ska tillgodoses.

Befintlig bebyggelse

För att kunna avgöra hur värmebehovet förväntas tillgodoses behöver en kostnadsjämförelse mellan olika uppvärmningssätt och åtgärder för energieffektivisering genomföras. För detta använder Energimyndigheten modellen Times-Nordic. I modellen görs antaganden om kostnader (investeringskostnad, kalkylränta, energipriser, ekonomisk livslängd) för olika uppvärmningssätt och energieffektiviseringsåtgärder.

Tillkommande värmebehov genom nybyggnation

För tillkommande värmebehov från nybyggnation av småhus, flerbostadshus och lokaler görs antaganden om area, energianvändning per kvadratmeter och antal nya lägenheter. Med utgångspunkt i Boverkets prognoser över byggande och byggbehov gör Energimyndigheten antaganden över antal nya bostäder, se Tabell 45.

Tabell 45 Antal nya lägenheter i småhus och flerbostadshus.

Antal nya lägenheter	2022–2030	2031–2050
Båda scenarier	361 000	430 000

Boverkets bedömningar sträcker sig till 2030 medan Energimyndighetens scenarier är till 2050. Baserat på Statistiska centralbyråns befolkningsprognos, görs antagandet att antal personer/hushåll kommer att vara konstant efter 2030, se Tabell 46.

Tabell 46 Befolkningsutveckling, 2021–2050.

2021	2025	2030	2035	2040	2050
10 452 326	10 676 587	10 917 101	11 142 774	11 365 035	11 835 808

Källa: Statistiska centralbyrån.

Den uppvärmda arean för nybyggda småhus antas vara 164 kvadratmeter och 61 kvadratmeter per lägenhet, se Tabell 47. Detta baseras på Statistiska centralbyråns statistik¹¹⁸ över nybyggda lägenheter i flerbostadshus de senaste 5 åren samt Energimyndighetens statistik från småhusundersökningen¹¹⁹ för hus byggda efter 2011.

Tabell 47 Area nybyggnation.

Typ av byggnad	Area
Småhus	164 m ²
Flerbostadshus	61 m ²

Källa: Statistiska centralbyrån (och Energimyndigheten).

Boverkets byggregler¹²⁰ används för att bedöma värmebehovet för nybyggnation.

I nästa steg konkurrerar olika uppvärmningssätt och åtgärder för energieffektivisering om detta värmebehov i modelleringen med Times-Nordic. För lokaler finns inget bra underlag för scenarier över nybyggnation. I Energimyndighetens statistik över uppvärmd area för flerbostadshus och lokaler är utvecklingen av arean i lokaler cirka 75 procent av utvecklingen av arean i flerbostadshus i genomsnitt sedan 2010. Det antagandet används i scenarierna för lokalers tillkommande värmebehov.

Minskat värmebehov

Följande beräkningar och resonemang togs fram för arbetet med Energimyndighetens scenarier 2020 och då bestämdes att RCP 4,5 skulle användas, vilket är det som har använts i scenarierna även 2022.

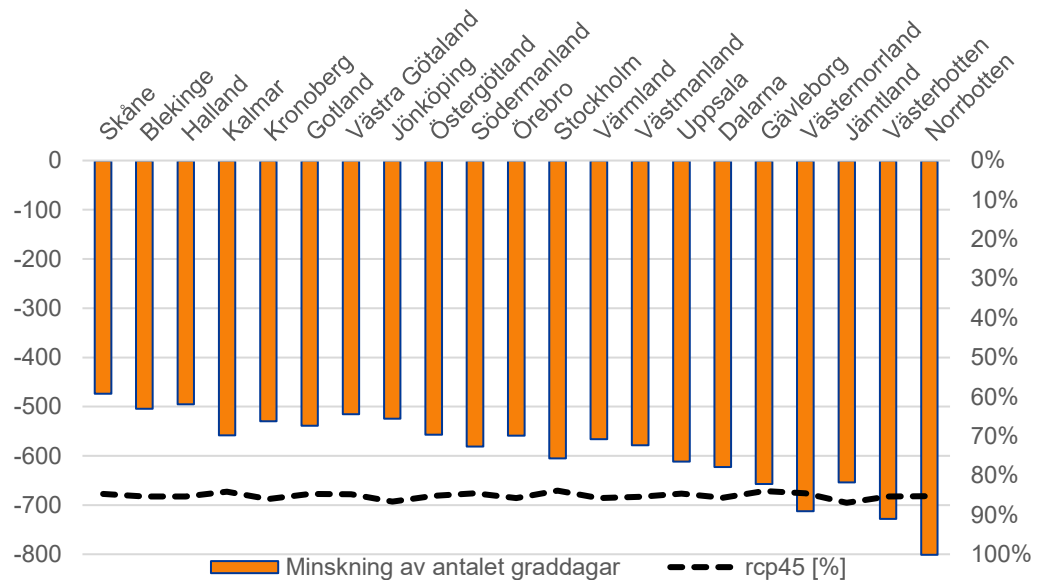
¹¹⁸ SCB, Bostadsarea/lägenhet i nybyggda ordinära flerbostadshus, kvm efter region och år. <http://www.statistikdatabasen.scb.se/sq/89219> (hämtad 2023-02-27).

¹¹⁹ Energimyndigheten, Energistatistik för småhus 2021. http://www.energimyndigheten.se/499ea9/globalassets/statistik/officiell-statistik/statistikprodukter/energistatistik-i-smahus/tabeller/rapport_01v01_smh2021_resultattabeller.xlsx (hämtad 2023-02-27).

¹²⁰ BFS 2020:4, BBR 29, *Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd.*

Graddagar för värme är ett sätt att kvantifiera hur stort behovet att värma upp byggnader är under ett år. Graddagar anger summan av dygnsmedeltemperaturavvikelsen från en referenstemperatur, som i detta fall är 17 grader Celsius.

