

# ELEKTRIFIERING AV SVERIGES TRANSPORTSEKTOR

En rapport till Svenskt Näringsliv  
Februari 2020



**Copyright © 2020 Sweco Energy AB**

All rights reserved

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

## Disclaimer

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

<b>Rapportnamn</b>	Elektrifiering av Sveriges transportsektor
<b>Datum för färdigställande</b>	2020-02-25
<b>Versionsspårning</b>	Version 5
<b>Projektledare</b>	Fredrik Obel
<b>Författare</b>	Fredrik Obel, Klara Sahlén, Maria Xylia
<b>Kvalitetsgranskare</b>	Erica Edfeldt



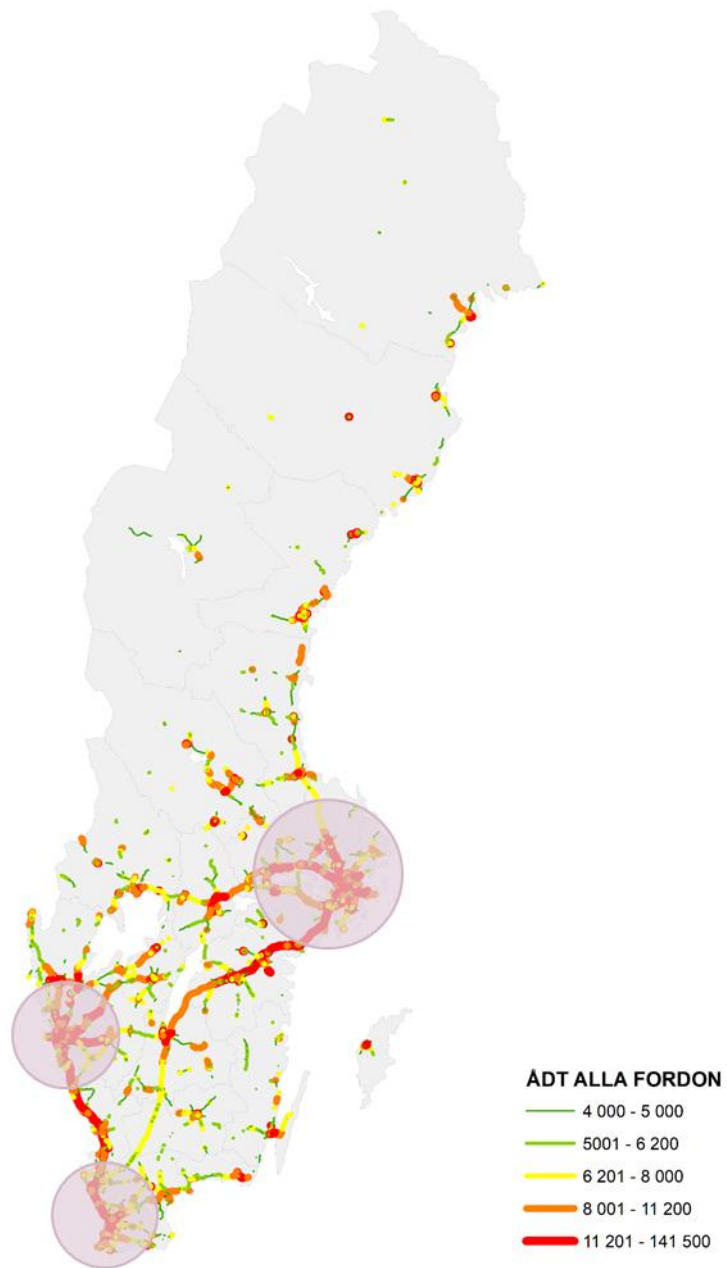
# SAMMANFATTNING

---

Transportsektorn är i början av ett teknologiskifte där transporter går från att drivas med fossila bränslen till biodrivmedel och el. Om stora delar av transportsektorn elektrifieras bedöms efterfrågan på el öka med cirka 26 TWh i Sverige. Det medför inte bara behov av ökad elproduktion utan även av ytterligare nätkapacitet. Det finns redan idag kapacitetsbrist på flera platser i elnätet och en snabb elektrifiering av transportsektorn riskerar att försenas på grund av kapacitetsbrist. Av 29 tillfrågade nätbolag svarade drygt 20 procent att de ser att elektrifieringen av transportsektorn innebär stora eller betydande elnätskapacitetsutmaningar i närtid. På längre sikt (>10 år) är det mer än 50 procent av nätbolagen som ser stora eller betydande utmaningar kopplat till elnätskapacitetsbrist när transportsektorn elektrifieras.

Av transportsektorns olika trafikslag bedöms vägtrafiken och då i första hand personbilar att stå för den största delen av den ökade elanvändningen. Elanvändningen i övriga trafikslag kommer relativt vägtrafik öka betydligt mindre och inom luftfart och sjöfart bedöms det att andra alternativ än elektrifiering kommer att vara huvudspåret. Sjöfarten kan dock komma att få problem med elnätskapacitetsbrist då landström och laddning av batterier kan medföra höga effektbehov. Flera av Sveriges större hamnar är lokaliserade i områden som idag har elnätskapacitetsutmaningar. I ett scenario där investeringar i nya stambanor sker förväntas bantrafikens elanvändningen öka något ytterligare jämfört med om detta inte sker. Elnät dimensioneras efter högsta effekten som behöver överföras. Om elfordonen laddas på rätt tidpunkt kommer man att behöva investera mindre i kapacitetshöjande åtgärder i elnäten. Detta gäller på samtliga elnätsnivåer: från lokalnät till stamnät. Möjligheterna att ladda smart är som störst för privatbilsflottan då yrkestrafik som bussar och lastbilar är mindre flexibla. Centralt för påverkan på elnätet är hur smart laddningen av elfordonen kommer att vara i framtiden. De ekonomiska incitamenten till att ladda smart är relativt små idag. Människor är styrda av invanda beteenden och efterfrågan på el är generellt oelastisk. Större prisskillnader inom dygnet, samt förbättrad automatisering, bedöms öka incitamenten till att ladda smart i framtiden.

Elektrifieringen av transportsektorn kommer att innebära ett ökat behov av nya infrastrukturinvesteringar. Det kommer att behövas mer laddningsinfrastruktur för både långsam och snabb laddning samt förstärkningar i elnätet. Personbilar kommer att laddas långsamt på natten men snabbt under kortare stopp vid längre resor. För tunga transporter är elvägar en möjlig lösning då batterier annars riskerar att bli för tunga. För kortare sträckor kan dock andra lösningar användas, till exempel laddning över natt i hemmadepån och kompletterande tilläggladdning vid lastning och lossning i anslutning till logistiknoder. Laddstationer måste därmed byggas vid depåer för laddning med lägre effekter t.ex. över natten, samt på vägen och vid logistikcenter och terminaler för snabbare laddning under dagen. För stadsbussar är både depåladdning och snabbaddning möjliga lösningar idag. Nya tåg och tunnelbanelinjer är stora investeringar som kommer öka både elanvändningen och effektbehovet. Anläggningar för landström och snabbaddare resulterar i stora effekter lokalt i hamnar vilket nätet måste klara av. På grund av långa ledtider för elnätsinvesteringar kopplat till både tillståndsprocesser och leveranstider i kombination med få incitament till smart laddning kan en snabb elektrifiering av transportsektorn riskera att försenas. Kartan på nästa sida visar hur vägtrafiken geografiskt är fördelad idag samt vilka områden som har elnätskapacitetsbrist just nu. I dessa områden kan en snabb elektrifiering av transportsektorn resultera i än större utmaningar.



