Till Klimaträttsutredningen M 2019:05

Delrapport B2. Elektrifieringens betydelse för omställningen

Delleverans för uppdrag med diarienummer: Komm2021/00110/M

2022-03-01

Professor Filip Johnsson, Institutionen för Rymd-, geo- och miljövetenskap, avdelning Energiteknik, Chalmers

Thomas Unger, Ebba Löfblad och Martin Hagberg, Profu

Sammanfattning

Syftet med denna studie är dels att peka på betydelsen av elektrifieringen som åtgärd för att nå Sveriges klimatmål, dels att utreda vad detta kan komma att innebära för den framtida elanvändningen. Eftersom industrin och transportsektorn idag står för de största utsläppen av växthusgaser ligger fokus för denna studie på en analys av elektrifieringens roll i dessa sektorer.

Vi kan konstatera att elektrifiering som klimatåtgärd inom industri och transport har rönt stor uppmärksamhet under de senaste åren. Det handlar bland annat om att järn- och stålindustrin, som står för de största industriella utsläppen av koldioxid i Sverige, har aviserat ett antal projekt och investeringar som, om de realiseras, helt kommer att ställa om denna bransch, kraftigt minska utsläppen av växthusgaser och väsentligt bidra till en ökad elförbrukning. Även andra industribranscher har aviserat ambitioner att ersätta fossil bränsleanvändning med el och vätgas. Men utvecklingen berör också transportsektorn där försäljningen av elfordon har tagit ordentlig fart och där flertalet prognoser pekar på att majoriteten av nybilsförsäljningen av lätta fordon kommer att utgöras av laddbara fordon innan 2030. Om denna utveckling fortgår och förstärks enligt de planer och ambitioner som finns så bedöms Sverige, genom elektrifieringen, ha goda förutsättningar att nå sitt nettonollutsläppsmål till 2045. Elektrifiering är inte den enda åtgärden som erfordras för den klimatpolitiska omställningen utan kommer att ackompanjeras av andra åtgärder som exempelvis ökad användning av biobränslen och effektiviseringar. Däremot pekar väldigt mycket på att elektrifiering kan bli den enskilt viktigaste åtgärden för att omställningen ska ske tillräckligt snabbt och i tillräcklig omfattning.

Det finns dock ett antal viktiga omständigheter som kan utgöra hinder för en ökad elektrifiering och, därmed på sikt, äventyra de svenska klimatmålen. En omfattande elektrifiering av det slag som sannolikt krävs, och som analyseras i denna rapport, innebär en infrastrukturell kraftansträngning inte minst med avseende på utbyggnad av elnätsinfrastruktur och elproduktion. Ledtiderna för sådana satsningar kan av flera skäl bli mycket långdragna. Detta bidrar till ökade osäkerheter och riskerar leda till att projekt som syftar till minskade växthusgasutsläpp men som kräver ansenliga mängder el inte blir av. En genomgång av olika studier indikerar att den svenska elanvändningen kan komma att i princip fördubblas till 2050 givet att elektrifieringen blir omfattande inom industri och transporter. En omfattande elektrifiering är i grund och botten en önskvärd utveckling med tanke på klimatutmaningen. Men denna utveckling kommer också att fordra en bred samhällelig uppslutning för att bli lyckosam.

Innehåll

Sammanfattning 2
1 Syfte, bakgrund och rapportens upplägg 1
2 Elektrifiering: en översikt 2
2.1 Varför elektrifiering? 2
2.2 Några scenariostudier 3
2.3 Den viktiga effektdimensionen 7
2.4 Finns det något som kan bromsa eller hindra elektrifieringen? 9
2.4.1 Tillståndsprocesserna kan utgöra ett potentiellt hinder 10
3 Sektoranalys 11
3.1 Industri 12
3.1.1 Järn- och stålindustrin 13
3.1.2 Raffinaderier och kemiindustri 16
3.1.3 Översiktlig beskrivning av skillnaderna mellan olika scenariostudier vad gäller det framtida elbehovet för industrin 18
3.1.4 Övrig industriell elanvändning som inte är knuten till specifika projekt 23
3.1.5 Industrins elbehov fördelat på de fyra elområdena 23
3.1.6 Elektrifieringens effekter på CO_2-utsläppen 24
3.2 Transporter 26
3.2.1 Elektrifieringens effekter på CO_2-utsläppen 28
3.2.2 Transportsektorns elbehov fördelat på de fyra elområdena 30
3.3 Övriga sektorer 31
3.3.1 Värmemarknaden 31
3.3.2 Hushållsel, driftel och datahallar 33
4 Övergripande slutsatser 34

1 Syfte, bakgrund och rapportens upplägg

Klimaträttsutredningen har uppdragit åt Chalmers (professor Filip Johnsson) att med stöd av forsknings- och konsultföretaget Profu analysera och besvara frågor kring följande tre områden som ingår i utredningens uppdrag i dess andra fas:

1. Nyckelverksamheter i omställningen
2. Elektrifieringens betydelse för omställningen
3. Betydelsen av åtgärder för att skapa ett mer transporteffektivt samhälle

De tre områdena analyseras och avrapporteras i tre separata delrapporter. Föreliggande rapport behandlar enbart ”Elektrifieringens betydelse för omställningen”.

Det övergripande syftet med denna studie är att peka på betydelsen av elektrifieringen som åtgärd för att minska de svenska växthusgasutsläppen. Med detta följer också en ökad utbyggnad av elinfrastrukturen, som omfattar både elproduktion och elnät. Eftersom industrin och transportsektorn idag står för de största utsläppen av växthusgaser ligger fokus för denna studie på en analys av elektrifieringens roll i just dessa sektorer. Vi ägnar särskild uppmärksamhet åt ett antal aviserade industriella projekt som bedöms leda till en betydande ökning i elanvändning om de genomförs. En viktig frågeställning avser tempot på elektrifieringen och dess betydelse för att med rimliga konsekvenser klara klimatmålen till 2030 och 2040 samt nettonollutsläpp 2045. I rapporten tar vi också upp några exempel på hinder eller svårigheter för en mer omfattande elektrifiering inom energisystemet. En utmaning är att elektrifieringen förväntas ske samtidigt som stora delar eltillförselsystemet kommer bytas ut av bland annat åldersskäl, det vill säga investeringar i elinfrastrukturen behövs både för att ersätta delar av den befintliga kapaciteten och för att expandera den totala produktionen.

Rapporten inleds med en översiktlig beskrivning av begreppet ”elektrifiering” och följs av en sammanställning av ett antal uppmärksammade scenariostudier som på senare tid gjorts med avseende på den framtida elanvändningen i Sverige. Vi pekar på ett antal viktiga skillnader i antaganden som gör att studierna kan landa i olika slutsatser. Förutom den förväntade ökningen i efterfrågan på el*energi* diskuterar vi också vad denna utveckling kan få för konsekvenser på efterfrågan på el*effekt*. Därefter tittar vi närmare på förutsättningarna inom industrin och transporter innan vi avslutar med en kortare betraktelse av bedömningar för den framtida elanvändningen även inom övriga användarsektorer.

2 Elektrifiering: en översikt

Begreppet ”elektrifiering” är närmast att betrakta som ett generellt uttryck för en ökad elanvändning i energisystemet i stort under kommande år. I begreppet kan man väga in en ”konvertering” från fossil bränsleanvändning inom *befintlig* energianvändning i en given sektor, exempelvis den stora andel av den svenska fordonsflottan som idag drivs med fossila drivmedel eller den andel av den svenska basindustrin som idag förbrukar stora mängder fossila bränslen för processändamål som exempelvis järn- och stålindustrin. Om vi dessutom förutsätter att elen som används inte produceras med fossila energislag så leder detta till en konvertering bort från fossila bränslen i hela energisystemet och inte bara inomn respektive användarsektor[1]. Men i begreppet ”elektrifiering” kan man kan också väga in elanvändning i *tillkommande* aktiviteter som exempelvis datahallar eller nyetableringar av olika industrier. Det senare leder alltså inte till en utfasning av *befintlig* fossilbränsleanvändning i Sverige men väl till en ökning i elförbrukning och beskriver därmed ett allmänt ökat elberoende i samhället. Samtidigt kan en elektrifiering som även omfattar tillkommande aktiviteter undvika en infasning av fossilanvändning. Lyckas detta inom Sveriges gränser kan en nyetablering av elektrifierad industri leda till att fossilbränsleanvändning utanför landets gränser ersätts om produkterna exporteras (naturligtvis beroeende på hur omställningen mot fossilfrihet utvecklas i vår omvärld).

I denna rapport kommer vi att beröra begreppet elektrifiering med avseende både på befintlig och tillkommande energianvänning. Elektrifiering kan ske ”direkt” i exempelvis industriella processer eller via laddbara fordon, eller ”indirekt” via omvandling till vätgas eller elektrobränslen där dessa energibärare utgör den slutliga energianvändningen. Vi kommer i denna rapport att ta upp såväl direkt som indirekt elektrifiering.

2.1 Varför elektrifiering?

Ur ett klimatpolitiskt perspektiv är syftet med elektrifieringen att med (utsläppsfri) el ersätta fossil bränsleanvändning som en (viktig) del för att nå Sveriges mål om nettonollutsäpp av växthusgaser till år 2045. I regeringens Elektrifieringsstrategi pekar man till och med ut elektrifieringen som *avgörande* för att nå klimatmålen (Regeringskansliet, 2022).[2] Elektrifieringens nyckelroll i omställningen lyfts även av bl.a. Energimyndigheten (2021)[3], IEA (2020)[4] och IPCC (2018)[5].

Nettonollutsläppsmålet till 2045 innebär en rejäl omställning för i synnerhet två sektorer i Sverige: industrin och transportsektorn. Dessa två sektorer står idag för de i särklass största utsläppen medan övriga sektorer som el- och fjärrvärmeförsörjning samt bostäder och service

[1] Cleary K. (2019) definierar elektrifiering som "*the process of replacing technologies that use fossil fuels (coal, oil, and natural gas) with technologies that use electricity as a source of energy*". Detta ger i sig inte per automatik minskad klimatpåverkan utan detta beror naturligtvis på hur elen för elektrifieringen produceras. Se Cleary K. "Electrification 101". Resources for the Future. https://www.rff.org/publications/explainers/electrification-101/

[2] Regeringskansliet 2022, " Nationell strategi för elektrifiering – en trygg, konkurrenskraftig och hållbar elförsörjning för en historisk klimatomställning – En sammanfattning", https://www.regeringen.se/48fdc2/contentassets/ce8e59af46a74b53b946341b53b625f1/sammanfattning-elektrifieringsstrategi

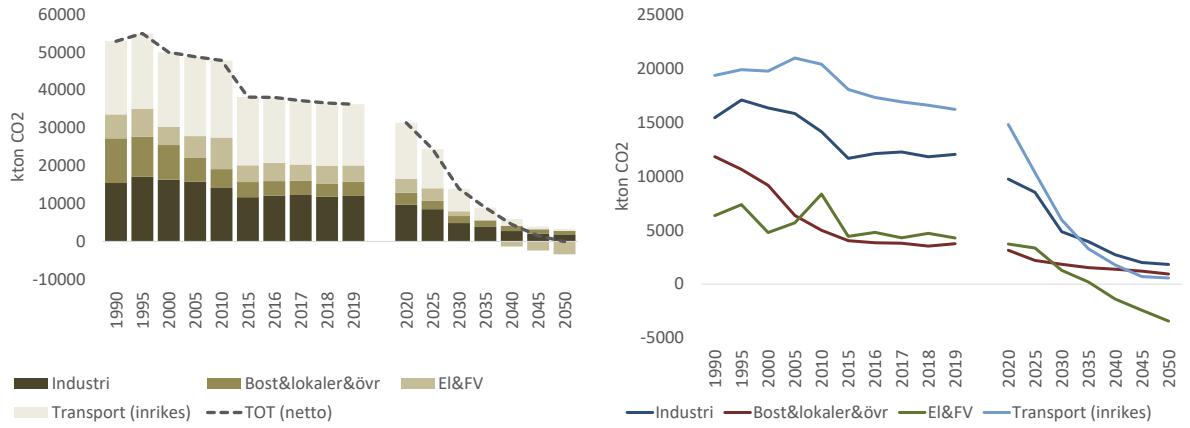
[3] Energimyndigheten 2021, Industrin – nuläge och förutsättningar för omställning. En nulägesanalys för omställning. ER 2021:27.

[4] IEA 2020, Net Zero by 2050. Roadmap for the Global Sector.

[5] IPCC 2018, Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report.

står för relativt små utsläpp. Av det skälet kommer vi i denna studie att fokusera på elektrifiering inom transportsektorn och industrin. [6]

Figur 1 visar ett exempel på de svenska koldioxidutsläppens utveckling i ett omvärldsscenario med omfattande elektrifiering och höga klimatpolitiska ambitioner. Viktiga förklaringar till varför Sverige givet en sådan utveckling når de klimatpolitiska målen är höga priser på ETS-marknaden (EUs handelssystem för utsläppsrätter), fortsatt gynnsam utveckling för förnybar energi, goda förutsättningar för en snabb elektrifiering inom industri och transportsektorn, reduktionsplikt för fossila drivmedel, bonus-malus-systemet, och skattebefrielse för höginblandade biodrivmedel, se Figur 1 nedan. Styrmedlen är alltså viktiga men det är också förutsättningarna för en snabb och lyckad elektrifiering som inbegriper såväl teknikutveckling som korta ledtider för en omfattande utbyggnad av elinfrastrukturen. Vi kommer att återkomma till hur resultaten i fFigur 1 tagits fram och då speciellt med avseende på elektrifieringsdelen.



Figur 1: De svenska CO_2-utsläppen uppdelade på sektorer för ett omvärldsscenario med omfattande elektrifiering och höga klimatpolitiska ambitioner (Källa: TIMES-NORDIC-analys i KOS-projektet)[7]

2.2 Några scenariostudier

Ett antal olika scenariostudier över den framtida elanvändningen har gjorts på senare år och trenden är relativt entydig: scenarioframskrivningarna tenderar att bli mer och mer elintensiva. I Energimyndighetens återkommande scenarioanalys över den långsiktiga utvecklingen för det svenska energisystemet gjorde man exempelvis 2019 bedömningen att ett mer elintensivt scenario skulle kunna leda till en bruttoelförbrukning på ca 200 TWh år 2050. Två år sedan landade den senaste studien från Energimyndigheten, för ett motsvarande scenario, på 234 TWh.[8] Tilläggas kan att 2019 års studie var den första som tog höjd för en mer omfattande

[6] I en framtid med ökad konkurrens om biomassa kan det bli en ökad elektrifiering av värmesektorn det vill säga den biomassa som idag ses som restfraktioner och kan eldas i fjärrvärmeverk kan komma att omriktas till råvara för t.ex. produktion av flygbränslen eller kemikalier. Detta är dock osäkert och behandlas därför inte i denna rapport.

[7] Energiforsk 2021, "Konkurrensen om den svenska skogsråvaran", https://energiforsk.se/program/konkurrensen-om-den-svenska-skogsravaran/. TIMES-NORDIC är en energisystemmodell som hanteras och utvecklas av Profu sedan flera år tillbaka. Modellverktyget analyserar den långsiktiga utvecklingen för hela det svenska energisystemet och den nordeuropeiska elmarknaden. Modellverktyget utnyttjas i flera forskningsprojekt inklusive branschforskning samt löpande i samverkan med Energimyndigheten och Naturvårdsverket.

[8] Energimyndigheten (2021), " Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering", ER 2021:28.

elektrifiering inom industri och transport. Dessförinnan präglades Energimyndighetens långsiktiga scenarier av en stagnerande elförbrukning eller en långsam ökning på längre sikt.

En kraftig ökning i elförbrukningen skulle innebära ett rejält trendbrott jämfört med utvecklingen under de senaste decennierna, där elförbrukningen har legat mer eller mindre konstant. Det mesta pekar dock på att ett sådant trendbrott är nära förestående och Svenska Kraftnät redogör i en nyligen presenterad kortsiktprognos för en förväntad ökning i bruttoelförbrukning på omkring 5 TWh fram till 2025 från dagens förbrukning på ca 145 TWh.[9] SvK pekar på bland annat industriella anslutningar och datahallar som förklaringar till de närmaste årens ökning.