SMHI har tagit fram klimatmodeller för Sverige¹²¹, som baserar sig på IPCC utsläppsscenarier, RCP¹²² 4,5 och RCP 8,5. I Figur 45 visas hur antalet graddagar i Sverige bedöms minska mellan normalårsperioden 1981–2010 och 2036–2065, för RCP 4,5 i olika delar av Sverige. I figuren är länen sorterade från syd (vänstra sidan) till nord (högra sidan). Staplarna visar hur minskningen i antalet graddagar ökar ju längre norrut ett län befinner sig. Den streckade linjen visar att för RCP 4,5 blir antal graddagar cirka 85 procent 2050, jämfört med 1981–2010 i alla län.



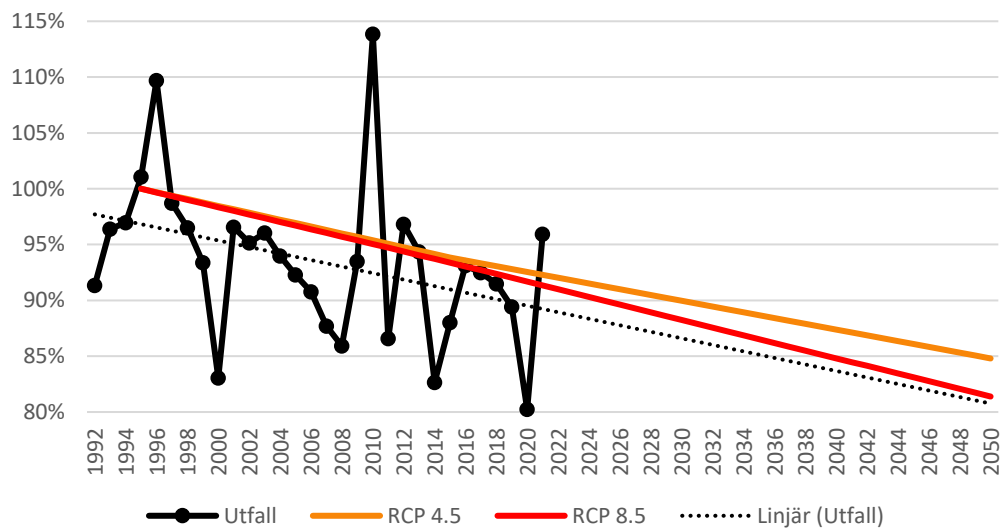
Figur 45 Förändring av graddagar för värme för mellan perioden 1981–2010 och 2036–2065 för olika län, RCP 4,5. Förändring i absoluta värden och procentsatsen anger andel graddagar mellan perioderna.

Klimatförändringarna innebär alltså att värmebehovet kommer att minska under scenarioperioden fram till 2050. Baserat på SMHI:s RCP-scenarier har Energimyndigheten tagit fram ett underlag för hur antal graddagar och därmed värmebehovet kan utvecklas i enlighet med dessa scenarier. Figur 46 visar utvecklingen av antal graddagar, viktad efter befolkningens mängd i de olika länen i Sverige. Den svarta linjen representerar utvecklingen av faktiska graddagar i förhållande till vad som förväntas vara normalt. Exempelvis sticker 2010 ut som ett väldigt kallt år och 2020 som ett

¹²¹ Mer finns att läsa på SMHI:s hemsida <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-er-den-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914>.

¹²² Representative Concentration Pathways (RCP) är scenarier över hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden. Det benämns strålningsdrivning och uttrycks som watt per kvadratmeter (W/m²). RCP-scenarierna benämns med den nivå av strålningsdrivning som uppnås år 2100; 2,6, 4,5, 6,0 eller 8,5 W/m².

varmt år. Linjen för RCP 4,5 och linjen för RCP 8,5 visar utvecklingen av antalet graddagar från 1995 till 2050.



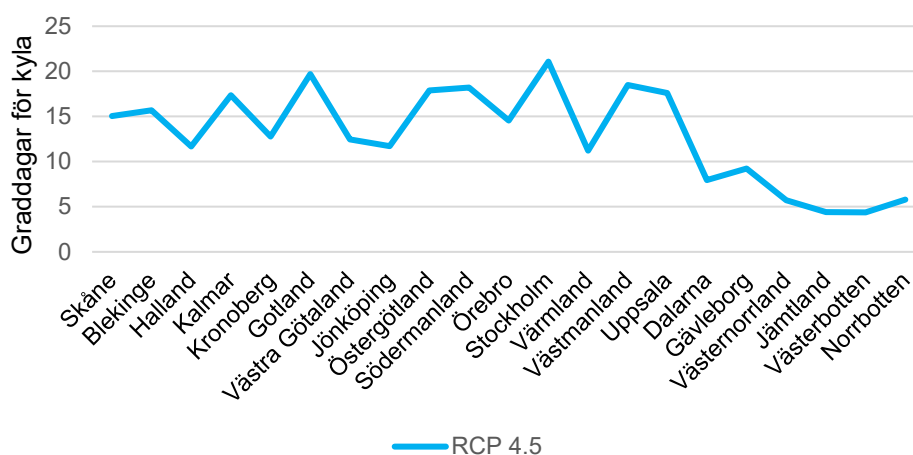
Figur 46 Utveckling av graddagar till 2050 jämfört med Normalårsperioden 1981–2010.

Till en början följer RCP 4,5 och RCP 8,5 liknande bana, men skillnaderna blir större allt eftersom. I scenarierna används RCP 4,5 genomgående vilket innebär att energibehovet för bostäder gradvis minskar till 2050 jämfört med tidigare år.

Ökat kylbehov?

Allt eftersom klimatet i Sverige blir varmare kommer även behovet av kyla i byggnader att öka. Det är främst under sommaren som detta behov uppstår.