Figur 1: Årsmedeldygtrafik (20 procent högsta flöden) mätt antal fordon i dag samt områden med elnätskapacitetsbrist idag

Källa: Trafikverket, bearbetat av Sweco

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>INLEDNING OCH BAKGRUND</b>	<b>1</b>
1.1	Problematisering och syfte	3
<b>2</b>	<b>ENERGILÄGET I SVERIGE</b>	<b>4</b>
2.1	Användning och produktion av el	4
2.2	Energi, effekt och kapacitet	7
2.3	Smart laddning - styrande för effektbehovet	8
2.4	Energianvändning inom transportsektorn	10
2.5	Elektrifiering inom olika trafikslag idag	12
2.5.1	Vägtrafik	12
2.5.2	Bantrafik	13
2.5.3	Sjötrafik	13
2.5.4	Luftfart	14
2.6	Laddning av elfordon	15
<b>3</b>	<b>TRANSPORTSEKTORNS FRAMTIDA ELANVÄNDNING</b>	<b>19</b>
3.1	Definition av scenarier för elektrifiering	19
3.1.1	Scenario 1: snabb och omfattande elektrifiering	19
3.1.2	Scenario 2: medelsnabb och betydande elektrifiering	20
3.1.3	Scenario 3: långsam och måttlig elektrifiering	20
3.2	Sammanfattning av scenarion	20
<b>4</b>	<b>PÅVERKAN PÅ ELSYSTEM OCH -MARKNAD</b>	<b>25</b>
4.1	Lokalnät	25
4.2	Regionnät	26
4.3	Stamnät	26
4.4	Elmarknad	27
<b>5</b>	<b>UTMANINGAR OCH POLICYBEHOV – BRANSCHENS INSPEL</b>	<b>28</b>
5.1	Nätföretag	28
<b>6</b>	<b>SLUTSATS</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>APPENDIX</b>	<b>36</b>
7.1	Scenario 1: snabb och omfattande elektrifiering	36
7.1.1	Vägtrafik	36
7.1.2	Bantrafik	38
7.1.3	Sjöfart	39
7.1.4	Luftfart	39
7.2	Scenario 2: medelsnabb och betydande elektrifiering	40
7.2.1	Vägtrafik	40

7.2.2	Bantrafik	42
7.2.3	Sjöfart	43
7.2.4	Luftfart	43
7.3	<b>Scenario 3: långsam och måttlig elektrifiering</b>	<b>43</b>
7.3.1	Bantrafik	45
7.3.2	Sjöfart	46
7.3.3	Luftfart	46

# 1. INLEDNING OCH BAKGRUND

---

Sverige är ett avlångt och glest befolkat land med stora avstånd där en välfungerande transportsektor är av yttersta vikt. Människor behöver kunna ta sig till sina arbetsplatser och varor transporteras till sina kunder på ett både hållbart och effektivt sätt. Sveriges ekonomi är en världens mest exportberoende och värdet av Sveriges samlade export utgör närmare 50 procent av BNP. Sverige har råvaror i form av skog och järn i de norra delarna av landet som förädlas och transporteras genom landet och i många fall exporteras. Ett välfungerande nät av vägar, järnväg, hamnar och flygplatser är därmed ett måste för att Sverige ska kunna bibehålla sin konkurrenskraft internationellt. I tillägg fortsätter Sverige att växa och år 2040 bedöms Sveriges befolkning vara 11,5 miljoner. Med en växande ekonomi och befolkning följer ett ökat transportbehov, även givet fortsatt energieffektivisering. Persontrafiken förväntas växa med i genomsnitt drygt 1 procent per år och godstrafiken med knappt 2 procent per år fram till 2040. Det innebär att godstrafiken i sig väntas växa med över 40 procent de kommande 20 åren.

De långa avstånden och låga befolkningstätheten innebär att vägtransporter är det enda alternativet på många platser där det inte är samhällsekonomiskt motiverat att bygga järnväg eller möjligt att använda flyg och sjöfart. De svenska stambanorna byggdes ut under andra halvan av 1800-talet men elnätskapaciteten börjar nu slå i taket och bantrafiken väntas fortsätta växa de kommande åren. Järnvägen står inför stora investeringar kopplat till eftersatt underhåll och växande transportbehov. Urbaniseringen och storstädernas tillväxt påverkar i stor grad transportbehovet och Stockholm län väntas växa med närmare en halv miljon invånare fram till år 2030. Nya tunnelbanelinjer är under byggnad och flera busslinjer tillkommer. Ringleder byggs runt staden för att reducera vägtrafiken innanför tullarna. Dessa stora infrastrukturinvesteringar är nödvändiga för att Stockholm ska fortsätta kunna växa. Sveriges hamnar är centrala för utrikeshandeln, då mer än 70 procent av godsmängden som exporteras passerar någon av Sveriges hamnar. För långa transporter är sjöfart alltså det viktigaste trafikslaget, då transportkostnaderna med fartyg är betydligt lägre än övriga.