I Figur 2 presenteras en sammanställning över några av de mer uppmärksammade scenarioanalyserna som gjorts på senare år och som tydligt visar den markanta ökningen i elanvändning mot 2050 i flertalet av scenarierna. Den viktigaste förklaringen till denna förväntade markanta ökning i elanvändning är ett antagande om en omfattande elektrifiering inom industrin men också inom transportsektorn. De studier som ingår i figuren är (i den ordning som de publicerades):

- ***NEPP***-projektets analys som publicerades 2020; dels ett referensscenario med en relativt långsam elektrifiering, dels ett elektrifieringsscenario med en mer optimistisk syn på förutsättningarna för elektrifieringen inom industri och transport.[10]
- ***Energimyndighetens*** långsiktiga scenarier över Sveriges energisystem som publicerades under 2021. I ett av scenarierna antar man att järn- och stålindustrin elektrifieras och att elektrifieringen går relativt snabbt inom transportsektorn. I de övriga scenarierna antas utvecklingen inom elektrifieringen gå väsentligt långsammare.[11]
- ***Profus*** analys åt ***Energiföretagen Sverige*** med fokus på två utpräglat elektrifierade scenarier till 2045. Studien redovisades 2021 och utgångspunkten var att analysera hur stor elanvändningen *kan* bli *om* samtliga då aviserade industriella elektrifieringsprojekt realiseras. I vissa fall var osäkerheterna betydande med avseende exempelvis på elektrifieringstakten och teknikval (för exempelvis elektrolysörer) vilket reflekteras i skillnaden mellan de bägge scenarierna.[12]
- ***Svenska Kraftnäts*** långsiktiga marknadsanalys som publicerades 2021. SvK redogör för fyra olika scenarier där utfallsrummet för elanvändningen efter 2040 är mycket stort. Förutsättningarna i elanvändning skiljer sig åt med avseende på framför allt utvecklingen inom industrin. I det allra mest elektrifierade scenariot (ingår i figuren) förutsätts en omfattande elektrifiering inom den svenska industrin även för exportändamål. Även i de två scenarierna med väsentligt lägre elanvändning, inklusive det som visas i figuren och som antar den lägsta elanvändningen, förutsätts en viss

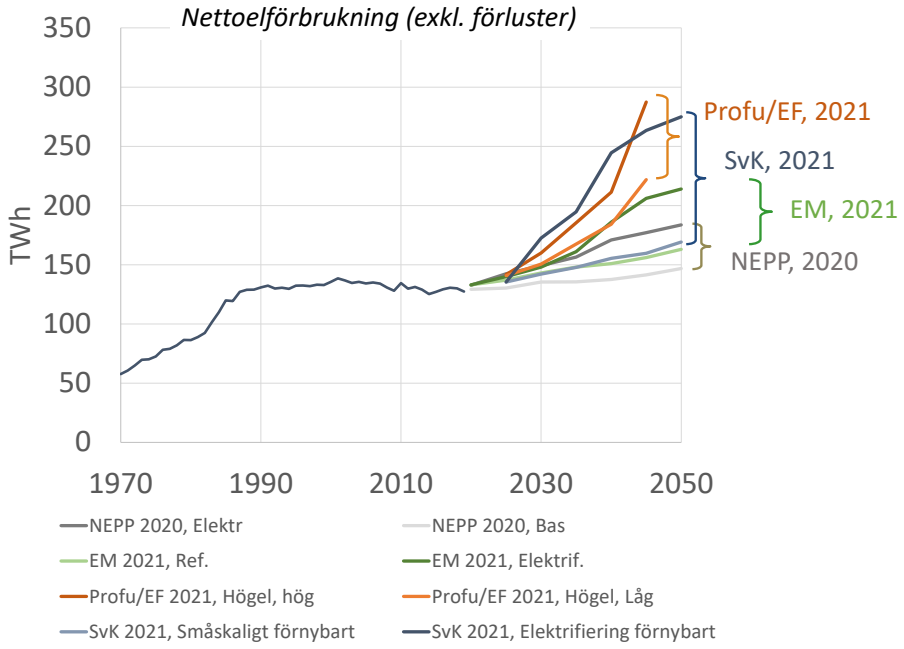
[9] Svenska Kraftnät 2022, "Verksamhetsplan med investerings-och finansieringsplan 2022-2024 - Simulering och analys av kraftsystemet 2022-2026".
[10] NEPP, 2020: "Insikter och vägval i energiomställningen", slutrapport dec 2020
[11] Energimyndigheten (2021), "Scenarier över Sveriges energisystem 2020", ER 2021:6.
[12] Profu (2021), "Efterfrågan på fossilfri el - Analys av högnivåscenario", på uppdrag av Energiföretagen Sverige, https://www.energiforetagen.se/globalassets/dokument/fardplaner/scenario-2045-april-2021/scenarioanalys-efterfragan-fossilfri-el-2045-slutrapport.pdf

elektrifiering av industri och transporter men i klart mindre omfattning. Dessutom antas fokuset på energieffektiviseringar och energihushållning vara större.[13]

I Regeringens elektrifieringsstrategi så omnämns Energimyndighetens och Svenska Kraftnäts scenariostudier.[14]

Den samling scenariostudier som vi redogör för här bekräftar det vi nämnde i föregående avsnitt, nämligen att samtliga scenarier bedömer att elanvändning kommer öka. Den tidigaste studien som nämns i anslutning till Figur 2 (NEPP, 2020) är den som genomgående ligger lägst i hur mycket elförbrukningen ökar medan de två senaste studierna[15] (Profu/EF 2021 och SvK, 2021) ligger högst, åtminstone när det gäller scenarierna med högst elförbrukning. Notera dock det mycket stora spannet mellan SvKs två scenarier (i SvKs studie återfinns totalt fyra scenarier för det framtida elsystemet. De två andra scenarierna hamnar emellan de två som redovisas i Figur 2).

Ur Figur 2 kan vi utläsa att elanvändningen exklusive distributionsförluster i flera av scenarierna hamnar på 200 TWh och däröver. Detta är väsentligt mer än dagens ca 130 TWh. I detta sammanhang kan vi även nämna studierna från Quist/Svenskt Näringsliv (2020) som landar på 200 TWh år 2045 (exklusive distributionsförluster)[16], IVA (2019)[17] som antar 205 TWh (exklusive distributionsförluster) 2045 och WSP (2021)[18] som för samma år räknar med 275 TWh (exklusive distributionsförluster).



Figur 2: Den historiska elanvändningen i Sverige sedan 1970 och ett antal scenarioframskrivningar mot 2050. Diagrammet avser nettoelförbrukning, det vill säga distributionsförlusterna är exkluderade.

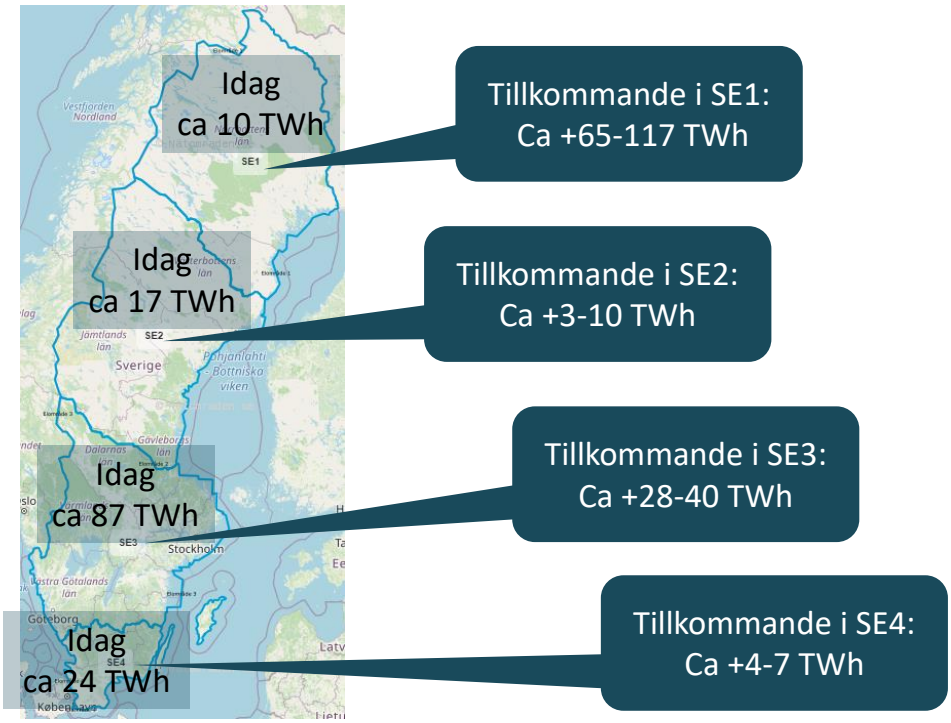
[13] Svenska Kraftnät (2021), "Långsiktig marknadsanalys 2021 - Scenarier för elsystemets utveckling fram till 2050".
[14] Regeringen 2022, "Nationell strategi för elektrifiering – en trygg, konkurrenskraftig och hållbar elförsörjning för en historisk klimatomställning"
[15] Arbetet i samband med EM, 2021 gjordes i huvudsak under 2020
[16] Quist Consulting (2020), "Kraftsamling elförsörjning – Långsiktig Scenarioanalys", studie på uppdrag av Svenskt Näringsliv,
[17] IVA (2019), "Så klarar det svenska elsystemet klimatmålen – En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet"
[18] WSP (2021), " Brister, beslut och balans i elsystemet – så kan ekvationen gå ihop"

När i tiden en studie görs är av naturliga skäl en viktig förklaring till att framskrivningarna avseende elanvändning skiljer sig åt mellan olika studier. Detta förklaras av att man i analysen präglas av det rådande kunskapsläget med avseende på såväl den aktuella tidpunkten som det man då tror sig veta om den kommande utvecklingen. Men det kan också finnas skillnader i bedömningen av hur snabbt elektrifieringen kan ske och vilka specifika industriprojekt som förväntas bli realiserade. Synen på omställningstakten inom exempelvis transportsektorn har ändrats under de senare åren till att mer och mer förskjutas åt det optimistiska hållet, det vill säga att elektrifieringen antas gå snabbare än man tidigare trott. Det senare är sannolikt en konsekvens av den snabba tekniska utvecklingen, det kraftigt breddade modellutbudet från fordonstillverkarna och kraftigt ökande försäljningssiffror av elbilar som också kopplar till de stödsystem som finns på plats (bonus-malus och ett reducerat förmånsvärde för elfordon).

Syftet med en scenariostudie kan också förklara varför det kan finnas relativt stora skillnader i utfall. Profu (2021)[19] utgår exempelvis från ett scenario där samtliga aviserade (vid tillfället då studien gjordes) industriprojekt faktiskt blir av. Detta illustrerar därmed ett *möjligt* scenario men utan en bedömning av hur sannolika de enskilda projekten är. En sådan bedömning skulle förskjuta scenariot mot ett *troligt* eller *sannolikt* scenario eller, om man har de ambitionerna, rent av en prognos. Scenariostudier som strävar efter att illustrera en möjlig utveckling givet att alla aviserade elektrifieringsprojekt blir av tenderar att bli mer och mer elintensiva ju yngre bedömningarna är. Skälet är att det under de senaste åren har tillkommit aviseringar på industriprojekt utan att något av de tidigare aviserade industriella elektrifieringsprojekten skrinlagts. Även den ökande elbilsförsäljningen på senare tid har sannolikt bidragit till att synen på vad som är en möjlig utveckling med avseende på elanvändningen "reviderats" uppåt. När det gäller Energimyndighetens långsiktiga scenarier över det svenska energisystemet så ska dessa främst ses som en konsekvensanalys av beslutade styrmedel givet olika omvärldsförutsättningar. Dessa omvärldsförutsättningar avser exempelvis internationella bränslepriser, ekonomisk tillväxt eller strukturella förändringar inom industrin. Energimyndighetens scenarier har alltså i detta fall ingen klimatpolitisk måluppfyllelse som drivkraft.

Tittar man på de industriella projekt som har aviserats på senare år (främst inom järn- och stålindustrin) så står det klart att den tillkommande elförbrukningen i stor utsträckning kommer att lokaliseras till elområde SE1. Men även i elområde SE3 bedöms elförbrukningen att öka betydligt, dels beroende på transportsektorns elektrifiering (som av förklarliga skäl är mer omfattande där befolkningen relativt sett är stor), dels till följd av de västsvenska raffinaderiernas och petrokemins förväntade elbehovsökning. I Figur 3 redovisas den uppskattning av den tillkommande elförbrukningen till år 2045 (utöver dagens elförbrukning), och hur den kan komma att lokaliseras, som gjordes av Profu 2021.[20]

[19] Profu (2021), "Efterfrågan på fossilfri el - Analys av högnivåscenario", på uppdrag av Energiföretagen Sverige, utfört av Profu
[20] Profu (2021), "Efterfrågan på fossilfri el - Analys av högnivåscenario", på uppdrag av Energiföretagen Sverige, utfört av Profu;



Figur 3: Tillkommande elförbrukning (till 2045) och befintlig elförbrukning (2020) per elområde enligt bedömningar av Profu (2021).

2.3 Den viktiga effektdimensionen

I föregående kapitel uppehöll vi oss vid den årliga elefterfrågan, det vill säga "TWh". En annan viktig dimension för elsystemet är att el efterfrågas av marknaden i olika omfattning vid varje tidpunkt, det vill säga det finns ett momentant och kontinuerligt effektbehov ("MW" eller "GW"). Även om detta är momentant brukar man med effektefterfrågan typiskt avse en genomsnittlig elefterfrågan under en timmes tid. Efterfrågan på effekt måste därmed mötas med en lika momentan tillförsel av el, vilket innebär en viktig dimensionering av elsystemet vid sidan om den årliga energibalansen. Förväntningarna är stora på att efterfrågeflexibilitet och energilager i framtiden kan bidra väsentligt för att möta den framtida effektbalansen vid sidan om produktionseffekt och handel mellan regioner.

Med utgångspunkt från en väsentlig ökning i elanvändning till följd av elektrifiering så kommer också efterfrågan på effekt att öka. Frågan är med hur mycket. De senaste åren pendlar det maximala eleffektbehovet runt 25 GW, beroende på framför allt vintertemperaturen, se Figur 4. Under 2020, som var förhållandevis varmt, var det maximala effektbehovet lägre än 23 GW. I anslutning till högelscenarierna som togs fram av Profu (2021) gjordes också skattningar av den maximala effektefterfrågan under 2045.[21] Denna bedömning är dels ett resultat av modellberäkningar (TIMES-NORDIC-modellen), dels ett antagande om den timvisa profilen för effektefterfrågan från den tillkommande industrin, som i utgångspunkten antogs vara inflexibel och därmed efterfråga effekt med en jämn uttagsprofil under året. Dessutom antogs att omkring hälften av elfordonen laddas "smart" utifrån ett nationellt perspektiv och därför inte bidrar till (den nationella) effekttoppen. Huvuddelen av den tillkommande elefterfrågan i

[21] Profu (2021), "Efterfrågan på fossilfri el - Analys av högnivåscenario", på uppdrag av Energiföretagen Sverige

studien är av industriell art och bidrar därför relativt lite till en så kallad ”spetsig” elefterfrågan (efterfrågan på eleffekt fördelar sig relativt jämnt under året). Samtidigt minskar efterfrågan på elenergi för uppvärmning till följd av fortsatt konvertering från elvärme (direktel och vattenburen elvärme) till effektiva värmepumpar och icke-elbaserade uppvärmningsalternativ som exempelvis fjärrvärme, vilket också dämpar efterfrågan på eleffekt. Även utbytesmarknaden för värmepumpar leder till en minskad efterfrågan på eleffekt, allt annat lika (nya värmepumpar har högre verkningsgrad och högre effekttäckning). Sammantaget leder detta till att efterfrågan på eleffekt relativt dagens läge ökar i mindre takt än efterfrågan på elenergi för ett givet scenario, eftersom vi framför allt adderar en efterfrågan på el med relativt jämn uttagsprofil.