När det kommer till kylbehovet har vi i Sverige inte lika bra kunskap om denna marknad som vi har för värme, då behovet av det senare är betydligt större. I den officiella statistiken finns data över mängden energi som går åt till uppvärmning och varmvatten. För kyla finns dock inte samma data. Det finns flera svårigheter i dagsläget med att koppla kylbehovet till ett energibehov. Eftersom det inte finns samma slags infrastruktur för kyla som för värme är det inte heller självklart hur människor agerar när kylbehovet ökar. I vilken utsträckning används värmepumpen för kyla om det är möjligt? Införskaffas luftkonditionering, eller en fläkt? Eller väljer de att endast öppna fönstret när de sover eller bara att stå ut i värmen? Detta kan man uttrycka som penetrationsgraden – det vill säga hur stor del av det faktiska kylbehovet som faktiskt kommer att resultera i ökad energianvändning.



Figur 47 Förändring av graddagar för kyla för mellan perioden 1981–2010 och 2036–2065 för olika län, RCP 4,5. Förändring i absoluta värden.

Med osäkerheterna angivna ovan och eftersom förändringen av graddagar för kyla är relativt liten i absoluta termer, dessutom från en låg nivå som kan utläsas från Figur 47, görs antagandet att efterfrågan på kyla inte kommer att påverkas i dessa scenarier.

Energianvändning för hushållsel och fastighetsel i lokaler

Det statistiska underlaget för hushållsel och fastighetsel är mycket bristfälligt. Det är också svårt att få bra underlagsdata till det som driver denna elanvändning så som antal och typ av apparater, belysning m.m. Det gör det svårt att modellera och sätta upp olika scenarier av elanvändningen för dessa ändamål. Mot bakgrund av detta används en tämligen enkel metod där ett antagande görs att denna elanvändning är densamma per kvadratmeter som den i genomsnitt var mellan åren 2016–2020 enligt Energimyndighetens rapport Energiindikatorer 2022¹²³.

Tabell 48 Hushållsel/fastighetsel för nybyggnation

Typ av byggnad	Elanvändning per kvadratmeter och år
Småhus	36 kWh/ m ² /år
Flerbostadshus	57 kWh/m ² /år
Lokaler	124 kWh/m ² /år

Metoden tar således hänsyn till att befolkningen och antalet hushåll förändras men missar eventuella effektiviseringar, förändringar i antalet apparater och användningstiden av apparater per hushåll.

¹²³ Energimyndigheten, *Energiindikatorer 2022 – Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål*, ER 2022:10.

Arbetsmaskiner

För arbetsmaskiner i de olika sektorerna görs antaganden för de olika scenarierna när det gäller olika grad av elektrifiering. Som grund för de olika elektrifieringstakterna har SOU 2021:48¹²⁴ använts, där olika utvecklingstakt för de olika användningsområdena presenteras. I *Lägre elektrifiering* enligt MedelEL och i *Högre elektrifiering* enligt HögEL.

För de allra flesta typer av maskiner är redan tekniken på plats för antingen ren batteridrift eller via vätgas och bränsleceller, men det är andra faktorer än bara tekniken som driver elektrifieringstakten. Där har bland annat kostnadsutvecklingen för eldrivna maskiner en stor påverkan, då de i dagsläget är dyrare i inköp än konventionella maskiner. Olika sektorer har olika stor möjlighet att absorbera och/eller föra vidare dessa ökade kostnader. I vissa tillämpningar tillför elektrifierade maskiner andra fördelar/mervärden förutom minskade utsläpp som kan driva på utvecklingen. Ett exempel är buller; elektrifierade maskiner är som regel tystare vilket gör att de kan användas i känsliga områden på tider där vanliga maskiner inte kan användas idag. Ett annat exempel är när flera mindre elektrifierade autonoma maskiner kan ersätta en stor maskin som kräver förare, de autonoma maskinerna kan gå under dygnets alla timmar och ett eventuellt haveri på en maskin blir inte lika allvarligt. Vissa sektorer kan också vara mer snabbfotade än andra när det gäller nya tekniker. Det varierar också mellan sektorer och maskintyper hur länge man normalt har en maskin innan den byts ut, vilket påverkar elektrifieringstakten.

För den del av maskinparken som även fortsättningsvis kommer att drivas av bensin och diesel tas hänsyn till de beslutade nivåerna i reduktionsplikten när det gäller inblandning av biobränslen. Eftersom elmotorer är mycket mer effektiva än förbränningsmotorer ersätts inte en kWh diesel med en kWh el utan med en faktor 0,45 och motsvarande 0,3 för bensin.

Antagna elektrifieringstakter i de olika sektorerna nedan för *Lägre elektrifiering* respektive *Högre elektrifiering*.

Tabell 49 Antagna elektrifieringstakter för arbetsmaskiner, per sektor 2020–2050, procent.

Elektrifieringstakt	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Skogsbruk							
Lägre elektrifiering andel el dieselmaskiner	0	0	2	3	4	5	10
Lägre elektrifiering andel el bensinmaskiner	0	2	4	8	12	20	25

¹²⁴ SOU 2021:48, Utfasningsutredningen, *I en värld som ställer om – Sverige utan fossila drivmedel 2040*.

Högre elektrifiering andel el dieselmaskiner	0	1	5	10	15	25	30
Högre elektrifiering andel el bensinmaskiner	0	5	15	20	25	30	40
Jordbruk							
Lägre elektrifiering andel el (diesel djur)	0	2	4	6	8	10	12
Lägre elektrifiering andel el (diesel växt)	0	0	2	3	4	5	10
Lägre elektrifiering andel el (växt) bensin	0	5	10	15	20	25	30
Högre-elektrifiering andel el (diesel djur)	0	5	10	15	20	25	30
Högre-elektrifiering andel el (diesel växt)	0	2	4	6	10	15	25
Högre-elektrifiering andel el (växt) bensin	0	5	10	20	40	60	80
Byggsektorn							
Lägre elektrifiering andel el dieselmaskiner	0	5	13	20	25	30	33
Lägre elektrifiering andel el bensinmaskiner	0	5	10	20	30	40	50
Högre-elektrifiering andel el dieselmaskiner	0	10	25	40	50	60	65
Högre-elektrifiering andel el bensinmaskiner	0	10	20	30	40	60	80
Drivmedel hushåll och service							
Lägre elektrifiering andel el dieselmaskiner	0	10	15	20	25	35	45
Lägre elektrifiering andel el bensinmaskiner	0	10	15	25	35	45	55
Högre-elektrifiering andel el dieselmaskiner	0	15	30	45	65	75	85
Högre-elektrifiering andel el bensinmaskiner	0	20	50	65	80	90	95

Energianvändning i skogsbruket

Utvecklingen i skogsbruket som presenteras nedan bygger på de Skogliga Konsekvensanalyserna från 2022, SKA22¹²⁵ som tas fram av Skogsstyrelsen. Vi har utgått ifrån det scenario som heter ”dagens skogsbruk”.