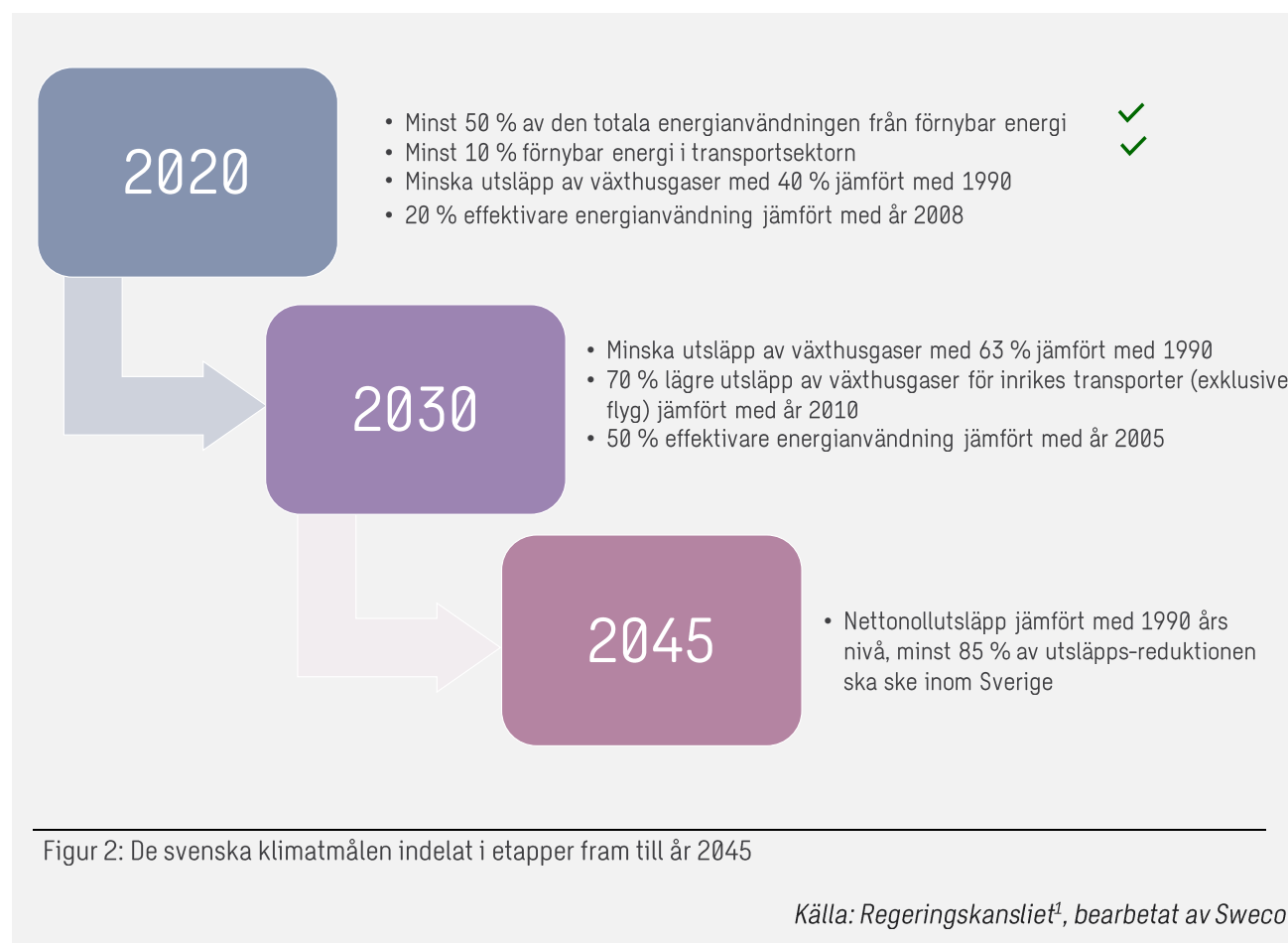
Elektrifieringen av transportsektorn kommer att ytterligare öka behovet av ett väl fungerande kraftsystem. Elektrifierade transporter kommer att vara en av lösningarna som krävs för att Sverige ska nå målet om att vara klimatneutralt till 2045. Transportsektorn är idag den sektor där störst andel av energianvändningen kommer från fossila källor. En elektrifiering av transportsektorn kommer att öka behovet av såväl energi, effekt och överföringskapacitet av el. Detta kommer att öka kraven på framtidens kraftsystem. För att fortsatt kunna garantera hög leveranssäkerhet gentemot elanvändare behöver tillräcklig elproduktion och elnätsöverföringskapacitet finnas på plats.

Bortsett från bantrafiken är elektrifieringsgraden inom transportsektorn idag låg. I juni 2019 fanns drygt 86 000 laddbara fordon i trafik på de svenska vägarna, vilket utgör närmare 2 procent av den totala personbilsflottan i trafik. De laddbara fordonen har dock ökat snabbt under de senaste åren och den trenden ser ut att fortsätta även i framtiden. En omställning av fordonsflottan omfattar inte minst tunga vägtransporter som godstrafik och diskussioner förs om både laddbara fordon och elvägar. Det är sannolikt att biodrivmedel kommer att spela en betydande roll för tunga transporter i minst tio år till. Inom sjöfarten ses elektrifiering, både vad gäller fartygens framdrift och drift i hamn, som en åtgärd med god klimatpotential. Dessutom undersöks möjligheten att elektrifiera luftfart. Norge har nyligen satt upp ett mål om att all inrikes luftfart ska drivas på el år 2040. I Sverige har flygbranschen målet att inrikesflyget ska vara fossilfritt till år 2030 samt att alla flyg som startar från svenska flygplatser är fossilfritt år 2045. Även om tekniken för elektrifiering av all typ av luftfart i dagsläget inte är mogen visar denna ambition på att transportsektorn står inför ett omfattande teknikskifte de kommande decennierna.

En omfattande elektrifiering av transportsektorn förutsätter en fortsatt utbyggnad av laddinfrastruktur för att kunna garantera laddning av samtliga fordon. Detta leder också till en ökad efterfrågan på el, vilket ställer krav på de befintliga elnäten; fordonsladdning måste kunna ske utan att påverka övrig elkrävande verksamhet. Förutom att garantera en pålitlig energiförsörjning behöver leveranssäkerheten vara hög och överföringskapaciteten i elnäten tillräcklig för att möta efterfrågan. Detta väcker frågan om vad befintliga elnät kommer att klara av och huruvida förstärkningar kommer att behöva göras. Med andra ord behöver nätägare se över sina elnät för att kunna garantera att den tillkommande elanvändningen (som en utbyggnad av laddinfrastruktur medför) får plats. Samtidigt diskuteras att utbyggnad av elnätet inte är den enda lösningen som kan användas för att tillfredsställa det ökade eluttaget. I Sverige varierar elanvändningen

kraftigt mellan säsonger till följd av temperaturskillnaden mellan sommar- och vinterhalvåret, men också över dygnet då människor tenderar att ha liknande användningsmönster. Det går att åstadkomma en mer flexibel elanvändning – till exempel genom att tillfälligt stänga av elintensiv verksamhet i en industri eller dra ner effekten i villors värmepumpar – vilket kan utnyttjas då den totala belastningen riskerar att bli högre än vad nätet klarar av. Det finns en outnyttjad potential för efterfrågeflexibilitet, men det är samtidigt viktigt att nämna att det finns begränsningar i vilken typ av energianvändning som kan minskas och när. Det kan sägas att det är den högst uppmätta momentana elanvändningen som dimensionerar elnäten, nätägare behöver därför ta höjd för att kunna tillgodose efterfrågan på el även i dessa tidpunkter. Generellt sett är det dock under få tidpunkter per år som elanvändningen ligger nära nätets kapacitetsbegränsning, vilket talar för att en mer flexibel elanvändning skulle kunna minska akuta behov att bygga ut elnätet.

Som en del av EU:s klimat- och energipaket har Sverige antagit ett antal klimatmål med flera etappmål till år 2045, se Figur 2. Dessa utgör ett underlag för att genom en omfattande elektrifiering minska beroendet av fossila drivmedel inom transportsektorn. För transportsektorn är nästa etappmål år 2030 då Sverige ska ha nått 70 procent lägre utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter (exklusive flyg) jämfört med år 2010. Inrikes flyg är exkluderat ur detta mål då det ingår i EU:s system för handel med utsläppsrätter.