Högel-scenarierna som undersöktes av Profu (2021) landade i en skattad efterfrågan på eleffekt på mellan drygt 37 och drygt 47 GW (se Figur 4). Lägger man till efterfrågeflexibilitet inom industrin genom exempelvis elektrolysörer i kombination med vätgaslager så kan detta medföra en reducering av den maximala efterfrågan på eleffekt på i storleksordningen ”flera GW”. Som jämförelse kan vi nämna den skattade potentialen för elektrolysörer år 2045 som gjordes av Fossilfritt Sverige (2021), närmare bestämt ca 8 GW el som med ett jämnt effektuttag använder drygt 60 TWh el för att producera vätgas.[22] Om elektrolysörer ska kunna bidra med flexibilitet i elsystemet krävs en överkapacitet av elektrolysörer (det vill säga en installerad kapacitet på >8 GW i detta fall) och ett tillhörande vätgaslager. Hur stor denna överkapacitet eventuellt kan komma att bli avgörs i varje enskilt fall och utifrån de bedömningar av elprisvariabilitet på elmarknaden och lokal elnätsnytta som respektive investerare gör. För vissa industrier som till exempel stål kan det också finnas ytterligare flexibilitet genom lagring av mellanprodukter (för stål kan järnsvamp lagras som dessutom kan exporteras, se Toktarova m.fl., 2021[23], 2022[24]). Vid alltför höga elpriser kan produktionen först täckas av vätgaslagret men man kan även tänka sig att produktionen av mellanprodukterna stoppas vid tillräckligt höga elpriser att och man då istället utnyttjar mellanprodukterna som finns i lagret. Hur stor ”prisflexibiliteten” är i industrin är dock oklart. Traditionellt har de flesta industrier haft ett starkt fokus på att hålla processerna igång. Flexibiliteten beror på värdet av produkten i förhållande till kostnaden för elen, samt de tekniska möjlighetera att köra processerna flexibelt.

I Figur 4 redogör vi också för skattningar av den maximala effektefterfrågan för två av Energimyndighetens scenarier från 2021 (”Underlag EM” i figuren), för NEPP-projektets elektrifieringsscenario från 2020[25] och från Profu (2021; ”Högelnivåscenario Max” och ”Högelnivåscenario Min” i figuren).[26] Återigen, den viktigaste skillnaden mellan dessa scenarier ligger i vilka antaganden som gjorts avseende elanvändningen inom industrin och transportsektorn.

Även Svenska Kraftnät gör en långsiktig bedömning av den maximala efterfrågan på eleffekt och skattar den till 29 GW i scenariot med lägst grad av elektrifiering respektive 47 GW i

[22] Fossilfritt Sverige (2021), ”Strategi för fossilfri konkurrenskraft – vätgas”

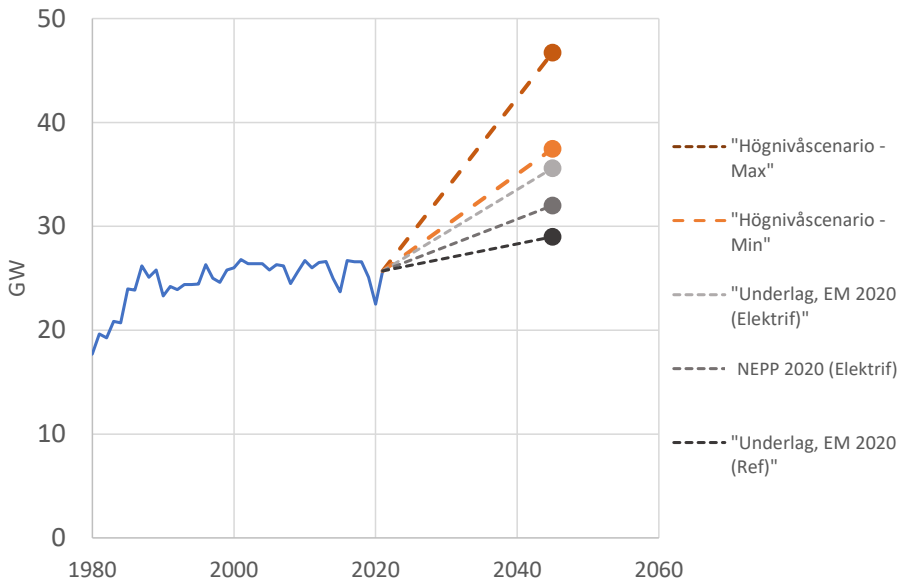
[23] Toktarova, A., Göransson, L., Johnsson, F. Design of clean steel production with hydrogen: Impact of electricity system composition (2021) Energies, 14 (24), art. no. 8349

[24] Toktarova, A., Walter, V., Göransson, L., Johnsson, F. Interaction between electrified steel production and the north European electricity system (2022) Applied Energy, 310, art. no. 118584

[25] NEPP, 2020: ”Insikter och vägval i energiomställningen”, slutrapport dec 2020.

[26] Profu (2021), ”Efterfrågan på fossilfri el - Analys av högnivåscenario”, på uppdrag av Energiföretagen Sverige

scenariot med högst grad av elektrifiering.[27] Siffervärdena avser år 2045 och inkluderar flexibilitet på efterfrågesidan.



Figur 4: Den årliga maximala eleffektefterfrågan (brutto) under en timme i Sverige sedan 1980 och ett antal scenarioframskrivningar för 2045.

2.4 Finns det något som kan bromsa eller hindra elektrifieringen?

Flera av de studier som nämnts här indikerar alltså att elförbrukningen kan komma att öka betydligt de närmaste åren och kan potentiellt fördubblas till 2050. Det innebär därmed att elanvändningen kan komma att växa med ytterligare runt 100-150 TWh under knappt 30 år och måste mötas med inhemsk elproduktion och/eller import. Utmaningen på tillförselsidan förstärks av det faktum att en stor del av den befintliga elproduktionen kan ha fallit för åldersstrecket efter 2040 (Energimyndigheten uppskattar exempelvis att drygt 100 TWh av den befintliga elproduktionen förväntas nå sin tekniska livslängd år 2045).[28] Så gott som alla studier pekar på att den växande efterfrågan på el i huvudsak kommer att mötas med ökad inhemsk elproduktion. Flertalet studier pekar dessutom på att Sverige kommer att bibehålla sitt elexportöverskott även framöver (se exempelvis NEPP, 2020 och Energimyndigheten, 2021). Det är heller inte orimligt att våra grannländer kommer att genomgå en liknande utveckling med avseende på elförbrukningen. På den integrerade nordeuropeiska elmarknaden kommer därför marknadens aktörer att sträva efter att uppföra ny elproduktion där den är mest lönsam. Det är högst troligt att inget annat kraftslag kan mäta sig med vindkraft under överskådlig tid när det gäller att bygga ut stora volymer på relativt kort tid till konkurrenskraftiga kostnader. I ett nordeuropeiskt perspektiv har Sverige goda förutsättningar att bygga ut vindkraft. Dessutom finns numera bättre förutsättningar för att utbygganden till havs kan ta fart genom att regeringen nyligen pekade ut ett antal områden för havsbaserad vindkraft på motsvarande 20-30 TWh.[29] Därutöver ger regeringen i uppdrag åt Energimyndigheten och andra berörda

[27] Svenska Kraftnät (2021), "Långsiktig marknadsanalys 2021 - Scenarier för elsystemets utveckling fram till 2050".
[28] Energimyndigheten (2018), " Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem", ER 2018:16
[29] https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2022/02/sveriges-forsta-havsplaner-mojliggor-snabbare-utbyggnad-av-havsbaserad-vindkraft/

myndigheter att identifiera lokaliseringar på ytterligare 90 TWh havsbaserad vindkraft. Med denna utveckling så följer naturligtvis utmaningar kring variabilitet och stabilitet som måste hanteras för att framtidens elsystem ska förbli stabilt och leveranssäkert. Om detta finns mycket att säga men omfattas inte av denna studie.

Hela elektrifieringen handlar alltså om mycket stora förändringar, inte bara inom industrin och transportsektorn, utan i allra högsta grad även på produktions- och distributionssidan i elsystemet. Att tillgången till ny elproduktion inte kan möta behovet och att utbyggnaden av elnäten riskerar att inte gå tillräckligt snabbt är två potentiella hinder som uppmärksammas av bland annat Teknikföretagen, (2020).[30] Viktiga påverkansfaktorer som ligger till grund för den typen av hinder är bland annat acceptansproblematiken som förknippas med ny kraftproduktion – och då speciellt vindkraft - och utbyggnad av elnät.

WSP gjorde under 2021, på uppdrag av Naturvårdsverket, en studie över potentiella hinder för elektrifieringen och identifierade ett tjugotal sådana hinder baserat på litteraturstudier och enkätundersökningar.[31] Sju av dessa hinder klassades som ”stora hinder” och omfattar kapacitetsbegränsningar i elnät, markkonflikter, långa tillståndsprocesser, svårförutsägbara kommunala veton, intäktsreglering (för elnätsföretagen), otydligheter i befintliga och framtida regelverk samt, slutligen, brist på marknadsmässiga förutsättningar för systemtjänster.

Att de framtida elpriserna kanske inte är ”tillräckligt låga” för att göra elektrifieringen attraktiv är också ett argument som vi själva har fått höra i våra samarbeten med olika industrirepresentanter och i samband med olika analyser av den framtida elprisbilden. Men förutsatt att vi ska nå våra klimatmål måste man nog samtidigt fråga sig vilka alternativ som står till buds till elektrifieringen och vad dessa i sin tur kostar. För några år sedan var CCS aktuellt som en möjlighet att minska utsläppen från järn- och stålindustrin, vid sidan om bland annat effektiviseringar och elektrifiering (se exempelvis Tillväxtanalys, 2016 och Jernkontoret, 2018).[32] I skrivande stund är det nog ingen underdrift att konstatera att allt fokus inom järn- och stålindustrin nu ligger på elektrifiering som en åtgärd för att minska de fossila utsläppen.

2.4.1 Tillståndsprocesserna kan utgöra ett potentiellt hinder

En stor utmaning och ett potentiellt hinder vad gäller takten i elektrifieringen ligger i det stora antal verksamheter som kräver tillståndsprövningar. På ett antal decennier ser vi framför oss en kraftig utbyggnad av vindkraft, både till land och till havs, nyetablering av, men också förändringar i, befintlig industri liksom en omfattande utbyggnad av tillhörande stödinfrastruktur i form av elnät. Under samma tid ska Sveriges vattenkraft omprövas och få moderna miljövillkor enligt en nationell plan, som en del i att Sverige ska uppfylla EU:s ramdirektiv för vatten. Det stora antalet tillståndsärenden, som är en förutsättning för omställningen, kommer att kräva stora resurser av landets prövningsmyndigheter, varför de senare riskerar att bli en flaskhals för omställningen om man inte klarar av att korta tiden för och effektivisera prövningarna under de kommande åren.

[30] Teknikföretagen (2020), ”Vägen mot elektrifiering - 12 förslag som banar vägen för Sverige som ledande i elektrifiering och batteriutveckling”, https://www.teknikforetagen.se/globalassets/rapporter/miljo-energi-och-klimat/vagen-mot-elektrifiering.pdf
[31] WSP (2021), ”Hinder för elektrifiering - Rapport framtagen av WSP på uppdrag av Naturvårdsverket”
[32] Tillväxtanalys (2016); ”Så kan stålindustrins utsläpp av växthusgaser minska”, Jernkontoret (2018), ”Klimatfärdplan för en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige”.

Enligt Svenskt Näringsliv[33] ligger den genomsnittliga tiden för en tillståndsprövning enligt miljöbalken för svenska industriverksamheter på ca fyra år.[34] Det föreligger dock stora skillnader beroende på vilken typ av industriell verksamhet det handlar om och huruvida det rör ändringstillstånd eller omprövning av hela verksamheten.[35] För verksamheter som kräver fler tillstånd utöver miljötillstånd enligt miljöbalken, t.ex. elnät, vindkraftparker och gruvverksamheter, kan hela processen ta betydligt längre tid. För elnät rör det sig i dagsläget om 10-13 år[36] och för vindkraftsparker ca 5-10 år[37] från projektering till driftsättande av anläggning[38]. Att inte i tillräckligt snabb omfattning öka elproduktionen eller förstärka elnäten och öka distributionsförmågan kan i förlängningen försena, men potentiellt även äventyra, flera av de aviserade industriella elektrifieringsprojekten.

När det gäller elektrifieringen av den svenska fordonsflottan finns det en rad utmaningar som kan påverka hur väl vi lyckas. Inte minst beror detta på det stora antalet aktörer som berörs av elektrifieringen av transportsektorn. Förutom den förda politiken, på nationell, regional och kommunal nivå, handlar det om många aktörer som behöver samverka för att få omställningen att gå i takt: Fordonstillverkare, leverantörer av laddinfrastruktur, batteritillverkare, nätbolag, elbolag, parkeringsbolag, åkerier, logistikaktörer, fastighetsägare och inte minst olika delar av den kommunala organisationen. En stor och avgörande pusselbit, i takt med att fler elbilar och laddhybrider säljs, handlar förstås om tillgängligheten till laddinfrastruktur, som i sin tur är beroende av tillgänglig effekt och nätkapacitet.

3 Sektoranalys

I detta kapitel går vi in mer i detalj i de två sektorer där elektrifieringen förväntas få klart störst betydelse för minskningen av växthusgasutsläppen, nämligen industrin och transportsektorn. Vi berör även mer kortfattat övrig elanvändning för att försöka göra bilden fullständig med avseende på den framtida elanvändningen.

I Figur 5 presenteras en scenariobild över samtliga sektorers framtida elanvändning. Figuren bygger på TIMES-NORDIC-beräkningar i samband med Energimyndighetens scenarioanalys från 2021 och avser ett elektrifieringsscenario.[39] I figuren kan man tydligt utläsa att elförbrukningen framför allt förväntas växa inom industrin och transportsektorn, så som vi

[33] https://www.svensktnaringsliv.se/regioner/ostergotland/naringslivet-och-miljon-behover-fungerande-tillstandsprocesser_1172831.html
https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/ooiukp_ledtiderpdf_1105758.html/Ledtider.pdf

[34] Från dess att en verksamhetsutövare inleder processen med att förbereda en ansökan till dess att dom (i första instans) har förkunnats.

[35] Tiden för tillståndsprövningarna beror på en rad faktorer som ej har ingått att belysa inom ramen för denna analys. Men i korthet handlar det bland annat om omfattningen på de utredningar som verksamhetsutövare åläggs att genomföra som en del i miljöprövningen inför förhandlingar, handläggningstiden hos prövningsmyndigheter (Mark- och miljödomstolarna, länsstyrelser, Naturvårdsverket och andra remissinstanser) samt överklagande av domar, antingen av myndigheter eller verksamheterna själva

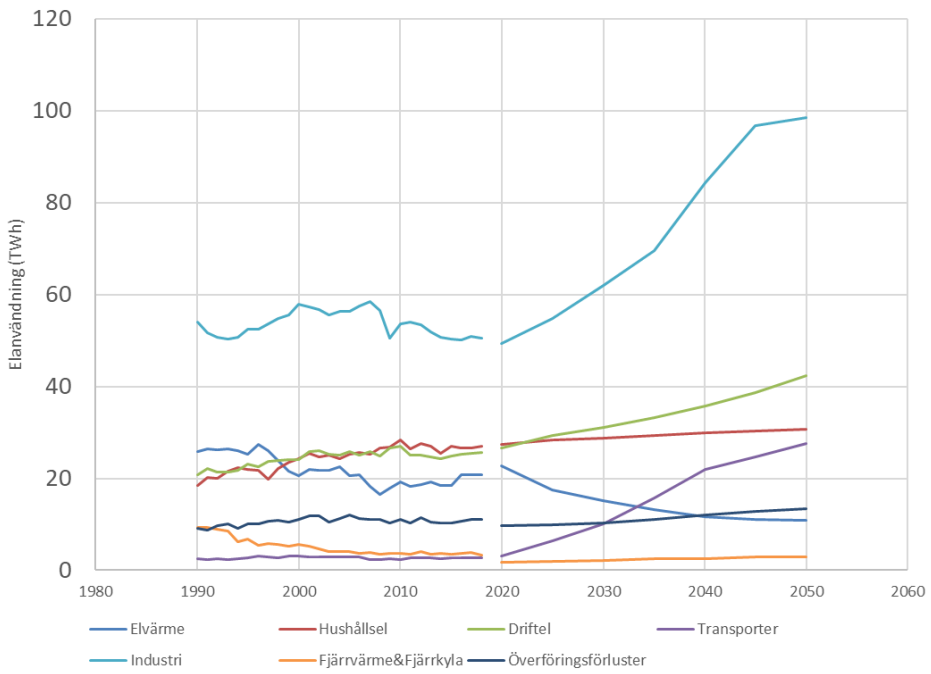
[36] Se t.ex. SOU 2019:30 Moderna tillståndsprocesser för elnät http://www.sou.gov.se/wp-content/uploads/2019/06/SOU-2019_30_webb.pdf

[37] Tiden från projektering och avtal med markägare till påbörjan av byggnation efter lagakraftvunnet miljötillstånd, enligt uppgifter från bl.a. Vattenfall och Holmen Energi. https://group.vattenfall.com/se/var-verksamhet/vindprojekt/faq-vindkraft/hur-fungerar-tillstandsprocessen-for-en-vindkraftpark-pa-land samt https://www.holmen.com/sv/energi/vindkraft/om-vindkraft/bygga-vindkraft/

[38] Se även SOU 2021:53, En rättssäker vindkraftsprövning, slutdelbetänkande
https://www.regeringen.se/49e6a7/contentassets/8b16a30f6de3468ab6fa640ebb23851f/en-rattssaker-vindkraftsprovning-sou-202153

[39] Energimyndigheten (2021), "Scenarier över Sveriges energisystem 2020", ER 2021:6.