Energianvändningen i skogssektorn utgörs av bensin och diesel till arbetsmaskiner. Scenariot utgår från den modell Statistiska centralbyrån tog fram på uppdrag av Energimyndigheten för energianvändningen i skogsbruket 2007¹²⁶. Modellen utgår från antagande om volym och

¹²⁵ Se <https://www.skogsstyrelsen.se/mer-om-skog/skogliga-konsekvensanalyser/>.

¹²⁶ SCB, Modellskattning av energianvändningen inom skogssektorn, 2007.

bränsleåtgång för olika moment inom skogsbruket. Momenten är plantering, markberedning, röjning, gödning, avverkning, skotning (rundvirke), skotning (GROT), flisning (GROT). Åtgångstalen presenteras i Tabell 50.

Tabell 50 Andel diesel/bensin samt åtgångstal för respektive moment i skogsbruket.

Moment	Andel diesel	Andel bensin	Bränsleåtgång
Plantering	80	20	137 l/ha
Markberedning	100	0	20 l/ha
Röjning	0	100	10 l/ha
Gödning	50	50	20 l/ha
Avverkning	100	0	0,98 l/m ³
Skotning rundvirke	100	0	0,73 l/m ³
Skotning GROT	100	0	71,5 l/ha
Flisning GROT	100	0	45,5 l/ha

Scenarier för olika moment inom skogsbruket är framtagna av Skogsstyrelsen 2022 och redovisas i Tabell 51. Momenten skotning och flisning finns inte med i Skogsstyrelsen scenario och antas därför ha samma andel av momentet avverkning som 2020.

Tabell 51 Utveckling av olika moment i skogsbruket

Moment	Enhet	2020	2025	2030	2040	2050
Plantering	Areal, ha	201 900	176 722	168 066	184 578	172 524
Markberedning	Areal, ha	205 700	178 094	167 910	181 611	171 659
Röjning	Areal, ha	497 000	205 530	245 329	450 820	384 794
Gödning	Areal, ha	42 200	33 997	33 717	33 908	33 927
Avverkning	Volym, m ³ fub	77 707 000	66 891 797	67 715 294	69 897 568	72 546 644

Skotning (rundvirke)	Volym, m ³ fub	73 603 000	63 358 989	64 138 994	66 206 013	68 715 182
Skotning (GROT)	Areal, ha	84 000	72 309	73 199	75 558	78 422
Flisning (GROT)	Areal, ha	84 000	72 309	73 199	75 558	78 422

Källa: Skogsstyrelsens scenarier SKA22.

Genom att använda förutsättningarna angivna i tabellerna ovan erhålls utvecklingen av diesel och bensin i scenariot. Förändringen av diesel- och bensin användningen för scenarioåren appliceras på energianvändningen för året 2020. Därefter tas hänsyn till elektrifieringstakten.

Energianvändning i jordbruket

Scenariot för jordbrukets energianvändning grundar sig på Jordbruksverkets scenarier¹²⁷ framtagna 2022. Jordbruksverket använder modellen SASM för att göra scenarier för jordbrukets produktionsutveckling till 2050.

Jordbruket är en sektor med olika produktionsinriktningar. För växtodling är det framför allt traktordrift vid odling och skörd samt torkning av spannmål som är energikrävande. För djurhållning varierar det mellan olika djurslag men generellt är belysning och uppvärmning samt mjölkkyllning på mjölkgårdar de mest energiintensiva delarna. För växthusföretag utgör uppvärmning den absolut största delen av energianvändningen.

Energianvändningen i jordbruket består till stor del av användning av diesel i arbetsmaskiner. Uppskattningsvis går cirka 25 procent av denna dieselanvändning till stationär förbränning för djurhållning exempelvis gödselskrapa eller foderomblandare och 75 procent till mobila arbetsmaskiner vid exempelvis odling och skörd¹²⁸. Resterande energianvändning, främst el, biobränsle och olja går till uppvärmning och belysning för djurhållning. Ett exempel är värmeslingor i golvet vid smågrisuppfödning.

Växtodling

Genom att kombinera antaganden för dieselförbrukning till arbetsmaskiner för olika jordbruksarealer som redovisas på nästa sida med Jordbruksverkets scenario nedan erhålls en utvecklingstakt för

¹²⁷ Mejlkontakt med Jordbruksverket, 2022-09-23.

¹²⁸ Baky m.fl., *Kartläggning av jordbrukets energianvändning, Ett projekt utfört på uppdrag av Jordbruksverket*, 2010.

dieselanvändningen för växtodling i jordbruket. Denna utvecklingstakt appliceras på 75 procent av dieselanvändningen i jordbruket. Utvecklingen för växtodlingen ses i Tabell 52 nedan.

Tabell 52 Scenario över jordbruksareal för olika grödor till 2050 i hektar (ha).

	2020	2025	2030	2040	2050
Vall	1 142	1 155	987	816	656
Höstad	500	424	497	503	543
Vårsäd	500	482	437	440	421
Oljeväxt	103	108	111	109	110
Träda/energi/ind	150	193	299	137	126
Socketbetor	29	30	30	31	29
Potatis	24	24	25	26	30
Övriga grödor	102	106	103	100	94

Källa: Jordbruksverket.