<sup>1</sup> Regeringskansliet, (2017). Det klimatpolitiska ramverket. <https://www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket/>

## 1.1 Problematisering och syfte

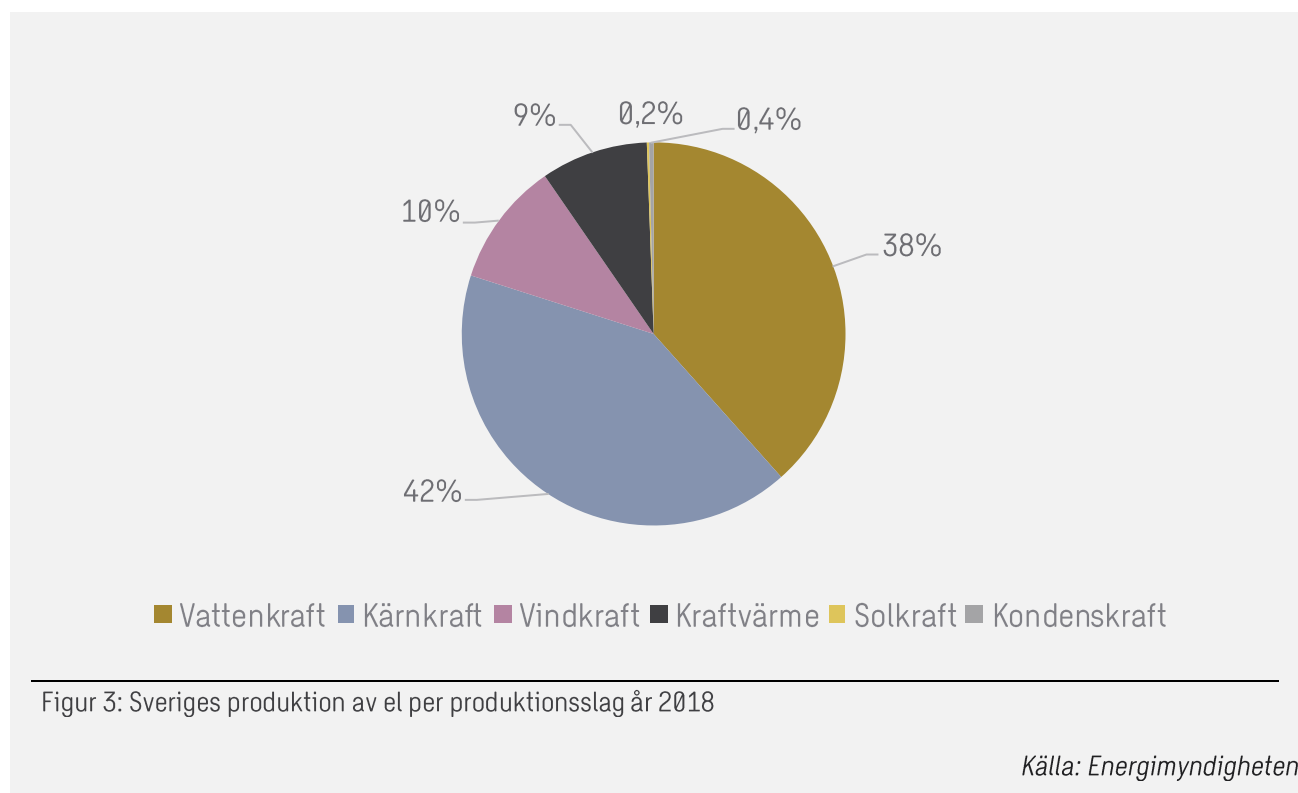
Elektrifieringen av transportsektorn kommer öka behovet av tillgänglig elnätskapacitet i befintliga elsystem kopplat till elektrifieringen av transportsektorn. Detta då en större andel elfordon väntas innebära en högre elanvändning och ett ökat effektuttag. Ingen kan idag med säkerhet säga exakt hur snabbt elektrifieringen kommer att ske och hur omfattande den kommer att bli inom de närmsta decennierna. De flesta prognoser som gjorts visar på att elektrifiering är en viktig del för att möjliggöra en fossilfri transportsektor, men olika prognoser har olika spann i hur omfattande elektrifieringen bedöms bli.

I syfte att öka förståelsen för elektrifieringen av transportsektorn och dess påverkan på elsystemets alla delar analyserar denna studie tre scenarier med olika elektrifieringsgrad och -takt: snabb och omfattande elektrifiering; medelsnabb och betydande elektrifiering; och, långsam och måttlig elektrifiering. Såväl vägtrafik som spårbunden trafik, sjöfart och luftfart kommer att ingå i scenarierna. Inom respektive scenario kommer det tillkommande energi- och effektbehovet att analyseras för att dra slutsatser om elektrifieringens påverkan på elsystemet. Dessutom kommer möjlighet till smart laddning genom laststyrning att beaktas som en aspekt vad gäller effektfrågan. Energieffektiviseringspotential har i denna studie beaktats i viss mån men har potential att få än större påverkan.

## 2. ENERGILÄGET I SVERIGE

### 1.2 Användning och produktion av el

Elanvändningen i Sverige uppgår i dagsläget årligen till cirka 140 TWh inklusive förluster (126 TWh exklusive förluster). Majoriteten av all el som produceras i Sverige kommer från kärnkraft och vattenkraft (cirka 40 procent vardera), men även vindkraft och kraftvärme står för en viktig del (10 procent respektive 9 procent). Under de kommande 5–10 åren kommer andelen vindkraft att öka samtidigt som kärnkraftens andel minskar, till följd av en planerad utbyggnad av vindkraft och beslut om nedstängning av ett antal kärnkraftsreaktorer. Landbaserad vindkraft har den lägsta produktionskostnaden och byggs därför ut mest just nu. Energimyndigheten estimerar den långsiktiga marginalkostnaden (LCOE) för landbaserad vindkraft till lägre än 40 öre/kWh. Enligt Energimyndighetens kortidsprognos kommer vindkraftens elproduktion att öka från 17 TWh år 2018 till 37 TWh år 2022. I Figur 3 visas hur Sveriges produktionsmix av el ser ut idag.



En betydande andel av Sveriges elproduktion är belägen i de norra delarna av landet, där vattenkraften är väl utbyggd i älvarna. Samtidigt sker en stor del av elanvändningen i södra Sverige, vilket innebär att el behöver överföras långa sträckor utan avbrott i tillförseln. Om den svenska kärnkraften, som är belägen i Sveriges mellersta eller södra del, fullt ut avvecklas kommer energiunderskottet att öka ytterligare i landets södra delar, vilket då ställer ökade krav på elförbindelser och elöverföringskapacitet. Att transportera el långa sträckor medför också ökade förluster. Detta ställer även krav på att elsystemet ska kunna anpassa sig efter variationer i utbud och efterfrågan på elenergi – det vill säga ett mer flexibelt elsystem.