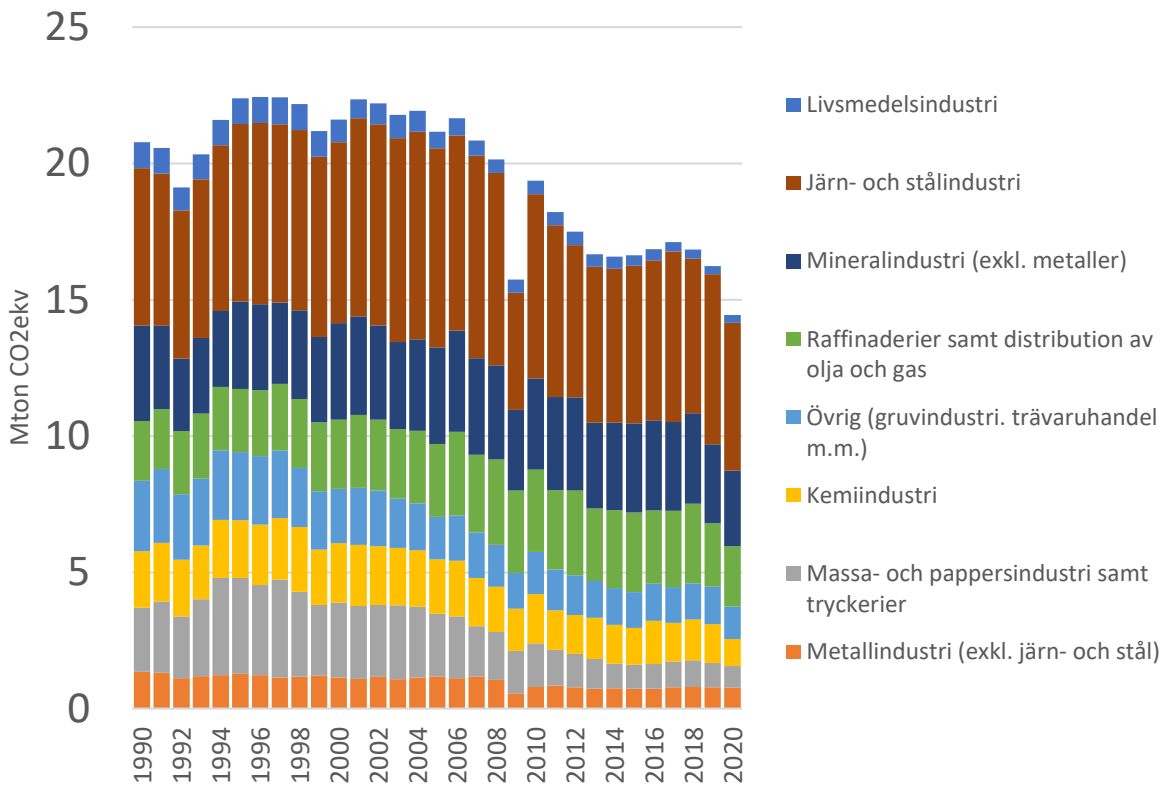
konstaterat tidigare. Men även inom gruppen ”Driftel” stiger elanvändningen relativt mycket. En del av detta går att hänföra till data- och serverhallar. Elanvändningen inom hushållen ser däremot ut att minska sammantaget, där minskningen i el för uppvärmning överstiger ökningen i apparat- och hushållsel.



Figur 5: Sektorsvis elförbrukning baserat på TIMES-NORDIC-beräkningar i samband med Energimyndighetens scenariostudie från 2021 (modellberäkningarna kan avvika marginellt från Energimyndighetens slutliga kvantifieringar och som publiceras i deras rapport).

3.1 Industri

Figur 6 visar att utsläppen av växthusgaser från svensk industri har minskat stadigt sedan inledningen av 2000-talet. Idag uppgår den svenska industrisektorns utsläpp av fossila växthusgaser till omkring 15 miljoner ton. De senaste årens årliga variationer i utsläpp beror främst på aktivitetsnivån kopplat till konjunkturläget. Merparten av dessa utsläpp uppkommer i olika tillverkningsprocesser och härrör från de råvaror som används i produktionen. Utöver de s.k. processrelaterade utsläppen uppkommer också en stor del från förbränning när fossila bränslen för energiändamål används. Elektrifieringen av industrin syftar till att, så långt möjligt, ersätta både de fossila råvarorna och de fossila bränslena. Det senare är relativt enkelt, medan det förra i flera fall är beroende av betydande teknikutveckling och processinnovationer som kan ta många år att utveckla och som sedan kommer vara förenade med stora investeringar.



Figur 6: Utsläpp av växthusgaser (Mton CO_{2ekv}) från den svenska industrin mellan 1990 och 2020 (Källa: Naturvårdsverket).

Även om den svenska industrins energianvändning idag till största delen utgörs av el och biobränslen (omkring 35% respektive 40% av den slutliga energianvändningen inom industrin), återstår ett relativt stort fossilberoende inom sektorn. Drygt 20% av den totala slutliga energianvändningen utgörs av fossila bränslen. Och det är den delen som ska minskas för att slutligen helt försvinna i syfte att nå fossilfrihet. I detta sammanhang är det viktigt att lyfta att viss industriell verksamhet har svårare än andra att fasa ut fossila bränslen. Ett sådant exempel är cementindustrin där CCS i dagsläget är enda möjligheten att helt få bort utsläppen av (fossil) koldioxid från kalkförbränningen.[40]

3.1.1 Järn- och stålindustrin

Järn- och stålindustrin står idag för drygt 30% av industrins utsläpp av fossila växthusgaser, varav ca 80% är processrelaterade (Energimyndigheten, 2021[41]). I nuläget finns det tre huvudsakliga processpår i Sverige för stål: via malmbaserad produktion av järn med masugn (masugnsprocessen), genom direktreduktion i tunnelugn för tillverkning av järnsvamp (Höganäsprocessen) samt skrotbaserad produktion med ljusbågsugn[42].

Idag dominerar masugnsprocessen, där utsläppen främst härrör från den reduktion som sker inne i masugnen vid järnframställningen, där kol och koks används som reduktionsmedel för att minska syrehalten i järnmalmen. För att eliminera användningen av kol och koks pågår nu

[40] Se t.ex. cementbranschens färdplan inom Fossilfritt Sverige: https://fossilfrittsverige.se/roadmap/cementbranschen/
[41] Energimyndigheten (2021). Industrin – nuläge och förutsättningar för omställning. En nulägesanalys inom Industriklivet. ER 2021:27.
[42] Jernkontoret (2018). Klimatfärdplan – För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige. Jernkontoret, Fossilfritt Sverige.

en omställning av den svenska järn- och stålindustrin där man ska ersätta masugnen med vätgasbaserad direktreduktion (DRI)[43], där vätgas ersätter kol och koks som reduktionsmedel och man erhåller fast s.k. järnsvamp istället för flytande smälta som i en masugn.

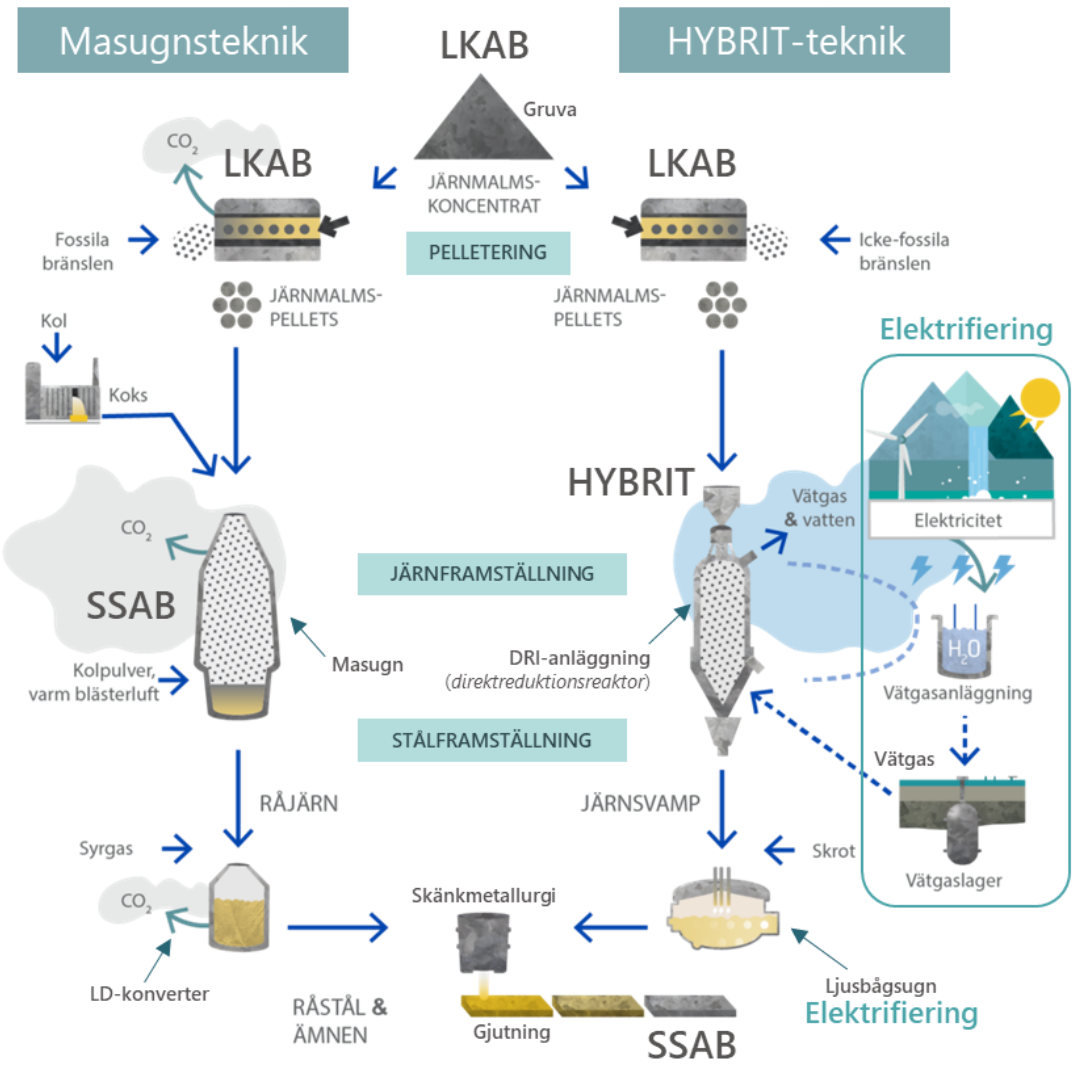
Som en del i HYBRIT[44]-projektet, som sedan 2016 drivs gemensamt av SSAB, LKAB och Vattenfall, avser SSAB, som äger de tre kvarvarande masugnarna i Sverige, att ersätta dessa med DRI-produktion som ska omfatta anläggningar för direktreduktionen av järnmalmspellets till järnsvamp, ljusbågsugnar som omvandlar järnsvampen till stål samt elektrolysörer och vätgaslager för att försörja DRI-anläggningarna med reduktionsmedel. Under 2021 levererades den första vätgasreducerade järnsvampen i pilotskala och ambitionen är att ha kommit upp i industriell skala 2026. Genom HYBRIT-tekniken kan man minska de fossila utsläppen från stålproduktionen med ca 90 %[45].

LKAB aviserade i slutet på 2020 att de avser att på sikt ställa om till egen produktion av järnsvamp, vilket innebär att man tar ett steg upp i förädlingskedjan. Istället för dagens slutprodukt från gruvproduktionen i form av järnmalmspellets kommer LKAB på sikt enbart att producera järnsvamp på egna anläggningar i anslutning till gruvverksamheten (dvs. utöver HYBRIT-projektet).

Som en första del i SSAB:s del av HYBRIT-projektet ska masugnen i Oxelösund fasas ut och ersättas med en ljusbågsugn som på sikt ska ta emot järnsvamp från DRI-anläggningen. I januari 2022 aviserade SSAB att de har beslutat att tidigarelägga sin omställning för att redan 2030 (istället för 2045 enligt de ursprungliga planerna) ha ställt om till fossilfri stålproduktion på alla produktionsorter i Norden[46]. För Sveriges del innebär SSAB:s omställning av den svenska delen av verksamheten att Sveriges utsläpp av koldioxidutsläpp minskar med ca 10 %.[47]

Figur 7 ger en översikt över värdekedjan från järnmalm till stålämnen via dagens masugnsteknik och skillnaden jämfört med processtegen och de ingående delarna i HYBRIT-tekniken. I figuren har även markerats de olika delarna i värdekedjan för SSAB respektive LKAB och det (tillsammans med Vattenfall) gemensamma bolaget HYBRIT. I HYBRIT ingår DRI-anläggningen som försörjs med vätgas från elektrolysörer med tillhörande vätgaslager. Den järnsvamp som erhålls ur DRI-reaktorn går sedan, tillsammans med en viss andel skrot, in i en ljusbågsugn varifrån råstålet erhålls. DRI-reaktorn tillsammans med ljusbågsugnen ersätter därmed masugnens (och LD-konverterns) funktion. Eftersom masugnen försvinner kan även koksverken vid stålverken läggas ner.

[43] DRI står för *Direct-Reduced Iron*, dvs. direktreducerat järn eller järnsvamp. DRI-tekniken för att ersätta masugnstekniken skiljer sig dock från Höganäsprocessen, där den senare sker i tunnelugnar som använder naturgas för att skapa vätgasen som krävs för direktreduktionen. Höganäs Sweden testar för närvarande förgasning av biobränsle för att på sikt kunna ersätta naturgasen.
[44] *Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology*. https://www.hybritdevelopment.se/
[45] https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-ssab-lkab-och-vattenfall-forst-i-varlden-med-vatgasreducerad-jarnsvamp/
[46] https://www.ssab.se/nyheter/2022/01/ssab-planerar-fr-nytt-produktionssystem-i-norden-och-tidigarelgger-den-grna-omstllningen
[47] https://www.jernkontoret.se/sv/publicerat/nytt-fran-jernkontoret/nyheter/2022/ssab-tidigarelagger-omstallningen-med-15-ar/



Figur 7 Figuren är hämtad från SSAB:s hemsida men är modifierad av rapportförfattarna för att förtydliga de delar som ingår i elektrifieringen av järn- och stålproduktionen (nedströmsprocesser i form av valsning osv ingår ej i figuren). I figuren har markerats de delar av produktionskedjan som ligger hos SSAB/LKAB och det gemensamma bolaget HYBRIT.

I början på 2021 meddelade också det nyligen bildade H2 Green Steel sina planer på en helt ny anläggning för tillverkning av stål (som omfattar hela kedjan från järnsvampstillverkning via DRI-teknik, stålproduktion i ljusbågsugn till produktion av färdiga stålämnen i valsverk). Ambitionen är att produktionen ska vara i gång redan 2024, dvs. två år före HYBRIT. I detta avseende är alltså H2 Green Steel en nytillkommen verksamhet som potentiellt bidrar till att minska klimatpåverkan från stålproduktion.

Att ersätta masugnen med DRI-teknik kräver en hel del el. Hur stort elbehov det rör sig om handlar, utöver produktionskapaciteten, om storleken/kapaciteten på de elektrolysörer man investerar i som ska försörja reaktorn med vätgas (vilket i sin tur måste hänga ihop med storleken på vätgaslagret).

LKAB har aviserat att hela deras satsning kommer att kräva ca 55 TWh el till 2045, varav 48 TWh el till vätgasproduktion. I de ca 55 TWh ingår elbehovet för HYBRIT-projektet på ca 15 TWh

(siffran motsvarar dagens produktionsnivå av stål för SSAB)[48]. LKAB har angivit ett spann på 40-70 TWh för sin DRI-produktion där spannet har att göra med det slutliga valet på elektrolysörernas storlek.