Tabell 53 Viktade medelvärden för dieselförbrukning vid odling av olika grödor.

Grödgrupp	Dieselförbrukning
Vall	43,5
Höstsäd	70,9
Vårsäd	69,5
Oljevaxter	60,0
Träda/industrigrödor	12,2
Socketbetor	130
Potatis	140
Övriga grödor	102,2

Källa: Baky m.fl., 2010.

Djurhållning

Åtgångstal för olika typer av djur är ganska svårt att få fram. Det har gjorts ett antal energikartläggningar¹²⁹ men resultaten varierar relativt mycket. I Tabell 54 visas utvecklingen av djurproduktionen och i Tabell 55 görs antaganden om energianvändning för olika typer av djur. Dessa antaganden är att betrakta som mycket osäkra. I scenarierna antas de 25 procent av dieselanvändningen som går till stationär drift och all annan energianvändning i sektorn kunna hänföras till djurproduktion. Genom att kombinera antaganden för energianvändning för djurproduktion med Jordbruksverkets scenario erhålls en utvecklingstakt för dieselanvändningen för djurhållning i jordbruket.

Tabell 54 Scenario över djurproduktion för olika kategorier till 2050 i tusental.

	2020	2025	2030	2040	2050
--	------	------	------	------	------

¹²⁹ Edström m.fl., *Jordbrukssektorns energianvändning*, 2005. Neuman, *Kartläggning av energianvändning på lantbruk 2008*, 2009. Hörndahl, *Energiförbrukning i jordbrukets driftsbyggnader*, 2007. Elmquist m.fl., *Energinyckeltal inom lantbruk och potentialen att spara energi utifrån energikartläggningar*, 2015.

Mjölkcor	303	307	318	326	311
Am/Dikor	192	194	117	84	52
Rek kviga <1 år	143	145	132	127	115
Rek kviga > 1 år	152	153	141	136	124
Slakt kviga <1 år	81	82	63	41	31
Slakt kviga > 1 år	113	114	88	57	44
Tjur <1 år	202	212	183	185	166
Tjur > 1 år	146	154	132	134	120
Stut <1 år	22	15	15	2	0
Stut > 1 år	31	20	21	3	0
Kalvar <1 år	448	453	393	355	313
Ungnöt > 1 år	442	442	383	330	288
Sugga	130	133	119	93	89
Slaktgris producerade	2 603	2 833	2 725	2 457	2 722
Slaktkyckling producerade	104 900	110 790	118 970	136 569	156 085

Källa: Jordbruksverket.

Tabell 55 Åtgångstal för energianvändning vid djurproduktion kWh/år och djur.

Typ av djur	kWh/år och djur
Mjölkcor	1 200
Am/Dikor	1 200
Rek kviga <1 år	1 200
Rek kviga > 1 år	1 200
Slakt kviga <1 år	800
Slakt kviga > 1 år	800
Tjur <1 år	800
Tjur > 1 år	800
Sugga	700
Slaktgris producerade	40
Slaktkyckling producerade	0,7

Energianvändningen i byggsektorn

Med byggsektorn avses den energianvändning som sker inom SNI¹³⁰ 41–43. I energistatistiken används en modell för att skatta fram energianvändningen i byggsektorn. Den utgår från en undersökning av byggsektorns energianvändning år 2018 och sedan skattas energianvändningen fram andra år med förändringen i arbetade timmar i byggsektorn. Om arbetade timmar ökar med 1 procent ökar också energianvändningen med 1 procent. Arbetade timmar för byggsektorn finns i de scenarier som Konjunkturinstitutet tar fram till

¹³⁰ SNI är en standard för svensk näringsgrensindelning. 41 Byggande av hus, 42 anläggningsarbeten, 43 Specialiserad bygg- och anläggningsverksamhet.

Energimyndigheten. I scenarierna används samma modell att uppskatta energianvändningen.

Energianvändningen i fiskesektorn m.m.

Energianvändningen är relativt liten i fiskesektorn och antas vara konstant under perioden.

Energianvändningen för drivmedel i hushåll och service

Även för hushåll och service antas energianvändningen vara konstant på total nivå uttryckt i bensin och diesel till arbetsmaskiner, men det sker en fördelning på komponenter enligt reduktionsplikten och hänsyn tas till olika elektrifieringstakt i de olika scenarierna. Den redovisade totala energianvändningen minskar då eftersom elmotorer är mer effektiva än förbränningsmotorer.

Datacenter

Hur stor tillkommande elanvändning datacenter skulle kunna stå för är idag väldigt osäkert. Det är kraftigt beroende på olika omvärldsfaktorer som politik och teknikutveckling. Exempelvis kommer datacenter sannolikt bli mer energieffektiva framåt. Vissa datahallar har haft en sänkning av energiskatten till 0,5 öre/kWh (som för elintensiv industri). Den infördes 2017 och har gynnat verksamheten. När scenarierna togs fram hade ännu inte beslut om att slopa den nedsättningen fattats. Vi har därför i scenarierna antagit att denna nedsättning kvarstår.

Hur attraktivt Sverige är för utländska datacenterföretag påverkar var lokalisering sker. Om den senaste tidens högre och mer volatila elpris består skulle det kunna vara en begränsande faktor. Man kan anta högre utvecklingstakt om den ekonomiska tillväxten är hög och lägre om den är låg.

Vi har i det här arbetet utgått ifrån Svenska kraftnäts bedömningar om etablering av datacenter till 2050, men med vissa justeringar. Vi har fram till 2025 antagit en något högre utbyggnadstakt än perioden 2026–2050, på grund av att de stora aktörerna då antas ha etablerat och driftsatt sina stora datacenter. Nivån i *Lägre elektrifiering* blir cirka 10 TWh 2050 och cirka 21 TWh för *Högre elektrifiering*

Sammantaget är utvecklingen kring datacenter väldigt svår att bedöma och än svårare på längre sikt men kan potentiellt få stor effekt på elanvändningen.