Det svenska elnätet är sammankopplat med utlandet, vilket gör det möjligt för Sverige att exportera el då det finns ett elöverskott och importera el om situationer med elbrist skulle uppstå. Försörjningssäkerheten i Sverige är hög och de senaste åren har landet haft en nettoexport av el på mellan 10–20 TWh. Elexporten påverkas av väderår; torra och vindfattiga år ger en lägre export då vatten- och vindkraft producerar mindre än under ett normalår. I och med en hög utbyggnadstakt av vindkraft i Sverige kommer nettoexporten av el att öka de kommande åren trots att



kärnkraftsreaktorerna Ringhals 1 och 2 stängs ned år 2019 respektive 2020. Även om det idag finns ett *elöverskott* har *tillgänglig effekt* inte samma marginal: de kallaste dagarna råder effektunderskott och import och denna trend förväntas enligt Svenska Kraftnät öka. Viss del av detta skulle kunna minskas genom energieffektivisering. I Figur 4 visas de drivkrafter som idag finns i det svenska elsystemet.



Det finns flera analyser som pekar på att elanvändningen i framtiden kommer att öka<sup>2</sup>. I Färdplan El<sup>3</sup> framtagen av Energiföretagen spås elanvändningen öka till 190 TWh (inklusive förluster) år 2045 och Svenskt Näringsliv bedömer att elanvändningen kommer att öka till 200 TWh<sup>4</sup> (exklusive förluster) samma år. Den största anledningen pekas ut som en ökad elanvändning inom industrin och en elektrifiering inom transportsektorn. Industrin kommer att bli mer elintensiv då befintliga processer i allt högre grad elektrifieras samt att ny industri, så som serverhallar, stadigt tillkommer. Värt att nämna är dock att elektrifiering inte är det enda som diskuteras som en lösning som kan minska transportsektorns klimatpåverkan; biobränslen ses också som en viktig faktor i omställningen. Detta då olika trafikslag på grund av exempelvis varierande teknikmognad eller att fordonen färdas över långa avstånd har olika potential att övergå till eldrift, något som också lyfts i färdplanerna.

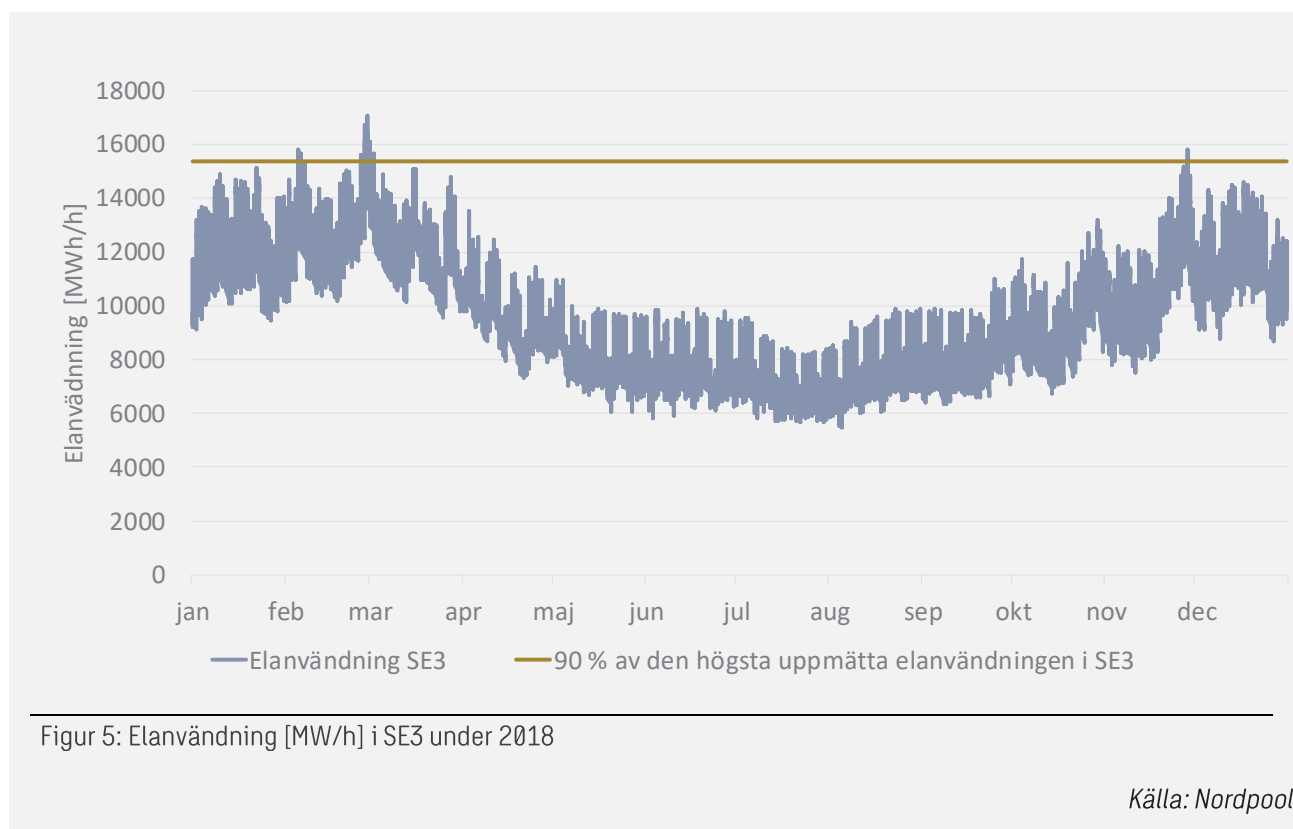
Sveriges elanvändning varierar mycket under året till följd av stora temperaturskillnader mellan sommar- och vinterhalvåret, se Figur 5. Elbehovet är som störst under kalla vinterdagar då uppvärmningsbehovet ökar. Det är dessa dagar som är mest kritiska sett till vad nätet klarar av. Elnätet behöver dimensioneras för att klara kalla dagar och det ökade elbehovet som kommer med en lägre utomhustemperatur. Strecket i figuren nedan markerar 90 procent av den högsta uppmätta effekten i elområde SE3 som motsvarar Svealand och delar av Götaland under år 2018. Det är endast under 58 timmar som elanvändningen överstiger detta under studerat år. Det blir här tydligt att det endast är vid ett fåtal tillfällen per år som elanvändningen uppgår till den nivå som nätet har dimensionerats för, detta gäller generellt för flera spänningsnivåer (lokaltät, regionnät, stamnät). Vid bedömning av huruvida befintliga elnät klarar av ytterligare anslutningar är det dessa timmar som är avgörande, nätägare behöver kunna garantera att nätets kapacitet är tillräcklig

<sup>2</sup> Sweco på uppdrag av Svenskt Näringsliv: Klimatneutral konkurrenskraft - kvantifiering av åtgärder i klimatfärdplaner, 2018, [https://www.svensktnaringsliv.se/fragor/miljo-energi-klimat/klimatneutral-konkurrenskraft-kvantifiering-av-atgarder-i-klimatf\\_729392.html](https://www.svensktnaringsliv.se/fragor/miljo-energi-klimat/klimatneutral-konkurrenskraft-kvantifiering-av-atgarder-i-klimatf_729392.html) ; IVA: Vägval Klimat rapporter för industri, transport och energisystem, 2019, <https://www.iva.se/publicerat/>