I tabellerna 1 och 2 sammanfattas det uppskattade elbehovet för de olika aviserade planerna för DRI-teknik i Sverige tillsammans med elbehovet för andra (större) aviserade industrisatsningar fram till 2045 samt vad som skiljer de olika studerade scenarierna i denna rapport åt.

Det pågår även en elektrifiering av stålindustrins nedströmsprocesser, dvs. bearbetningen av stålämnen till plåt och andra slutprodukter. Inför bearbetning av stålämnena måste dessa värmas, vilket idag till största delen sker med fossila bränslen. Ovako är den aktör som ligger längst fram och som redan från och med i år, 2022, helt kommer att övergå till att värma stålet inför valsning med vätgas från elektrolys[49]. Bränslebytet motsvarar i full skala med elektrolysörer på fyra orter där Ovako har produktion i Sverige) 80 MWel. Vid full implementering av motsvarande bränslebyte som Ovako i hela metallbearbetningsindustrin i Sverige uppskattas motsvara ca 4 TWh el (50 elektrolysörer motsvarande ca 800 MWel). Även Sandvik ser vätgas som en möjlighet för att ersätta fossila bränslen i sina uppvärmningsugnar som idag använder flytande naturgas (LNG).

3.1.2 Raffinaderier och kemiindustri

När det gäller omställningen av raffinaderi- och kemiindustrin handlar elektrifieringen främst om att ersätta de fossila bränngaser och den naturgas som idag används för vätgasproduktionen vid anläggningarna (för den vätgas som krävs i industriprocesserna) med elektrolysörer. En konsekvens av raffinaderiernas övergång från fossila till biogena råvaror är bl.a. att biodrivmedelsproduktion ökar vätgasbehovet vid raffinaderierna. För att inte öka utsläppen av koldioxid vid anläggningarna, och på sikt eliminera utsläppen från vätgasproduktionen, finns det därför ett stort behov av att fasa ut de fossila gaserna som idag används.

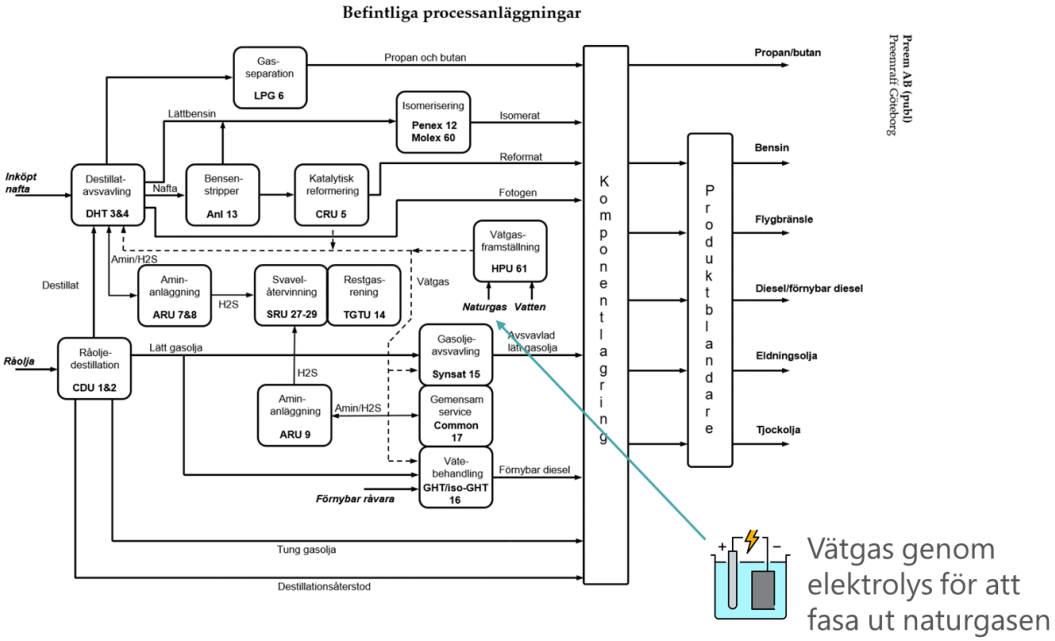
Det potentiella industriella vätgasbehovet hos svenska raffinaderier (Preems båda raffinaderier samt St1:s raffinaderi) och petrokemi (Stenungsundsindustrierna) är osäkert på grund av att det är oklart vilka utvecklingsvägar som kommer att följas och vilken grad av direkt elektrifiering och elektrifiering via vätgas som dessa kommer att innehålla. I Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi[50] anges att Preem kan behöva 5 TWh vätgas år 2030[51], men beroende på råvara till processerna samt den totala drivmedelsproduktionen skulle siffran kunna bli mycket högre. Om svensk skogsråvara ska användas för att producera de 5 miljoner kubikmeter biodrivmedel som Preem aviserat[52] som målsättning till år 2030 kommer det behövas minst 40 TWh el (och minst 40 TWh biomassa) alternativt minst 80 TWh biomassa, alltså beroende på hur stor andel av den tillförda energin för processen som sker i form av el. ST1 har i dagsläget en

[48] https://www.hybritdevelopment.se/hybrit-ssab-lkab-och-vattenfall-forst-i-varlden-med-vatgasreducerad-jarnsvamp/
[49] https://www.ovako.com/sv/nyheterevents/nyheter--pressmeddelanden/ovako-press-release-detail/?releaseId=8B6EF50A87BC8803
[50] Vätgasstrategi för fossilfri konkurrenskraft: https://fossilfrittsverige.se/strategier/vatgas/
[51] Verkar i huvudsak vara baserat på användande av animaliska fetter som råvara – inhemska potentialen är c:a 100 000 ton vilket kan jämföras med ett behov på runt 4 miljoner ton om all råvara skulle utgöras av dessa fetter.
[52] Preem: Hållbarhetsredovisning 2020 "Preem progress book - Preems roll i samhällsomställningen".

produktionsvolym på ca 5 miljoner kubikmeter drivmedel, men författarna av denna rapport har inte sett någon siffra med explicit mål för biodrivmedel liknande det Preem aviserat mer än att de har ett mål att över tid gå över till att endast erbjuda förnybara drivmedel.

I Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi pekas på att Preem inte har beslutat hur vätgasen ska framställas och att det i Preems fall inte är bestämt hur deras vätgasbalans ska förses år 2030, men troligt är en kombination av elektrolytisk vätgas, vätgas från biogas och blå vätgas[53].

I Figur 8 nedan visas ett översiktligt processchema av Preems raffinaderi i Göteborg och var i processen som det kan bli aktuellt med vätgasproduktion via elektrolys för att fasa ut naturgasanvändningen[54].



Figur 8 Översiktligt processchema över Preems raffinaderi i Göteborg där rapportförfattarna har markerat var i processen man ser framför sig att ersätta vätgas från naturgas med vätgas från elektrolysörer.

Polyetentillverkaren Borealis med en anläggning i Stenungsund undersöker olika alternativ till att minska de fossila utsläppen vid anläggningen[55]. Ett exempel handlar om att ersätta den interna bränngas, som används i krackerugnarna, med vätgas via elektrolysör alternativt import av ammoniak, men på längre sikt kan det också bli aktuellt med elektrifiering av processen. Thunman & Johnsson (2021) har räknat på två fall för Borealis krackeranläggning i Stenungsund och kommit fram till att det behövs:

[53] Blå vätgas innebär vätgas från naturgas där koldioxiden som bildas vid vätgasframställningen (ångreformering) avskiljs och lagras.

[54] Preem hade tidigare planer på att installera en elektrolysör vid raffinaderiet i Göteborg i detta syfte, men fick skrinlägga planerna på grund av kapacitetsbrist i nätet ut mot raffinaderiet. Preem undersöker nu istället möjligheterna, tillsammans med Vattenfall, för en betydligt större elektrolysör vid raffinaderiet i Lysekil för att börja fasa ut naturgasen för vätgasproduktionen vid raffinaderiet. https://group.vattenfall.com/se/var-verksamhet/vagen-mot-ett-fossilfritt-liv/minska-industrins-koldioxidutslapp/preem

[55] https://energiforsk.se/media/29115/5-vatgas-inom-kemi-och-petrokemi-industri_borealis.pdf

- ca 3,5 TWh vätgas eller el för att eliminera uppkomsten av koldioxid vid fortsatt användning av fossil råvara
- ca 7-14 TWh vätgas eller el för ett fall där råvaran från petrokemin utgörs av plastavfall i syfte att skapa en cirkulär plastanvändning.

När det gäller hur plastindustrin kan utvecklas så måste målet naturligtvis vara att skapa system som är så cirkulära som möjligt[56]. Detta skulle få en positiv inverkan på klimat- och annan miljöpåverkan samt öka resurseffektiviteten. Forskning visar att detta verkar fullt möjligt[57], men det innebär att stora delar av avfallshanteringssystemet behöver ändras. Här pågår forskning (till exempel i samarbete med Borealis) för att utveckla ovan nämnda cirkulära plaståtervinning genom att skapa så kallade returraffinaderier (inte att förväxla med de termomekaniska återvinningsprocesser som används idag).

3.1.3 Översiktlig beskrivning av skillnaderna mellan olika scenariostudier vad gäller det framtida elbehovet för industrin

I detta avsnitt jämförs de fyra scenariostudierna som presenterats av NEPP, Energimyndigheten (EM), Profu/Energiföretagen samt Svenska Kraftnät (SvK) vad gäller det framtida elbehovet för industrin. Skillnaderna mellan dessa olika scenarier för det framtida totala elbehovet beror, som tidigare nämnts, i hög grad på den antagna takten i elektrifieringen av industrin och transportsektorn. Vad gäller industrin handlar skillnaderna i mångt och mycket om vilka industriprojekt som har ingått i scenarierna, antingen beroende på när i tiden studierna har genomförts (vilka industriprojekt som då varit aktuella/aviserats) eller i vilken grad man har antagit att dessa verkligen genomförs i full skala inom den studerade tidsperioden.

I Energimyndighetens referensscenario och Elektrifieringsscenario är skillnaden i industriell energianvändning efter 2035 betydande till följd av elektrifieringen (Energimyndigheten, 2021).[58] I Energimyndighetens arbete som publicerades under våren 2021 och som bygger på analysarbeten som till stor del utfördes under senare delen av 2020 så ingår av förklarliga skäl inte flera av de under det senaste året aviserade industriella elektrifieringsprojekten. Det gäller bland annat delar av LKABs aviserade projekt och dess elförbrukning (det som inte direkt kan kopplas till HYBRIT-projektet), H2Green Steels satsning och projektet Green Wolverine som avser förnybar konstgödselproduktion i elområde SE1. I Energimyndighetens Elektrifieringsscenario ingår däremot bland annat HYBRIT-projektet, elektrifiering av gruvorna, CemZero (fossilfri cementproduktion) och Northvolts batterifabrik i Skellefteå. Tidslinjen för HYBRIT-projektet i Energimyndighetens Elektrifieringsscenario följer dock den ursprungliga planen, det vill säga att det antas vara i full produktion runt 2045, och inte enligt SSABs nyligen aviserade planer om fossilfrihet redan till 2030. Med alla dessa ”uppdateringar” som tillkommit sedan Energimyndigheten gjorde sin studie 2020/2021 skulle alltså elförbrukningen i ett elektrifieringsscenario se tämligen annorlunda ut, både med avseende på omfattning och på ökningstakt. Huvuddelen av dessa ”uppdateringar” ingår däremot i Profus ”Högelscenarier”

[56] Vela Cañete, I., Berdugo Vilches, T, Berndes, G., Johnsson, F., Thunman, H., Co-recycling of natural and synthetic carbon materials for a sustainable circular economy, Artikel inskickad för publicering, 2022.
[57] Thunman, H., Berdugo Vilches, T., Seemann, M., Maric, J., Cañete Vela, I, Pissot, S., Nguyen, H. N. T, Circular use of plastics-transformation of existing petrochemical clusters into thermochemical recycling plants with 100% plastics recovery, Sustainable Materials and Technologies, Volume 22, 2019, e00124, (se även www.dn.se/debatt/sa-kan-plast-ateranvandas-i-stallet-for-att-eldas-upp/)
[58] Energimyndigheten, 2021: ”Scenarier över Sveriges energisystem 2020”, ER 2021:6;

som publicerades under våren 2021. Fokus i det projektet låg dock på ett enstaka år, nämligen 2045, vilket innebär att den allt snabbare takten i elektrifieringen fram till 2045 saknar mer eller mindre betydelse för det slutliga elbehovet 2045. Vad gäller SvK:s scenarioanalyser (SvK, 2021) ges inga detaljerade specificeringar av vilka elektrifieringsprojekt som ingår i antagandena för industrisektorns utveckling, där ges enbart en övergripande beskrivning av denna utveckling.

I tabell 1 visas, som en översikt för hela industrisektorn, det antagna elbehovet år 2045 i Profus Högelscenario, som visar spannet i de olika analyserade industribranscherna.

Tabell 1 Elbehovet år 2045 (TWh) inom industrin i Profus Högelsscenario för Energiföretagen Sverige 2021.

Sektor/företag	Elbehov 2019 (TWh)	Elbehov 2045 (TWh)	Källor	Elprisområde
Kemiindustri m.fl.*	10	19-27	Intervjuer, Material Economics (2021)	SE1-SE4
Järn, stål, metall, gruvor*	8	69-114	Intervjuer	SE1-SE4
Massa och papper	19	19	Intervjuer	SE1-SE4
Ny industri	0	2,5-4,5	Ny Teknik, Northvolt hemsida	SE1, SE2
Övrig industri**	12	12		SE1-SE4
TOTALT	50	122-177		

* Sektorsindelning enligt tidigare slide. ** Övrig industri är således främst verkstadsindustri samt industri som i energistatistiken betecknas som övrig industri

I tabell 2 på andra sidan visas en översikt över de större, till dags dato, planerade och aviserade industriprojekten i Sverige som kan komma att realiseras fram till 2045 tillsammans med en bedömning av tillkommande elbehov. Det är viktigt att betona att tabellen inte ska ses som någon sannolikhetsbedömning av om och när dessa projekt kan komma att realiseras. Det finns osäkerheter i dessa satsningar men det som är klart är att för år 2045 så svarar "Max"-kolumnen mot en betydande del av den ökning av elbehovet som presenetrades i de olika scenarierna i avsnitt 2.2 ovan (se även tabell 3 nedan). Att projekten realiseras torde dock vara mycket viktigt för om Sverige (och världen[59]) ska nå klimamålen.

[59] Alltså att motsvarande teknikutveckling genomförs i andra regioner (där Sverige kan vara ett föregångsland).

Tabell 2 Översikt över de större, till dags dato, planerade och nyligen aviserade projektet som kan komma att realiseras fram till 2045 samt det tillkommande elbehovet (TWh) för dessa.