B.5 Industrisektorn

B.5.1 Styrmedelsförutsättningar

Utöver koldioxidbeskattning och energiskatter samt EU ETS, se bilaga B.1, finns olika styrmedel för att påverka energianvändningen i industrisektorn. Beslutade styrmedel den 30 juni 2022 ingår och energiskatten för el ligger på 0,6 öre/kWh vid den tidpunkten. Industriföretag kan också få full nedsättning för energiskatt för bränsle och el som används i vissa processer. Dessa undantag antas fortsätta under scenarioperioden för alla scenarier. Energikartläggning och Miljöbalken styr mot energieffektivisering i industrin och antas fortsätta under scenarioperioden.

Det finns en rad stöd till forskning, utveckling och demonstration inom industrin. Industriklivet omfattar 2023 knappt 1,4 miljarder kronor och kan finansiera projekt som pågår till och med 2030. Industriklivet är ett styrmedel som är beslutat att fortgå till 2030. Syftet med Industriklivet är att hjälpa svensk industri att ställa om sina industriella processer till klimatneutrala alternativ. Detta sker genom att stödja industriprojekt från forskning till fullskalig implementering. Läs mer om Industriklivet på Energimyndighetens hemsida¹³¹.

Ett annat exempel på finansiellt stöd för demonstration av innovativ teknik för att minska växthusgasutsläpp är EU:s innovationsfond. Fonden riktar sig till så väl stora som små projekt och planerar ungefär två utlysningar per år mellan 2020 och 2030¹³². Under 2022 fick svenska projekt inom både Bio-CCS och CCU samt fossilfritt stål stöd från fonden¹³³.

B.5.2 Förutsättningar

Ekonomiska förutsättningar

De ekonomiska förutsättningarna för industrins utveckling bestäms utifrån resultatet från Konjunkturinstitutets miljöekonomiska modell EMEC (Environmental Medium term Economic Model). EMEC är en ekonomisk allmänjämviktsmodell som fångar hur olika ekonomiska aktörer påverkar varandra och beskriver hur en prispörändring sprids genom ekonomin. I modellen ingår även ekonomi-politiska åtgärder som är beslutade fram till och med den 30 juni 2022, till exempel förändringar i energi- och koldioxidskatter, samt effekter av den internationella marknaden. I modellen har Konjunkturinstitutet också simulerat ett *världsmarknadsscenario*, för att få fram prisnivåer och marginalkostnader

¹³¹ På Energimyndighetens hemsida kan du hitta mer om Industriklivet,

<http://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/industri/industriklivet/>.

¹³² Energimyndigheten, EU:s innovationsfond. <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/internationella-insatser/eus-innovationsfond/> (hämtad 2023-02-27).

¹³³ Energimyndigheten, Rekordhög budget för nya utlysningar inom EU:s innovationsfond. <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2022/rekordhog-budget-for-nya-utlysningar-inom-eus-innovationsfond/> (hämtad 2023-02-27).

i produktionen, vilka sedan används som världsmarknadspriser för importerade produkter¹³⁴. I modellen driver den branschvisa produktivitetstillväxten strukturomvändningar inom olika branscher. År 2019 användes som basår.

Resultaten från EMEC används för att ta fram förädlingsvärdet¹³⁵ för varje bransch och modellår inom industrisektorn. Förädlingsvärdet används således som ett mått på ekonomisk utveckling inom industrisektorn och utgör basen för hur energianvändningen i industrin utvecklas. Vilket samband som finns mellan förädlingsvärde och energianvändning skiljer sig åt mellan olika branscher och energibärare, vilket betyder att effekten av den antagna ekonomiska utvecklingen på energianvändningen varierar. Samband mellan ekonomisk utveckling och energianvändning är starkast för större energibärare inom energiintensiva branscher. En positiv korrelation innebär att en positiv ekonomisk utveckling leder till ökad energianvändning och tvärtom. Om sambandet inte finns innebär det att energianvändningen antingen ökar, minskar eller förblir oförändrad oberoende av den ekonomiska utvecklingen. Teknikskiften och bränslekonvertering är faktorer som bryter eventuella historiska kopplingar mellan ekonomisk utveckling och energianvändning.

I versionen av EMEC som använts till scenarierna i den här rapporten modelleras inte förändringen i produktionsvärde till följd av tillkommande produktion och processteg (exempelvis inom järn- och stålindustrin). Energianvändningen från tillkommande produktion och processteg är helt fristående från den uppskattade ekonomiska utvecklingen.

Resultaten från Konjunkturinstitutets EMEC-modell ges i femårsintervall. Utvecklingen av industrins förädlingsvärde för de olika scenarierna redovisas i Tabell 56 enligt följande indelning av SNI-koder:

- Utvinning av mineraler, SNI 05–09,
- Livsmedel och textil, SNI 10–15,
- Trävaruindustri, SNI 16,
- Massa- och pappersindustri samt grafiskindustri, SNI 17–18,
- Raffinaderier, SNI 19,
- Kemiindustri och läkemedel, SNI 20–21,
- Gummi- och plastvaruindustri, SNI 22,
- Jord- och stenindustri, SNI 23,
- Stål- och metallverk, SNI 24,
 - *Järn- och stålindustri, SNI 24.1–24.3*

¹³⁴ Konjunkturinstitutet. *Långsiktiga prognosförutsättningar till Energimyndighetens långsiktsscenarier*, 2022

¹³⁵ Förädlingsvärde är bruttoproduktion minus värdet av insatsförbrukning, d.v.s. det värde en bransch tillför genom sin verksamhet.

- Metallverk, SNI 24.4–24.5
- Verkstadsindustri, SNI 25–30,
- Övriga branscher, SNI 31–33,
- Totala industrin, 05–33.

Tabell 56. Industrins förädlingsvärde 2025–2050 i scenariot *Högre elektrifiering, Lägre elektrifiering och Känslighetsfall industri*, miljoner kronor i 2019 års prisnivå.