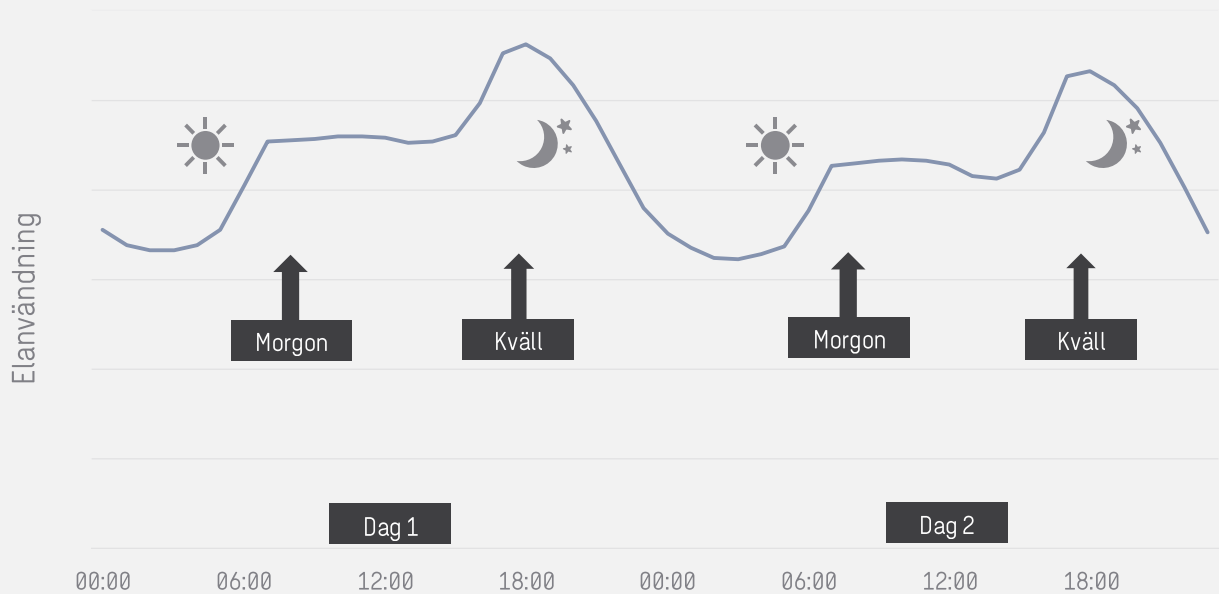
<sup>3</sup> NEPP Färdplan fossilfri el – analysunderlag - - En analys av scenarier med en kraftigt ökad elanvändning

<sup>4</sup> Svenskt Näringsliv, Högre elanvändning år 2045, 2019

för att möta det momentana elbehovet även under kalla vinterdagar. Detta har stor betydelse för elektrifieringen av transportsektorn då laddbehovet innebär att efterfrågan på el kommer att öka.



Människor är generellt sett beteendestyrd, vilket i sammanhanget betyder att deras elanvändningsmönster ser liknande ut. I Sverige är elanvändningen som störst dagtid och lägre nattetid. Under morgonen, när många kliver upp och verksamhet startar för dagen, ökar den totala elanvändningen för att sedan vara ganska stabil eller sjunka något under dagen när de flesta är på arbetet. Framåt klockan 16–17, när många slutar jobbet och åker hem för att laga mat och så vidare, ökar elanvändningen ytterligare. Det är oftast under denna tid på dygnet som den högsta elanvändningen inträffar. I Figur 6 visas användningsmönstret inom ett nätområde för två dygn. Detta användningsmönster kan sägas vara representativt för de allra flesta dagar i Sverige, och även om kurvan oftast är något lägre under helgen brukar den ha samma form som i figuren nedan.



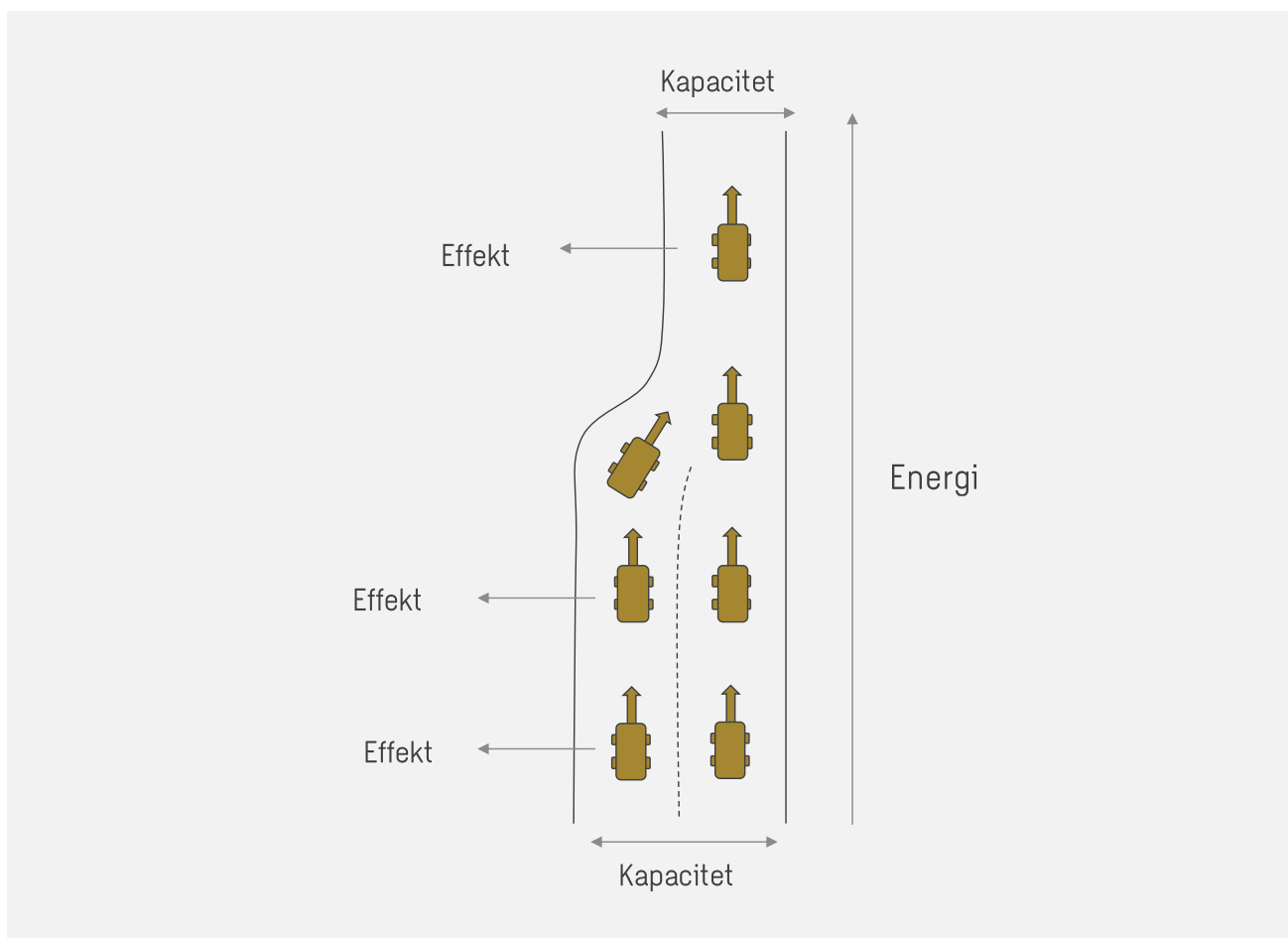
Figur 6: Elanvändningsmönster [kW] över dygnet. Figuren visar elanvändningen i Stockholm under två dygn i februari 2018