Företag/projekt (elbehov i TWh)	2019	2030	2035	2045 Min	2045 Max	
HYBRIT/SSAB/LKAB	4	23	28	51	81	*Järnsvamps- och stålproduktion. Siffrorna baseras på underlag från LKAB om antagen infasning av elektrolysörkapacitet (40-70 TWh), en tidigarelagd omställning av SSAB:s produktion till år 2030 (siffra avstämd med SSAB). Ingår även 7 TWh för LKAB:s övriga elektrifieringssatsningar (ReMAP och elektrifiering av gruvtransporter) samt elektrifiering av nedströmsprocesser i stålproduktionen. Den absoluta majoriteten av elbehovet tillkommer i SE1, men delar i SE3.*
Northvolt	0	2	2	2	3	*Batterifabriken i Skellefteå. Osäkert vad som händer med kapacitet efter 2030, spannet som har angetts är 2-3 TWh, därför 3 TWh till 2045 Max. SE2.*
Northvolt+Volvo	0	2	2	2	3	*Batterifabrik i Göteborg, presenterades februari 2022. Samma storleksordning som i Skellefteå. SE3.*
Liquid Wind	0	0,5	0,5	0,5	2,5	*E-metanol. Flagship One Örnsköldsvik, produktionsstart 2024. Elektrolysörer på 65 MW. 2045 Max-scenario motsvarar fem st anläggningar i Sverige (antogs i Profus Högelscenario). SE2.*
CemZero	0	4	5	5	5	*Cementas planer på elektrifiering av cementproduktionen. Något oklart avseende tidplanen för elektrifieringen på grund av Slite-domen 2021. SE3.*
H2GS	0	8	13	13	24	*Stålverk inkl. DRI-produktion. Planerar driftsättning 2024 (8 TWh). Full kapacitet 5 Mton till 2030: 13-14 TWh/år samt 1,8 GW elektrolyskapacitet. Oklart därefter. Siffran 24 TWh 2045 baseras på uppgift från Profu Högelscenario. SE1,*
Vattenfall+SAS	0	2	2	2	2	*Elektroflygbränsle. Siktar på drift runt 2026/2027, Forsmark. Anläggning för vätgas ca 250 MW. Oklart därefter. SE3.*
Green Wolverine	0	4,5	4,5	4,5	5	*Förnybar konstgödselproduktion. Anläggning i drift 2026, antingen Luleå eller Boden, 600 MW elektrolyskapacitet. Skillnad min/max – beror på antagande om drifttimmar. SE1.*
Cinis Fertiliser	0	-	-	-	-	*Oklart elbehov. Två gödselfabriker, i Skellefteå respektive Örnsköldsvik. Ev. använda avfall från Northvolts batterifabrik. SE1/SE2.*
Perstorp Project Air	0	-	-	-	-	*Metanoltillverkning från CCU och förgasning. Aviserad elektrolysöreffekt på 25 MWel. Planeras i drift från 2025. SE3.*
Borealis	0	-	-	-	-	*Samarbete med Vattenfall om möjligheterna att använda vätgas från elektrolys som krackerbränsle, motsvarande 300-500 MWel. SE3.*

En icke-försumbar del av de många aviserade projektens elbehov är kopplade till vätgasproduktion. I Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi från 2021 uppskattar man ett framtida behov av el för elektrolysörer i Sverige år 2030 på 16-28 TWh (baserat på det sammanlagda effektbehovet för aviserade projekt)[60]. För år 2045 uppskattar man, för de projekt som ingår i Vätgasstrategin, ett totalt vätgasbehov år 2045 på 50 TWh, där 45 TWh behövs i projekt med fokus på vätgas via elektrolys (motsvarar ett elbehov på 55 TWh el). Lägger man till behovet för att ersätta återstoden av dagens användning av fossil vätgas (ca 0,6 TWh), det ökade behovet av vätgas för uttalade planer för framställning av biobränslen (ca 8 TWh) samt en potentiell vätgasanvändning inom nya värdekedjor (ca 3 TWh) landar strategin på ett totalt vätgasbehov på 61 TWh år 2045. Skulle all denna vätgas framställas genom elektrolys skulle det krävas ca 81 TWh el. Det bör obseveras att dessa uppskattningar delvis överlappar de elbehovsuppskattningar som ges i tabell 2.

Tabell 3 på andra sidan ger en översikt över vilka av de i tabell 2 beskrivna industriprojekten som ingår i de fyra olika scenariostudierna som har presenterats av NEPP, EM, Profu/Energiföretagen samt SvK. Tabellen indikerar därmed vari de största skillnaderna mellan scenariostudierna ligger vad gäller industrins kommande elbehov.

Som nämns ovan, och som framgår av kommentarerna i tabellen, handlar det främst om när i tiden studierna har genomförts och vilka industriprojekt som då varit aviserade eller inte alternativt hur optimistiska antaganden man har gjort om tidplanerna för projekten och eller realiseringen av elbehovet i slutänden. Eftersom alla scenarier avslutades under våren 2021 saknas aviserade projekt i tiden därefter i tabellen (t.ex. Green Wolverine, Northvolts och Volvos fabrik i Göteborg).

[60] https://fossilfrittsverige.se/wp-content/uploads/2021/01/Vatgasstrategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-1.pdf
Man har räknat utifrån antagandet om att en elektrolysör med en verkningsgrad på 65 % behöver 1,54 TWh el för att producera 1 TWh vätgas.

Tabell 3 Översiktligt om skillnaderna mellan de scenarier som har lyfts i denna studie vad gäller vilka av de industrisatsningar som ingår (se tabell 2).

Elektrifieringsscenarier → *Projekt som är med* ↓	**NEPP**	**EM**	**Profu/EF**	**SvK**
HYBRIT/SSAB/LKAB	15 TWh (dvs. endast ursprungliga planen)	En delmängd på 25 TWh finns med	Hela satsningen. Ett spann på 51-81 TWh.	Ej specificerat
Northvolt	-	Ingår	Ingår	Ej specificerat
CemZero	-	Ingår	Ingår	Ej specificerat
H2GS	-	Ingår ej	Ingår	Ej specificerat
Liquid Wind	-	Ingår ej	Ingår	Ej specificerat
Kommentarer	När underlaget togs fram hade endast HYBRIT presenterats (övriga ej ännu aviserade)	I detta scenario ingår även ”elektrifiering av gruvor” (ingen siffra angiven, men går man på Svemins färdplan bör det ligga på ca 2 TWh) och ”Delvis elektrobränslen” (där man angett 13 TWh el)		Inga specifika satsningar eller siffror nämns, däremot beskrivs för scenariot *Elektrifiering planerbart* att el inom kemiindustrin, ”gröna” bränslen till flyg m.m., järnsvamp och klimatneutrala cementprodukter ingår. Elektrifiering förnybart-scenariot omfattar större vätgasbehov, DRI-produktion för export, CCS och CCU i kemiindustrin.

3.1.4 Övrig industriell elanvändning som inte är knuten till specifika projekt

Utöver det som lyfts i tabellerna 2 och 3 kan nämnas att elbehovet för pappers- och massaindustrin förväntas ligga kvar på dagens nivå framåt 2040-2045 eller t.o.m. minska beroende på utvecklingen av produktionen av mekanisk massa i Sverige. Produktionen av mekanisk massa och tidningspappers/-finpappersproduktion har minskat successivt under de senaste decennierna. Bedömningen är att denna produktion fortsätter att minska, och ett eventuellt ökat elbehov inom övriga pappers- och massaindustrin kan då eventuellt "kompensera" en sådan minskning.

Vad gäller kemiindustrin och raffinaderierna finns betydande osäkerheter vad gäller den framtida utvecklingen. Branschorganisationen IKEM bedömer att det är först någon gång efter 2035 som en större elektrifiering av dessa branscher kan bli verklighet (intervjuer inom ramen för Profus Högelscenario-arbete). Som framgår i avsnitt 3.1.3 ovan finns det dock ett potentiellt stort behov inom dessa branscher av el och vätgas. Allt beror på valet av åtgärdstekniker, framförallt i raffinaderierna (CCS och/eller elektrolysörer för att ersätta naturgas.

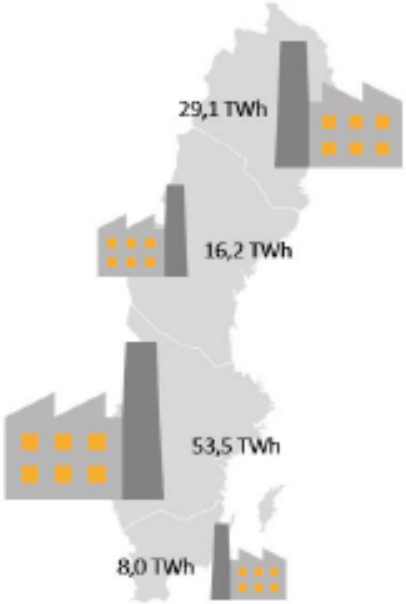
Allt pekar på att det även kommer ske en elektrifiering inom övriga delar av industrin, framförallt elektrifiering av gruvtruckar[61] och arbetsmaskiner samt el/vätgas till värmning inom metallindustrin. Men i förhållande till övriga industribranscher så är det tillkommande elbehovet för dessa relativt litet.

3.1.5 Industrins elbehov fördelat på de fyra elområdena

På samma sätt som i Figur 3, baserat på Profus studie åt Energiföretagen, har Energimyndigheten gjort en bedömning av var i landet, fördelat på de fyra elområdena, den tillkommande elförbrukningen förväntas hamna, se Figur . Figuren avser elanvändningen inom industrin år 2050 och bygger på Energimyndighetens "Elektrifieringsscenario".[62] Enligt den analysen förväntas den industriella elförbrukningen fortfarande vara som störst i elområde SE3 men förbrukningsökningen fram till 2050 är som störst i SE1. Vi påminner om att Energimyndigheten i denna studie varken inkluderat LKABs samtliga planer eller H2Greensteels planer. Med dessa inkluderade skulle industrins elanvändning bli störst i SE1.

[61] https://www.boliden.com/sv/nyheter/el-trolley-aitik

[62] Figuren är publicerad i Energimyndighetsrapporten "Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering" från 2021 men bygger på en scenarioanalys (ett elektrifieringsscenario) som Energimyndigheten rapporterade i "Scenarier över Sveriges energisystem" från samma år



Figur 9: Elanvändningen (TWh) 2050 inom industrisektorn fördelad per elprisområde i Energimyndighetens scenario för högre elektrifiering[63]

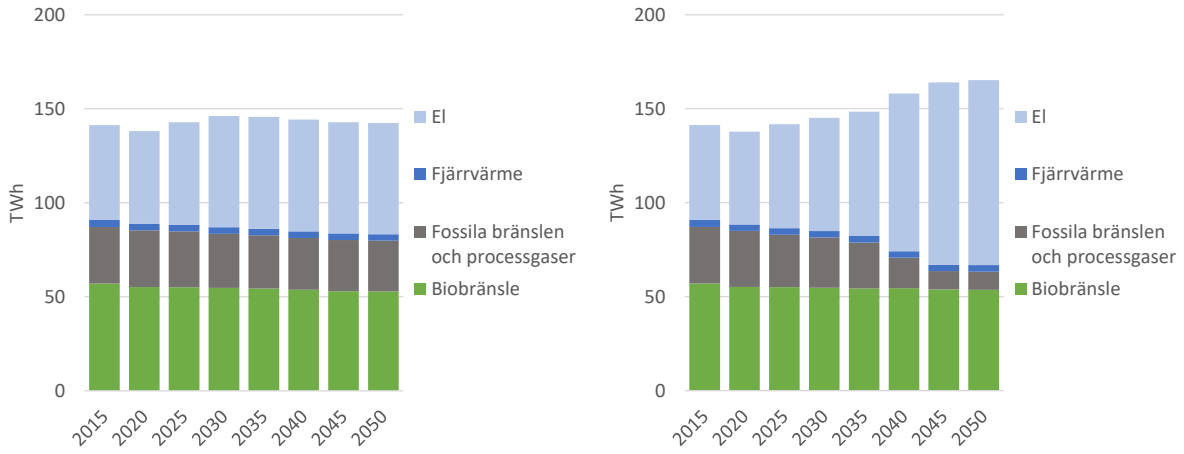
3.1.6 Elektrifieringens effekter på CO_2-utsläppen

Som beskrivs ovan så är järn- och stålindustrin den bransch som idag står för den klart största andelen av utsläppen, men även raffinaderisektorn och mineralindustrin (omfattar exempelvis kalk/cement, sten och glas) står för relativt stora andelar. Med tanke på att elektrifieringen har hamnat i fokus just inom järn- och stålindustrin så är det också uppenbart att detta potentiellt skulle kunna medföra betydande utsläppsminskningar för den svenska industrin. Men även i andra sektorer där elektrifiering är aktuellt, t.ex. i raffinaderier (för exempelvis produktion av vätgas som råvara) och för gruvnäringen kan utsläppsminskningar bli av signifikant betydelse. Även Cementa (som en del i mineralindustrin) har i Cemzero-projektet[64] aviserat en avsevärd elektrifiering på omkring 4-5 TWh för i första hand termiska processer. Dessutom ingår i Cementas plan för att åstadkomma kraftfulla utsläppsminskningar även CCS, som skulle ge ytterligare ett tillskott i elanvändningen på ca 2 TWh.[65]

Elektrifieringens betydelse för utsläppen av CO_2 från industrisektorn visas i Figur 9 (för bränsle- och elanvändningen) respektive Figur 10 (för CO_2-utsläppen) baserat på två av scenarierna i Energimyndigheten (2021), närmare bestämt referensscenariot och scenariot med en omfattande elektrifiering inom industrin (figuren visar huvuddelen av industrins utsläpp av CO_2).[66] Den nedåtgående utsläppstrenden fortsätter rimligen även utan en omfattande elektrifiering av industrin och då via bränslebyten, effektiviseringar och möjligen CCS (CCS inom järn- och stålindustrin är orsaken till att den blå kurvan bryter nedåt under sista modellåret): Däremot är det rimligt att tro, vilket också modellberäkningarna i Figur 10 visar,

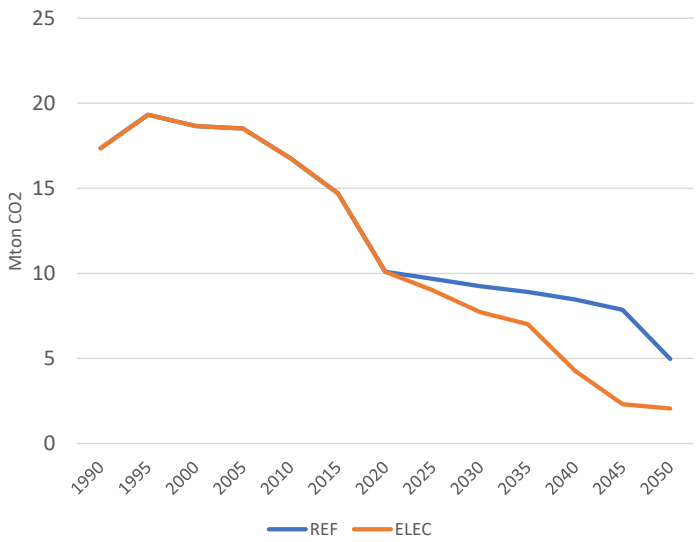
[63] Energimyndigheten 2021, "Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering", ER 2021:28.
[64] https://www.cementa.se/sv/cemzero
[65] IVA (2019), "Så klarar svensk industri klimatmålen - En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet", https://www.iva.se/globalassets/bilder/projekt/vagval-klimat/201904-iva-vagval-for-klimatet-delrapport1-n_ver2.pdf
[66] Utsläpp av CO2 redovisas inte i Energimyndigheten (2020) men går att utläsa ur de modellberäkningar med TIMES-NORDIC-modellen som Profu gjorde i samband med Energimyndighetens arbete.

att med hjälp av elektrifiering så lär det gå både snabbare och längre med avseende på utsläppsminskningen av växthusgaser. Dessutom spelar industriernas egen syn på de olika åtgärderna stor roll. Det handlar bland annat om riskbedömningar, affärsmässighet och genomförbarhet på kort och lång sikt, och där ligger just nu elektrifiering tungt i vågskålen. CCS är ett alternativ (eller kompletterande åtgärd) men skulle innebära fortsatt användning av fossila bränslen om än utan, eller med små, utsläpp. Att exempelvis den svenska järn- och stålindustrin skulle återgå till ett sådant spår känns dock tämligen avlägset. Dessutom skulle ett avbräck för elektrifieringssatsningarna sannolikt innebära att tempot i omställningsarbetet fördröjs och därmed också äventyra Sveriges nettonollmål till 2045. Flera företag som använder stål har också gjort en poäng av att dom önskar fossilfritt stål som Volvo Cars och PEAB.[67] Stål med CCS skulle innebära fortsatt fossilbaserat stål.



Figur 9: Slutlig energianvändning för industrin i Energimyndighetens referensscenario (till vänster) respektive Elektrifieringsscenario (till höger). Raffinaderiernas energianvändning ingår inte sånär som på elanvändningen. (Skälet till att det återstår en viss andel fossilbränsleanvändning år 2050 är ett antagande om att viss fossilbränsleanvändning (gasol, andra oljeprodukter och naturgas) antas vara extra svår och kostsam att ersätta.

[67] https://peab.se/om-peab/bolagsinformation/press-och-media/nyhetsarkiv/peab-forsta-byggbolag-med-fossilfritt--stal-fran-ssab/



Figur 10: Utsläppen av CO_2 från den svenska tillverkningsindustrin (Källa: TIMES-NORDIC-beräkningar i samband med Energimyndighetens rapport "Långsiktiga scenarier över Sveriges energisystem 2020); beräkningarna exkluderar diffusa utsläpp och omfattar ca 70% av de resterande verkliga utsläppen, det vill säga energirelaterade utsläpp och processutsläpp).