SNI-kod	2025	2030	2035	2040	2045	2050
05–09	36 764	38 823	42 328	47 699	52 851	58 501
10–15	56 458	59 663	65 223	73 537	81 951	91 130
16	25 175	26 884	29 418	32 782	36 292	39 993
17–18	55 549	60 138	66 991	76 001	85 339	95 243
19	8 711	10 556	11 228	12 933	14 526	16 365
20–21	95 693	104 636	113 219	127 048	141 082	156 966
22	18 552	19 601	21 460	24 185	26 980	30 147
23	18 115	19 439	20 907	22 958	24 714	26 706
24	36 679	38 292	41 783	47 982	53 420	59 528
241–243	13 777	13 942	14 728	16 361	17 542	18 826
244–245	22 902	24 351	27 055	31 621	35 878	40 703
25–30	360 117	387 183	427 758	491 276	556 803	633 434
31–33	36 019	37 935	41 216	45 844	50 416	55 481
05–33	747 835	803 150	881 531	1 002 244	1 124 373	1 263 494

Källa: Konjunkturinstitutet, EMEC.

Övriga förutsättningar

Utöver förutsättningarna från Konjunkturinstitutet har Energimyndigheten i vissa antaganden beaktat klimatfärdplaner som branscher tagit fram i samarbete med Fossilfritt Sverige¹³⁶, dialog med berörda myndigheter samt underlag från industrin och dess branschorganisationer. Energimyndighetens scenarier¹³⁷ som togs fram 2020 har också varit en utgångspunkt.

För industrin påverkar en mängd olika faktorer valet av energibärare, däribland driftssäkerhet, interna mål om självförsörjning och fossilfrihet samt fluktuationer i energipriser. Idealfallet är en kostnadseffektiv, ren, säker och garanterad energiförsörjning. Vilka avvägningar som görs varierar mellan olika företag och branscher. Valet av energibärare görs ofta vid ny- eller reinvesteringar eller i samband med förändringar av tillverkningsprocesser. Det är svårt att förutspå hur industrin kommer att prioritera mellan dessa avväganden i framtiden. Det beror dels på utvecklingen av själva industrin, dels på hur varje energibärare utvecklas,

¹³⁶ Fossilfritt Sverige, Färdplaner för fossilfri konkurrenskraft – omställning och utveckling av svensk industri. <https://fossilfritt Sverige.se/fardplaner/> (hämtad 2023-02-27).

¹³⁷ Energimyndigheten, *Scenarier över Sveriges energisystem 2020*, ER 2021:6, 2021.

både när det gäller priser och leveranssäkerhet. Vissa branscher har få aktörer som är betydande för hela branschen och ibland för hela sektorn.

B.5.5 Metod

Ekonomiska förutsättningar fås från Konjunkturinstitutets EMEC-modell, fördelade mellan branscher med 2019 som basår och i femårsintervall¹³⁸, från 2025 till 2050.

Scenarierna görs genom att beräkna hur stark koppling ett bränsle inom branschen har med branschens förädlingsvärde:

$$E_x = S_{BBx} * i_x * E_{x-1}$$

E_x = Energianvändning vid år x

S_{BBx} = Specifik energianvändning i den branschen och bränslet vid år x

E_{x-1} = Föregående års energianvändning

i_x = Utvecklingen av förädlingsvärdet vid år x

$x_1 = 2019, x_n = (x_1 + n) \leq 2050$

När den specifika energianvändningen multiplicerat med utvecklingstakten är lika med 1 betyder det att energieffektiviseringen är lika hög som ekonomiska utvecklingen. Det ger då samma energianvändning som föregående år. Både den specifika energianvändningen och utvecklingen av förädlingsvärdet anges på femårsbasis.

För samtliga branscher och energibärare görs slutligen även en expertbedömning baserat på underlag från branschen, omvärldsbevakning och planerade investeringar, nedläggningar m.m., som kan påverka energianvändningen.

Osäkerheter

En viktig osäkerhet är utvecklingen av den branschvisa ekonomiska tillväxten eftersom den ligger till grund för en stor del av bedömningen av den framtida energianvändningen. En annan ekonomisk utveckling än den som antagits för scenarierna skulle kunna ha en betydande effekt på energianvändningen.

Förändringar i industristrukturen och produktionssammansättningen till följd av exempelvis minskad efterfrågan på papper är också en osäkerhet. Exempelvis inom skogsindustrin pågår en diversifiering mot andra produkter än tryckpapper, exempelvis drivmedel, kemikalier och bioplaster. Det är svårt att bedöma effekten av denna typ av strukturförändringar, framför allt då de är branschöverskridande och

¹³⁸ Värden för år 2020 interpoleras fram mellan 2019 och 2025.

troligtvis kommer påverka flera branscher, såsom raffinaderier och kemiindustrin.

B.6 Måluppfyllelse

De mål som beräknas i scenarierna är de nationella målen till 2040 om 100 procent förnybar elproduktion men som inte är ett stoppdatum för kärnkraft samt målet om 50 procent minskad energiintensitet till 2030.¹³⁹

Övriga mål som följs är total andel förnybart och andel förnybart i transportsektorn till 2030 och som återfinns i nu gällande förnybartdirektiv II (REDII) vilket är en skillnad från scenarierna som gjordes 2020 då det första förnybartdirektivet gällde.¹⁴⁰ Metoden för att beräkna andelar förnybart i scenarierna följer i stor utsträckning den metod som anges i REDII men förenklingar behöver göras då detaljeringsgraden i scenarierna är lägre än i befintlig statistik.

Beräkningssättet kommer att förändras igen när REDIII införlivas. Förhandlingar om det direktivets innehåll pågår när dessa scenarier görs.

B.6.1 Nationella målet om 100 procent förnybar elproduktion men inte ett stoppdatum för kärnkraft

Det nationella målet till 2040 är 100 procent förnybar elproduktion men innebär inte ett stoppdatum som förbjuder kärnkraft och innebär inte en stängning av kärnkraft med politiska beslut.