Källa: Svk Mimer, bearbetat av Sweco

Vid en omfattande elektrifiering av transportsektorn är det viktigt att ta hänsyn till nätets användningsprofil vad gäller fordonsladdning. Utan att andra åtgärder vidtas är det troligt att de flesta kommer att vilja ladda sina fordon vid samma tidpunkt under dygnet utan att fundera på hur det belastar elnätet. Det är troligt att laddningsmönstret för elfordon – åtminstone privatägda – kommer att stämma överens med den användarprofil som beskrivs ovan. Det momentana effektbehovet kommer därmed att öka med en högre andel eldrivna fordon under de timmar då nätet redan är som mest belastat. Detta kommer att spela extra stor roll under kalla vinterdagar då belastningen i näten är ännu mer ansträngd än under dagar med normaltemperatur. Detta är också en av anledningarna till att laddinfrastruktur inte kan byggas i stor skala i alla nätområden, det finns helt enkelt inte utrymme för en högre belastning än den som redan råder under toppbelastning med dagens nätkapacitet. Det är också värt att påpeka att det på vissa ställen kan vara nödvändigt att koppla någon form av laststyrning till laddinfrastruktur för att styra laddningen till tidpunkter då nätets totala belastning är lägre.

### 1.3 Energi, effekt och kapacitet

Elenergi är rörelse, eller arbete, över tid och mäts i enheten wattimmar. Effekt beskriver hur mycket energi som går åt för att uträtta ett visst arbete per tidsenhet och mäts i watt. Hur mycket elenergi som vid varje tidpunkt kan överföras avgörs av elnätets kapacitet, det vill säga, elnätskapaciteten är ett mått på elsystemets förmåga. För att göra en mer bildlig beskrivning kan detta förhållande liknas vid en motorväg som bilar färdas på, se Figur 7. I detta exempel kan energi liknas vid alla bilar som färdas på motorvägen över tid. Elnätskapacitet kan beskrivas som motorvägens dimension, eller ett mått på hur många bilar som samtidigt kan färdas i bredd på motorvägen. Effekt är då den elnätskapacitet som utnyttjas momentant, det vill säga hur många fordon som faktiskt färdas i bredd på motorvägen (i ett elnät, till skillnad från detta exempel, skiljer sig givetvis inte den momentana effekten åt i en och samma ledning, såvida den inte grenar sig eller sammankopplas med en annan ledning).



Figur 7: Illustration av förhållandet mellan energi, effekt och elnätscapacitet

Källa: Sweco

I elnätet måste det i varje tidpunkt och i hela landet vara balans mellan användning och produktion för att garantera ett välfungerande elsystem. För att kunna säkerställa balans behöver det finnas tillräcklig överföringskapacitet både nationellt och lokalt. Om elnätets förmåga att ta emot inmatad effekt i en anslutningspunkt inte är tillräcklig för att tillgodose elbehovet i aktuell anslutningspunkt råder elnätscapacitetsbrist. Om det däremot inte finns tillräckligt med effekt för att täcka elbehovet (inklusive import, export och förluster) vid en viss tidpunkt råder effektbrist. Med andra ord – elnätscapacitetsbrist är en fråga om elnät och riskerar att uppstå om befintligt elnät inte klarar av att överföra tillräckligt mycket elenergi medan effektbrist uppstår om elproduktionen vid någon tidpunkt inte är tillräcklig för att täcka efterfrågan.<sup>5</sup>

## 1.4 Smart laddning - styrande för effektbehovet

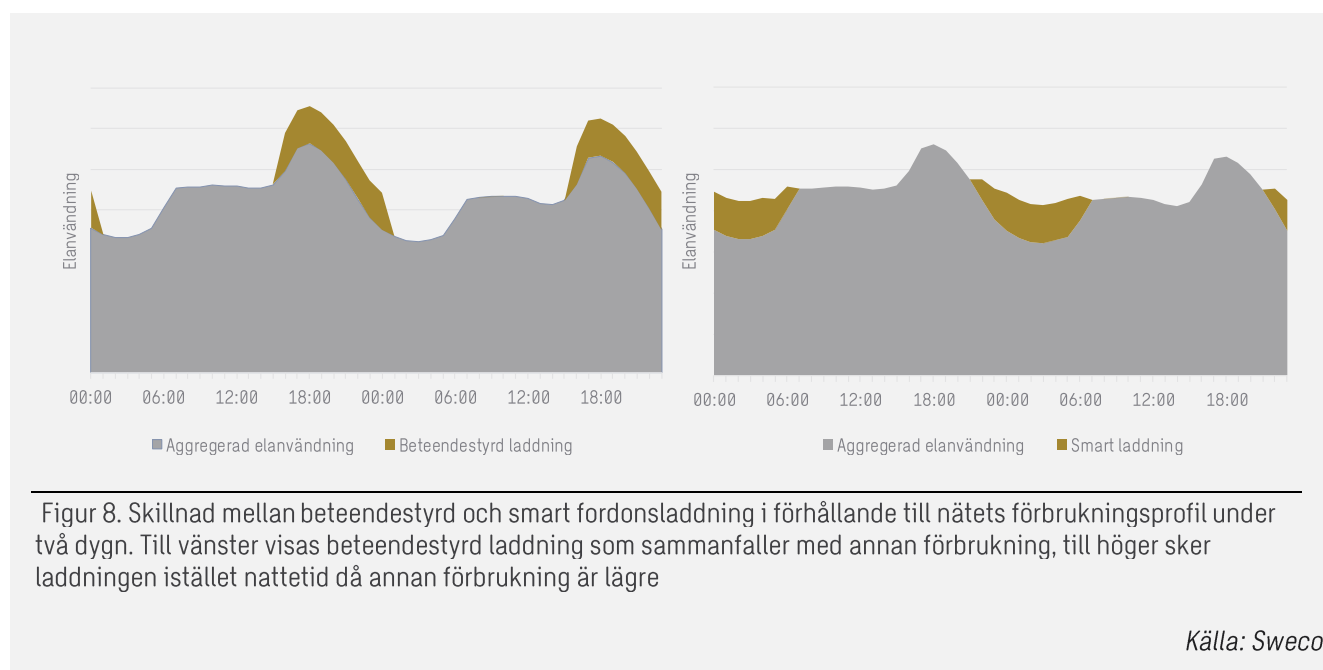
Det råder inga tvivel om att elektrifieringen kommer att innebära ett ökat energi- och effektbehov. Däremot går det att genom smart fordonsladdning att minska risken för att elnätet påverkas negativt av exempelvis skadligt höga effekttoppar. Med smart laddning avses att någon form av styrsystem kopplas till laddaren för att styra laddningen till tidpunkter då nätets totala belastning är lägre, generellt sett nattetid, eller då produktionen av förnybart är hög i