3.2 Transporter

2021 var ett rekordår för försäljningen av laddbara fordon (rena elbilar och laddhybrider) då inte mindre än 45% av nybilsförsäljningen på personbilssidan utgjordes av laddbara bilar (BilSweden, 2022). [68] Året dessförinnan var andelen 32%. Även om laddbara fordons andel av nybilsförsäljningen rakat i höjden på senare år får man inte glömma bort att de laddbara fordonen fortfarande utgör en mycket liten andel av den totala fordonsflottan. Totalt är knappt 5 miljoner personbilar registrerade i Sverige varav runt 300 000 är laddbara, vilket ger andel på drygt 5%. I Norge där försäljningen av laddbara fordon kommit betydligt längre har de laddbara fordonens andel av den totala personbilsflottan passerat 20%.[69] Det mesta pekar på att utvecklingen i Sverige kommer att se likartad ut vilket innebär stora förändringar i transportsektorn under kommande år. Enligt en prognos från 2030-sekretariet så kan antalet laddfordon uppgå till ca 1,8 miljoner år 2030 och utgöra knappt 80% av nybilsförsäljningen samma år.[70]

Ett flertal ledande biltillverkare, däribland Mercedes, GM, Ford och Volvo Cars, kom i samband med COP26 med en gemensam utfästelse (tillsammans med ett trettiotal stater) om att uteslutande tillverka nollutsläppsfordon senast 2040 på den globala marknaden respektive senast 2035 på ledande marknader.[71] Med tanke på att fler och fler fordonstillverkare kommer

[68] BilSweden, 2022, https://www.bilsweden.se/statistik/Nyregistreringar_per_manad_1/nyregistreringar-2021/rekordstark-utveckling-for-laddbara-bilar-under-2021-trots-ett-ryckigt-fordonsar
[69] https://www.aktuellhallbarhet.se/alla-nyheter/debatt/darfor-ar-norge-battre-an-sverige-pa-laddbara-bilar-dags-for-ett-tryggare-bonus-malus/
[70] 2030- sekretariet (2021), "Bilparken i Sverige 2030" (uppdaterad jan, 2021), https://www.2030sekretariatet.se/wp-content/uploads/2021/02/Prognos-bilparken-2030-2030-sekretariatet-januari-2021.pdf
[71] Policy paper: COP26 declaration on accelerating the transition to 100% zero emission cars and vans,

med den här typen av utspel och den mångfald av olika laddbara modeller som växer fram på marknaden är det naturligtvis svårt att föreställa sig att laddbara fordon inte kommer att dominera transportsektorn långsiktigt, åtminstone när det gäller personbilar och andra lätta fordon.

Energimyndigheten bedömer i sitt elektrifieringsscenario att andelen laddfordon år 2050 kan uppgå till drygt 80% av personbilsflottan medan motsvarande siffra bedöms vara omkring 30% för tunga vägtransporter.[72] Det i sin tur skulle innebära en elanvändning på 28 TWh för vägtransporter 2050. Elektrifieringen inom andra transportslag (sjö och flyg) bedöms i den studien vara liten. Utvecklingen i detta scenario bygger i sin tur på en studie av Trafikverket (2020), närmare bestämt det de benämner scenario "B".[73] I det scenariot ökar såväl andelen biodrivmedel som el för transportändamål och 2030-målet nås (det vill säga minst 70% minskning av koldioxidutsläppen relativt år 2010[74]). Förutsättningarna för elektrifieringens genomslag inom vägtransporter baseras bland annat på försäljningsstatistik för laddfordon och på prognoser för den framtida försäljningen men även en utökad reduktionsplikt och bonus-malus. Energimyndigheten redovisar i sitt arbete också ett scenario med en lägre grad av elektrifiering motsvarande 20 TWh el år 2050.[75] I det scenariot styrs utvecklingen bland annat av beslutade krav från EU-kommissionen på koldioxidutsläpp från nya fordon. I scenariot med högre elektrifiering inom transportsektorn (28 TWh) tillkommer dessutom en förstärkning av bonus-malus-systemet. Antaganden kring de framtida styrmedlen kan alltså också ha betydelse för elektrifieringens omfattning.

Powercircle har också gjort prognoser för försäljningen av laddfordon. Där antar man att laddfordonens marknadsandelar i nybilsförsäljningen följer en s-kurva vilket vanligen bedöms vara den mest sannolika funktionsformen för ett teknikskifte.[76] I en studie som redovisades 2019 bedömde Powercircle med denna metod att andelen laddfordon år 2030 kan komma att utgöra nästan 100% av nybilsförsäljningen. Totalt skulle det då finnas omkring 2.5 miljoner laddfordon i trafik vilket är något mer än det som Energimyndigheten redovisar för samma år baserat på ovan nämnda studie.[77] Powercircle arbetar just nu med att ta fram en uppdaterad framskrivning för samtliga kategorier av vägtransporter inom det pågående Energiforskprojektet "Ett elsystem för elfordon".[78]

---

https://www.gov.uk/government/publications/cop26-declaration-zero-emission-cars-and-vans/cop26-declaration-on-accelerating-the-transition-to-100-zero-emission-cars-and-vans

[72] Energimyndigheten 2021, "Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering", ER 2021:28. I denna studie studerar Energimyndigheten tre olika scenarier för elektrifieringen. Två av dessa scenarier följer Energimyndighetens elektrifieringsscenario från den tidigare studien "Långsiktiga scenarier över Sveriges energisystem 2020" men skiljer sig med avseende på efterfrågeflexibilitetens omfattning, Det tredje scenariot bygger på Energimyndighetens referensscenario, också det från studien "Långsiktiga scenarier över Sveriges energisystem 2020" och som utgår från en något blygsammare utveckling med avseende på elektrifieringen.

[73] Trafikverket 2020, "Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter"

[74] https://www.regeringen.se/regeringens-politik/transporter-och-infrastruktur/mal-for-transporter-och-infrastruktur/

[75] Energimyndigheten 2021, "Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering", ER 2021:28.

[76] Powercircle (2019), "Elbilsläget 2018 - Prognos elbilsutvecklingen 2019-2045", https://powercircle.org/wp-content/uploads/2019/01/Prognos-och-statistik-elektrifiering-transportsektorn1.pdf

[77] I Energimyndighetens studie "Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering" redovisar man omkring 2 miljoner laddbara personbilar, knappt 100 000 laddbara lätta lastbilar och omkring 5 000 laddbara tunga lastbilar till 2030.

[78] https://energiforsk.se/program/fossilfria-transporter/projekt/ett-elsystem-for-elfordon/

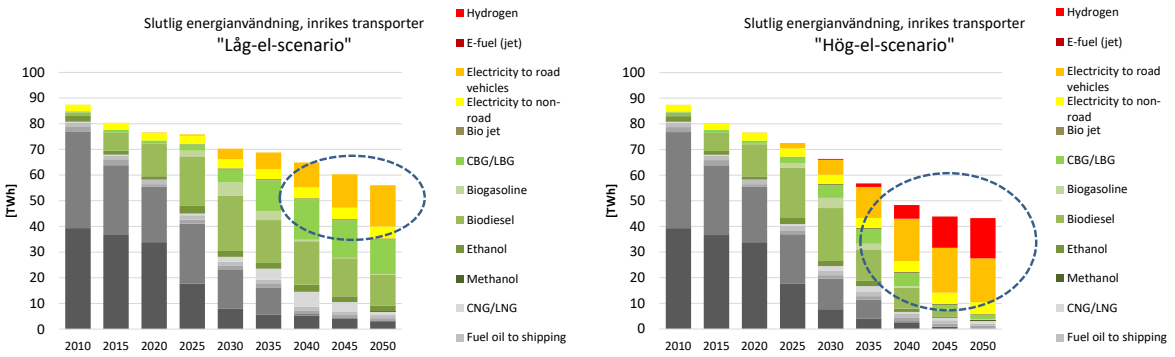
Bedömningar av elektrifieringens andel inom transportsektorn kan också vara ett resultat av en modellstudie baserat på en lönsamhetsanalys givet en rad omvärldsförutsättningar och konkurrens gentemot alternativa drivmedel. Nästa avsnitt kommer att ge ett sådant exempel.

3.2.1 Elektrifieringens effekter på CO_2-utsläppen

Under ett inledande seminarium (december 2021) inom det nystartade Energiforskprojektet "2030-pusslet" så redovisades ett antal modellberäkningar (TIMES-NORDIC-modellen) med avseende på utvecklingen för inrikes transporter fram till 2050.[79] Bland annat studeras effekterna av takten i elektrifieringen av transportsektorn. I ett "Lågel"-scenario (till vänster i Figur 11) antas att elektrifieringen inom vägtransporter följer den mer måttliga utvecklingen i Energimyndighetens referensscenario från 2021 (Energimyndigheten, 2021)[80] och i Fossilutfasningsutredningens "låg-el"-fall där det antas att vätgas och elektrobränslen inte blir kommersiellt tillgängliga under den studerade perioden fram till 2050.[81] I ett "Högel"-scenario (till höger i Figur 11) utgår man istället från en något större potential, både med avseende på takt och omfattning, för elektrifierade transportslag men framförallt att vätgas och bränsleceller antas kommersiellt tillgängliga från år 2030. Det senare är särskilt intressant för tyngre och mer långväga transporter. I bägge beräkningsfallen är utfallet ett resultat av kostnadsminimering i modellberäkningen och konkurrens mellan olika drivmedel och fordonsslag givet en lång rad randvillkor. Däremot skiljer sig alltså beräkningsförutsättningarna åt med avseende på potentialen för elektrifiering och vätgas som drivmedel.

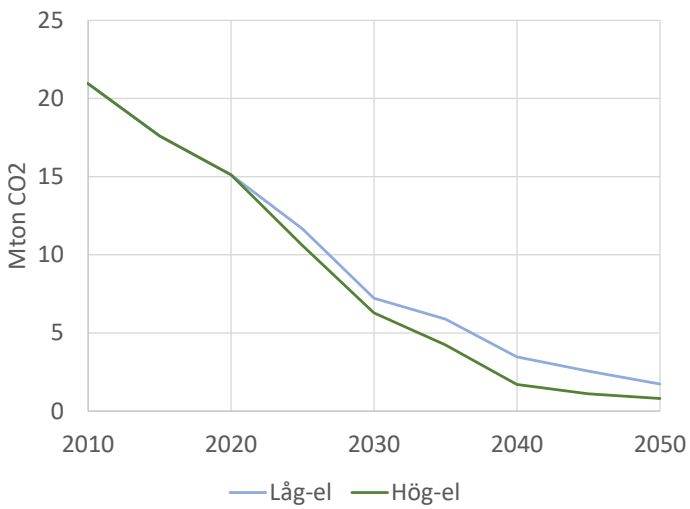
I "Låg-el"-scenariot utgör laddbara personbilar och lätta lastbilar omkring 70% av den totala flottan av dessa fordonsslag år 2045. I "Hög-el"-scenariot består denna flotta till nästan 100% av laddbara fordon samt bränslecellsfordon vid samma år. För den tunga fordonsflottan (tunga lastbilar och bussar) är motsvarande andel omkring 15% respektive 80%. "Högel"-scenariot leder till att inrikes transporter helt domineras av el och vätgas efter 2040 medan biodrivmedel av olika slag står för det viktigaste bidraget i "Låg-el"-scenariot. I detta scenario förutsätts att fordonstillverkarna även på lång sikt förser marknaden med förbränningsmotorer om det finns en efterfrågan. Realismen i detta kan man naturligtvis fundera över när det gäller personbilar med tanke på det i nuläget tydliga fokuset på laddbara fordon och diverse utspel om att upphöra med tillverkningen av förbränningsmotorer från vissa fordonstillverkare (se kommentaren i föregående avsnitt). I Figur 11 framgår också tydligt att en större grad av elektrifiering innebär en lägre slutlig energianvändning.

[79] Energiforsk, "2030-pusslet – Så når vi transportmålet", https://energiforsk.se/konferenser/genomforda/2030-pusslet-sa-nar-vi-transportmalet/. Modellanalyserna inom detta projekt görs med Profus TIMES-NORDIC-modell.
[80] Energimyndigheten (2021): "Scenarier över Sveriges energisystem 2020", ER 2021:6.
[81] SOU 2021:48. I en värld som ställer om – Sverige utan fossila drivmedel 2040.



Figur 11: Slutlig energianvändning inom inrikes transporter i två olika scenarier för elektrifieringstakten, ett "Låg-el"-scenario (till vänster) och ett "Hög-el-scenario" (till höger). El- och vätgasbaserade drivmedel är inringade

Vad denna skillnad i elektrifiering innebär för utsläppen av CO_2 från transportsektorn återges i Figur 12. I figuren framgår det att bägge scenarierna leder till kraftiga utsläppsminskningar från fordonen. Beskattningen av fossila drivmedel, reduktionsplikten och bonus-malus-systemet driver på utvecklingen i bägge scenarierna. En mer omfattande och snabbare elektrifiering leder dock i denna analys till att utsläppen minskar något mer och något snabbare. Men utsläppsminskningarna står dock inte och faller med en elektrifiering förutsatt att en kraftig efterfrågeökning på biodrivmedel (som utgör ett viktigt alternativ eller komplement till elfordon i omställningen) kan mötas av ett motsvarande utbud. Det är dock rimligt att tro att utsikterna för att nå ett nationellt nettonoll-mål är bättre ju snabbare elektrifieringen kommer till stånd (även utanför transportsektorn). Det är dessutom rimligt att biodrivmedel på sikt används för transportslag där det är svårt att substituera bort från kolbaserade bränslen (flyg, sjöfart och kanske en del tunga vägtransporter). Det finns också en debatt om klimatnyttan hos biobränslen vilket kan göra det svårare att få acceptans för en kraftig ökning av biodrivmedelsanvändningen.



Figur 12: Beräknade CO_2-utsläpp från fordonen (inrikes transporter) för två de två scenarier för elektrifieringstakten inom transportsektorn som visas i figur 12. Uppströms utsläpp för drivmedelsproduktion ingår inte.

Den metodik som ligger bakom beräkningsresultaten i studien ”2030”-pusslet är densamma som utnyttjades i studien ”Konkurrensen om skogsråvaran” som ligger till grund för Figur 1. Det handlar alltså om detaljerade modellanalyser där elektrifieringens genomslag inom transportsektorn är ett resultat av konkurrensen med andra drivmedel och fordonstekniker givet en mängd omvärldsförutsättningar såsom styrmedel, transportefterfrågan, teknikutveckling och energiprisutveckling.

Antagandena för transportsektorns elektrifiering i Profu (2021)[82] vilar på analyser som gjorts av Chalmers under Dr Maria Taljegårds ledning. I detta arbete har man dock inte gjort egna bedömningar av elektrifieringens omfattning utan man baserar i sin tur den utvecklingen på andra studier som bland annat Fossilfrihet på väg (2012) och European Hydrogen Roadmap.[83] Värt att nämna i detta sammanhang är att forskningen på Chalmers fokuserar på hur en given expansion av laddfordon inom transportsektor kan integreras i elsystemet och bidra med flexibilitet och reglerbarhet. Man gör detta med en mycket detaljerad elsystemmodell och undersöker bland annat variationshantering på elmarknaden med olika laddstrategier och inmatning på elnätet (”vehicle-to-grid”). Detta påverkar dock inte den årliga elförbrukningen i någon signifikant utsträckning utan snarare när på dygnet (eller över flera dygn) elförbrukningen sker. Sammantaget bedöms elanvändningen inom transportsektorn i denna studie uppgå till 21-27 TWh beroende på takten i elektrifieringen. Detta inbegriper såväl lätt som tung vägtransport samt spårbunden trafik.

3.2.2 Transportsektorns elbehov fördelat på de fyra elområdena

På samma sätt som för industrin visar Figur 13 hur transportsektorns elanvändning fördelar sig mellan de fyra elområdena enligt Energimyndighetens elektrifieringsscenario från 2021.[84] Elförbrukningen för transportändamål kommer huvudsakligen att hamna där människor bor, det vill säga i stor utsträckning i elområde SE3 och SE4. För den elintensiva industrin gäller i stor utsträckning en annan logik. Där avgörs lokaliseringen av faktorer som exempelvis närhet till råvaror och tillgång till el.