I målberäkningen tolkas andelen förnybar el som kvoten mellan förnybar elproduktion och total elproduktion i landet. Förnybar el utgörs av vatten-, vind- och solkraft samt el producerat med biobränslen. Avfall består av både förnybart och fossilt och andelen förnybart är 52 procent i den senaste undersökningen¹⁴¹ som gjorts och antas gälla för samtliga scenarioår. Produktionen är den faktiska produktionen, d.v.s. den normalårskorrigeras inte utifrån vind- och vattentillgång som den görs i målen i förnybartdirektiven.

B.6.2 Nationella målet om minskad energiintensitet

Det svenska energiintensitetsmålet till 2030 innebär att energiintensiteten, uttryckt som tillförd energi i förhållande till BNP, ska vara 50 procent lägre 2030 jämfört med 2005.¹⁴²

I formuleringen av energiintensitetsmålet saknas en definition av begreppet tillförd energi. Däremot definieras i artikel 2 i energieffektiviseringsdirektivet¹⁴³ (EED) primärenergianvändning som den inhemska bruttoanvändningen, exklusive annan användning än energi. Inhemska bruttoanvändning motsvaras här av tillförd energi minus

¹³⁹ Läs mer om målet [Mål för energipolitiken - Regeringen.se](#).

¹⁴⁰ Direktiv 2009/28/EG och 2018/2001, om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor. Första direktivet gäller mål för 2020 och det andra mål för 2030.

¹⁴¹ Analys av den förnybara energiandelen i avfall till förbränning, Profu 2017.

¹⁴² Det tidigare målet för 2020 var 20 procent lägre energiintensitet år 2020 men då jämfört med 2008.

¹⁴³ [Direktiv om energieffektivitet 2012/27/EU, konsoliderad version](#).

användningen för icke-energiändamål. Värdet på BNP hämtas från nationalräkenskaperna för senast tillgängliga år och räknas sedan upp med utvecklingstakter som Konjunkturinstitutet tar fram för dessa scenarier.

B.6.3 Total andel förnybar energi, EU

Andelen energi från förnybara källor ska enligt förnybartdirektivet beräknas som kvoten mellan total förnybar energi och total slutlig energianvändning inklusive överföringsförluster och användning av el och värme vid el- och värmeproduktion. I den slutliga energianvändningen ingår även utrikes luftfart.

Den totala förnybara energin består av följande delposter:

- a) Producerad el från förnybar energi,
- b) producerad fjärrvärme och fjärrkyla från förnybar energi,
- c) användning av annan förnybar energi för uppvärmning, kylning och processer i industrin, hushållen, servicesektorn, jordbruket, skogsbruket och fiskenäringen samt
- d) användningen av förnybar energi för transporter.

Den förnybara elen från vatten- och vindkraft normalårskorrigeras och är därför inte den faktiska produktionen för historiska år. Med en normalårskorrigerad menas att produktionen justeras utifrån installerad effekt och faktisk produktion över en period av flera år. Normalisering görs för att inte ett år med låg produktion eller det omvända ska påverka utfallet av målet. För scenarioåren antas produktionen vara normalårskorrigerad.

Den slutliga energianvändningen utgörs här av den slutliga energianvändningen i industrisektorn, transportsektorn, bostäder och service, jordbruket, skogsbruket och fiskenäringen. Dessutom ingår användning av el och värme inom energisektorn i samband med el- och fjärrvärmeproduktion samt överföringsförluster i el- och fjärrvärmenät samt utrikes luftfart. Därmed är den inte jämförbar med den slutliga energianvändningen i den officiella statistiken.

B.6.4 Andel förnybart i transportsektorn, EU

Målet för förnybart i transportsektorn är som lägst 14 procent 2030. Ansvaret för att åstadkomma det läggs på drivmedelsleverantörerna i RED II i stället för på medlemsstaterna som gällde i RED I. Andelen beräknas nationellt som kvoten mellan förnybar energi och energianvändning. Kravet omfattar enligt nuvarande direktiv väg-, järnväg- och sjöfartssektorn, men utelämnar eldningsolja i sjöfart, flygfotoget i luftfart samt naturgas i vägtransporter.

Förnybar energi i täljaren omfattar alla typer av förnybar energi som används till alla transportsektorer, inklusive förnybar el som levereras till väg och järnväg. Även återvunna kolbaserade bränslen får beaktas.

När andelen beräknas ska egentligen förbestämda värmevärden användas som finns angivet i direktivet. I beräkningarna som görs i scenarierna används Energimyndighetens egna värmevärden. Skillnaderna mellan värmevärdena bedöms inte påverka målbedömningen i någon större utsträckning.

Dubbelräkningar i beräkningen enligt förnybartdirektivet

EU vill främja biodrivmedel som framställs av vissa avfalls- och restprodukter och låter därför dessa räknas dubbelt mot målet. De biodrivmedel som produceras av godkända¹⁴⁴ råvaror och som klarar hållbarhetskraven, får idag dubbelräknas. Övriga biodrivmedel som klarar hållbarhetskraven ingår också i andelsberäkningen men får inte dubbelräknas. I scenarierna utgår dubbelräkningen från hur mycket av respektive bränsle som fick dubbelräknas under senast tillgängliga år, i detta fall för 2021. För scenarioåren görs sedan en bedömning på om andelen från 2021 består eller justeras.

Till 2030 får användningen av förnybar el till spårbunden trafik multipliceras med 1,5 och förnybar el i vägtransporter får multipliceras med 4.¹⁴⁵

Dubbelräkningar ingår inte i den totala andelen förnybart utan endast för målet i transportsektorn.

¹⁴⁴ Finns i Bilaga IX i Direktiv 2018/2001.

¹⁴⁵ För 2020 var multiplikationsfaktorn 5 för vägtransporter och 2,5 för spårbunden trafik.