[82] Profu (2021), ”Efterfrågan på fossilfri el - Analys av högnivåscenario”, på uppdrag av Energiföretagen Sverige

[83] Johansson T. (2013), ”Fossilfrihet på väg. Stockholm, Sweden: Ministry of Enterprise”, SOU; 2013. p. 84 och European hydrogen roadmap. https://www.fch.europa.eu/news/hydrogen-roadmap-europe-sustainable-pathway-european-energy-transition#:~:text=Developed%20with%20input%20from%2017,to%20address%20the%20challenges%20ahead

[84] Energimyndigheten 2021, ”Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering”, ER 2021:28

Figur 13: Elanvändningen 2050 inom transportsektorn fördelad per elprisområde i Energimyndighetens elektrifieringsscenario[85]

3.3 Övriga sektorer

Även i flera övriga sektorer förväntas elanvändningen öka under kommande år. Det gäller exempelvis elanvändningen inom servicesektorn eller vissa delar av hushållens elanvändning. För dessa sektorer så handlar det generellt inte om elektrifiering som ett led i att minska växthusgasutsläppen eftersom utsläppen där är antingen genomgående mycket låga eller saknas helt (hushållsel, driftel med mera). Ett visst undantag utgörs av exempelvis arbetsmaskiner som generellt redovisas inom sektorn bygg, jordbruk, skogsbruk och fiske (och alltså inte som en del av transportsektorn). Det är inte osannolikt att utvecklingen för arbetsmaskiner i stort följer utvecklingen inom vägtransporter. I huvudsak är det dock andra drivkrafter såsom välståndsökningar, energiprisutvecklingen och tjänstefiering som driver på en förändrad elanvändning inom de sektorer som vi kortfattat berör i syfte att ge en mer komplett bild av den framtida elanvändningen i Sverige.

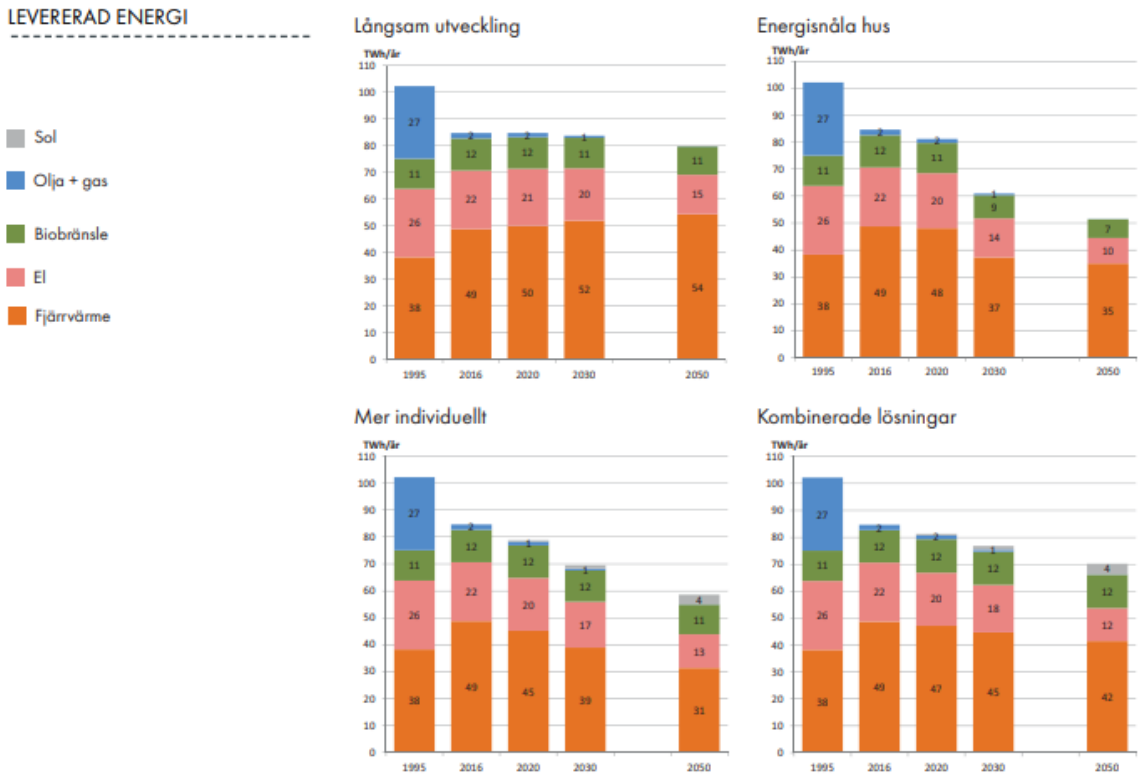
3.3.1 Värmemarknaden

Elanvändningen för uppvärmningsändamål avviker på så sätt att det här högst troligt handlar om en minskning i elanvändning över tid. Det förklaras bland annat av energiprisutvecklingen och styrmedelspolitiken som konsekvent lett till, och fortsätter att leda till, en utfasning av direktel och vattenburen elvärme till förmån av framför allt högeffektiva värmepumpar. Även utbytesmarknaden för värmepumpar leder till en minskning i elanvändning, allt annat lika, eftersom moderna värmepumpar som ersätter gamla värmepumpar har en högre verkningsgrad (högre COP-värme; Coefficient of Performance) och en högre effekttäckning. Det senare innebär att andelen av uppvärmningen som ombesörjs av en elpatron under kalla dagar minskar eller till och med försvinner. Men det finns också tecken på att värmepumpar

[85] Energimyndigheten 2021, "Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering", ER 2021:28.

tar vissa marknadsandelar från icke-elbaserad uppvärmning som exempelvis biobränsle (framför allt ved men på sikt eventuellt också pellets) och fjärrvärme. En sådan utveckling leder till ett ökat el*beroende* inom uppvärmningssektorn men till följd av moderna värmepumpars höga effektivitet (och den befintliga andelen direktel och vattenburen elvärme som utgör den huvudsakliga marknaden för nya värmepumpar) så leder detta ändå sammantaget till att el*användningen* för uppvärmningsändamål minskar över tid.

I det pågående projektet "Värmemarknad Sverige" görs bland annat scenarier för utvecklingen inom värmemarknaden.[86] Projektets fyra huvudscenarier presenteras i Figur 14 som beskriver den slutliga energianvändningen för byggnadsstockens uppvärmning. Scenarierna skiljer sig med avseende på bland annat den tekniska utvecklingen för olika uppvärmningsalternativ (inklusive graden av integrerade lösningar), graden av effektiviseringar (nettovärmebehovet) och personliga/individuella drivkrafter för den egna uppvärmningen. Oberoende av dessa omvärldsförutsättningar minskar dock elanvändningen mer eller mindre i samtliga scenarier i denna studie.



Figur 14: Projektet Värmemarknad Sveriges fyra scenarier för uppvärmningen av byggnadsstocken (slutlig eller levererad energianvändning i TWh).

Ytterligare en påverkansfaktor för värmemarknaden som är värd att nämnas i detta sammanhang är klimatförändringarna som medför ett avtagande uppvärmningsbehov över tid vilket kommer att påverka samtliga uppvärmningsalternativ. Energimyndigheten tar höjd för

[86] https://www.varmemarknad.se/;
För rapporten:
https://static1.squarespace.com/static/5fd0f3ced19bb664ecb6dc28/t/6009a769fae2197b0c4ee101/1611245418283/Uppdaterade_energiscenarier_mars_2018.pdf

detta i scenarioanalysen från 2021 och nettovärmebehovet antas minska i storleksordningen knappt 5 TWh till 2040 i den befintliga byggnadsstocken (det totala nettovärmebehovet uppgår idag till knappt 100 TWh). I Energiforskprojektet "Klimatförändringarnas konsekvenser för energisystemet" återfinns en mer detaljerad analys av vad det framtida klimatet kan komma att få för återverkningar på framtidens uppvärmningsbehov.[87]

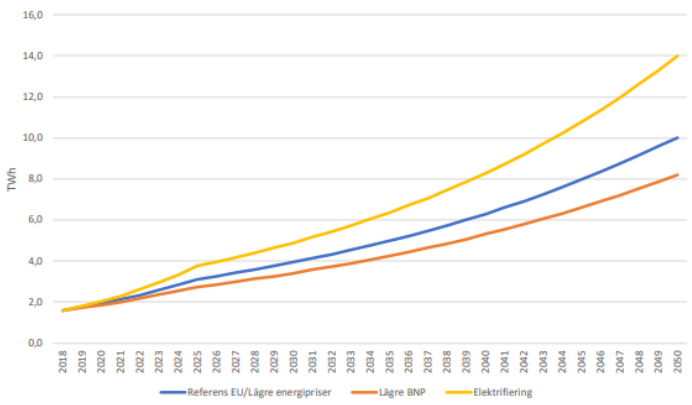
3.3.2 Hushållsel, driftel och datahallar

I Figur 5 kan vi se en mer markant förbrukningsökning inom driftelsegmentet och en mer försiktig ökning för hushållsel. Utvecklingen bygger som nämnts på Energimyndigheten (2021) och en relativt enkelt ansats nämligen att den ytspecifika elanvändningen för hushållsel och driftel i lokaler är densamma i framtiden som idag.[88] Det medför alltså att antaganden om befolkning och byggnadsytor styr den framtida utvecklingen och att man inte tar hänsyn till exempelvis effektiviseringar eller utnyttjning av olika apparatur. Skälet till att ökningen inom driftelsegmentet är så pass signifikant ligger främst i en förväntan om tillväxt för datahallar, en bransch som idag växer kraftigt.

Energimyndigheten (2021) pekar på de stora osäkerheterna i etableringar av datahallar i Sverige. Exempelvis anger Energimyndigheten att Svenska Kraftnät får in flera ansökningar från företag som vill göra anslutningar till elnätet och att det mellan 2019 och 2026 finns ansökningar om att ansluta datahallar som skulle förbruka i storleksordningen 25 till 35 TWh el. I sina scenarioantaganden väljer dock Energimyndigheten en mer försiktig, men icke desto mindre tydlig, tillväxt baserat på egna analyser. I exempelvis elektrifieringsscenariot antas datahallar förbruka drygt 8 TWh omkring 2040, se Figur 15. Energimyndigheten nämner även andras bedömningar av den framtida elanvändningen för datahallar och kommer till slutsatsen att dessa bedömningar ligger i samma storleksordning som Energimyndighetens egna bedömningar.[89]

Tillväxten för datahallar är ett typiskt exempel på effekter av den ökande tjänstefieringen i samhället. Här handlar det inte i första hand om en elektrifiering som drivs på för att minska växthusgasutsläppen inom den sektor som datahallar verkar, utan här är utmaningen snarare den omvända med avseende på klimatfrågan: En (global) ökning i etableringen av datahallar för att tillgodose nya behov och ökad tjänstekonsumtion kan medföra ökade utsläpp av växthusgaser till följd av en ökning i fossilbränslebaserad elproduktion runt om i världen.

[87] https://energiforsk.se/program/klimatforandringarnas-konsekvenser-for-energisystemet/
[88] Energimyndigheten (2021), "Scenarier över Sveriges energisystem", ER 2021:6
[89] Energimyndigheten (2021), "Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering", ER 2021:28.



Figur 15: Elanvändning av datacenter i Energimyndighetens olika scenarier

Vi avslutar med att på samma sätt som för industrin och transportsektorn redovisa Energimyndighetens fördelning av elanvändningen 2050 inom bostads- och servicesektorn på de fyra elområdena, se Figur 16.[90] Huvuddelen av elanvändningen ligger i elområde SE3 på grund av befolkningsmängden.

Figur 16: Fördelning av elanvändningen 2050 inom bostads- och servicesektorn mellan de fyra elområdena baserat på Energimyndighetens elektrifieringsscenario.

4 Övergripande slutsatser

Som avslutning listar vi nedan, i punktform, de övergripande slutsatserna vad gäller elektrifieringens betydelse för den framtida elanvändningen samt klimatomställningen och uppfyllelsen av Sveriges nationella klimatmål.

- Ur ett klimatpolitiskt perspektiv ses elektrifieringen som en avgörande åtgärd för att kunna fasa ut fossil bränsleanvändning och minska utsläppen av växthusgaser från framförallt industri- och transportsektorn.

[90] Energimyndigheten 2021, "Framtidens elektrifierade samhälle - Analys för en hållbar elektrifiering", ER 2021:28.

- Ökad elektrifiering inom industri och transporter är inte den enda åtgärden som leder till minskningar av växthusgasutsläppen. Bränslekonvertering till biobränslen, effektiviseringar och CCS kan också bidra i olika omfattning. Sannolikt kommer samtliga dessa åtgärder att behövas i olika omfattning för att omställningen mot nollutsläpp ska lyckas, men mycket talar för att elektrifiering på sikt kommer att leverera det viktigaste bidraget. Detta styrks bland annat av det stora fokus som just nu finns på elektrifiering inom stora delar av industrin och den snabba teknikutvecklingen på elfordonssidan. För alternativen finns bland annat frågetecken kring biobränslenas långsiktiga hållbarhet och det faktum att CCS visserligen medför nära-noll-utsläpp från en given källa men inte fossilfrihet samt att CCS är ett linjärt system (i motsats till cirkulära system). I Sverige är CCS främst i fokus för att åstakomma negativa utsläpp genom att tillämpa tekniken på biogena utsläppskällor (bio-CCS) dvs att utgöra en så kallad kompletternade åtgärd enligt SOU2020:4[91], samt att CCS som nämnts ovan behövs för att ta bort processutsläpp från cementindustrin.
- De studier som har presenterats under senare år visar på en tydlig trend mot allt mer elintensiva scenarier fram till 2045/2050. Detta är ett rejält trendbrott jämfört med hur utvecklingen har sett ut de senaste decennierna, där elanvändningen har legat mer eller mindre konstant. Givet att elektrifieringen blir omfattande inom industri och transportsektor så kan den svenska elanvändningen komma att öka till 250-300 TWh brutto år 2050 från dagens nivå på runt 140 TWh. Industrin antas där stå för den allra största andelen av ökningen. Osäkerheterna i dessa uppskattningar är dock stora och det finns också relativt stora skillnader mellan olika bedömningar.
- De främsta skillnaderna mellan olika scenariostudier av den framtida elanvändningen beror i hög grad på den antagna takten i elektrifieringen av industrin och transportsektorn. Vad gäller industrins elbehov i de olika scenariostudierna handlar skillnaderna till mångt och mycket om vilka industriprojekt som har ingått i scenarierna, antingen beroende på när i tiden studierna har genomförts och vilka industriprojekt som då varit aktuella/aviserats och/eller i vilken grad man har antagit att dessa verkligen genomförs i full skala inom den studerade tidsperioden.
- Några av de hinder vad gäller takten i elektrifieringen som nämns handlar om kapacitetsbegränsningar i elnät, intäktsreglering för elnätsföretagen, tillgång till ny elproduktion, markkonflikter, långa tillståndsprocesser, framtida elprisnivåer och otydligheter i befintliga och framtida regelverk.
- Störst betydelse för utsläppsminskningar inom industrin har elektrifiering inom järn- och stålindustrin, raffinaderi- och kemiindustrin samt delar av mineralindustrin (främst cementindustrin). Idag står industrin för ca 15 Mton CO_2 per år varav den klart största andelen kommer från verksamheter som idag överväger elektrifiering. Elektrifieringens utsläppsminskande potential är med andra ord mycket stor inom industrin.

[91] SOU2020:4, https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2020/01/sou-20204/
Regeringen har också beslutat om ett driftstöd för bio-CCS som ska fördelas med hjälp av ett omvänt auktioneringsförfarande. Energimyndigheten har fått i uppdrag att ta fram auktioneringsförfarandet som planeras att sjösättas under 2022. Se https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/12/historisk-satsning-kan-gora-sverige-ledande-inom-koldioxidlagring/ samt https://www.regeringen.se/4b0191/contentassets/d232104ea40d4234a5ffde3fe7d48b37/forsta-andra-tredje-forslag-pa-utformning-av-ett-stodsystem-for-bio-ccs.pdf .

- Transportsektorn står idag årligen för ca 15 Mton av de svenska utsläppen av CO_2 (alltså ungefär lika mycket som industrin) och de flesta framskrivningarna indikerar kraftiga utsläppsminskningar till följd av bland annat de styrmedel som finns på plats. Även inom transportsektorn blir elektrifieringen en mycket viktig faktor för att nå de långsiktiga klimatpolitiska målen. På kortare och medellång sikt pekar dock mycket på att biodrivmedel, framförallt genom inblandning inom reduktionsplikten, spelar en minst lika viktig roll som elektrifieringen. Det är sannolikt först efter 2030 som elektrifieringen inom transportsektorn får ett större genomslag på hela (den lätta) fordonsflottan och inte ”bara” på nybilsförsäljningen.