<sup>5</sup><https://www.svk.se/om-oss/nyheter/allmannan-nyheter/2018/bade-kort--och-langsigtiga-losningar-behovs-for-att-mota-kapacitetsbristen/>

elsystemet. Fordonsladdning som sker utan någon typ av styrsystem styrs istället av människors beteende, vilket i stora drag innebär att elbilen börjar laddas då människor kommer hem från jobbet på eftermiddagen eller kvällen. Det innebär att beteendestyrd laddning oftast sammanfaller med de tillfällen då annan förbrukning är som högst i elnätet. Fordonsladdningen riskerar därför att förstärka de effekttoppar som redan finns i elnätet.

Eftersom topeffekten är nätdimensionerande finns det potential i att styra laddning till låglasttimmar. Genom att se till att effektbehovet från ny laddinfrastruktur inte sammanfaller med nätets effekttoppar kan det skapas utrymme för fler elfordon utan ett ökat behov av ytterligare elöverföringskapacitet. Med andra ord, om fordonsladdning sker på ett smart och balanserat sätt kan behovet av nätinvesteringar minskas, men det beror givetvis på lokala förutsättningar i varje område.

I Figur 8 visas ett exempel på smart och beteendestyrd laddning i förhållande till nätets totala förbrukningsprofil under två dygn. Den beteendestyrd laddningen sammanfaller här med de timmar då nätets belastning är som störst, medan den smarta laddningen sker under natten då övrig belastning är lägre.



Vid en storskalig elektrifiering kommer hemmaladdning av personbilar att stå för en betydande del av det tillkommande effektbehovet. Därmed finns god potential i smart laddning i just detta segment. Genom att styra fordonsladdning till tidpunkter som inte sammanfaller med annan elkrävande hushållsaktivitet (matlagning, diskmaskin osv) kan varje hushålls effektkurva jämnas ut. Många av de laddboxar som finns på marknaden idag har så kallad lastbalansering, en funktion som fördelar tillgänglig effekt mellan de komponenter som har ett effektbehov i hushållet, det vill säga även ett skydd mot att hushållets huvudsäkringar löser ut. Det är vanligt att laststyrning förekommer om flera laddboxar finns kopplade till samma anslutningspunkt, som ofta är fallet i exempelvis flerbostadshus. Lastbalansering på hushålls- och flerbostadshusnivå bidrar alltså till att jämma ut effektbehovet över dygnet och om detta görs i stor skala (många bostäder) finns god potential att åstadkomma ett jämnare förbrukningsmönster i nätet totalt sett.

Smart fordonsladdning anses ha god potential att bidra med flexibilitet i elsystemet, men för att utnyttja den fulla potentialen i detta kommer det troligtvis att behövas någon form av aggregator som kan aggregera laddning från flera elbilar och buda ut den samlade lasten på olika flexibilitetsmarknader. Det kräver såklart också att elbilsägare är villiga att låta laddningen av sin bil styras efter signaler som gynnar elnätet. Ett exempel är elhandelsföretaget Tibber som genom sin laddlösning för privatpersoner erbjuder smart laddning som styrs utifrån spotpris, det vill säga det dagliga priset på el. Det innebär att fordonsladdningen schemaläggs till tidpunkter då elpriset är lågt, något Tibber menar är enkelt att kommunicera till sina kunder som har enkelt att förstå varför laddningen startar först vid midnatt om de samtidigt fått information om att det är den timme då elpriset är lägst. Höga spotpriser sammanfaller ofta med tidpunkter av hög total elanvändning i nätet, och denna styrsignal har därför god potential att i dagsläget jämma ut nätets

effekttoppar vid en ökad elektrifiering av personbilar. Det förekommer dock tider då spotpriset är lågt och belastningen är hög i lokalnätet, exempelvis under timmar med hög vindkraftsproduktion och högt effektuttag på lokalnätetsnivå (kan även variera mellan lokalnät). Det kan därför finnas behov att på sikt komplettera spotprisstyrning med något lokalt incitament kopplat till lokalt elnätskapacitetsutnyttjande.

Viljan att tillämpa smart laddning kan skilja sig åt mellan olika transportslag och förutsättningarna kan också variera. Att styra laddning för yrkestrafik – som bussar, taxibilar, varu- och godstransporter – kan vara mer utmanande än privattrafik. Exempelvis fordon inom kollektivtrafiken framhäver ofta att de har ett behov av att ständigt ha fulladdade fordon, varav de kommer att ha ett laddbehov dygnet om. Det är därför inte särskilt troligt att exempelvis bussoperatörer kommer att vilja låta en tredje part styra laddningen av sina bussar. Potentialen för smart laddning för vägtrafik kan därför antas vara störst inom segmentet personbilar, inte minst givet den stora sammanlagda volymen energianvändning som finns kopplat till personbilar.

En funktion för fordonsladdning som skulle kunna avlasta elnätet under tillfällena med höga effekttoppar är så kallad vehicle-to-grid (V2G), vilket innebär att ett laddbart fordon används likt ett energilagring. Tekniken går ut på att energi både kan tillföras till batteriet och återföras från det. Det betyder att den energi som finns lagrad i fordonet kan återföras till nätet eller användas i det egna hushållet vid exempelvis en situation med produktionsunderskott eller ett strömavbrott. Detta är dock inte möjligt för alla typer av elfordon eller via en vanlig laddbox för hemmaladdning utan kräver en likriktare för att energi ska kunna överföras i två riktningar. Idag finns ett begränsat utbud av fordon och laddboxar som klarar av V2G. Det finns dock ett stort antal pilotstudier där V2G och dess möjligheter studerats. Nissan är en av de biltillverkare som sett mest på det genom sin modell Nissan Leaf. En viktig aspekt är dock att ett ökat antal laddningscykler förkortar fordonsbatteriets livslängd. Det finns dock forskningsstudier som indikerar att batteriets degradation kan reduceras genom optimerad laddning som beaktar faktorer såsom batteriets temperatur, upp- och urladdningseffekter samt laddningstillstånd.<sup>6</sup> Det är svårt att säga viken ersättning som krävs för att ägare av eldrivna fordon ska upplåta dem till V2G i framtiden.

## 1.5 Energianvändning inom transportsektorn

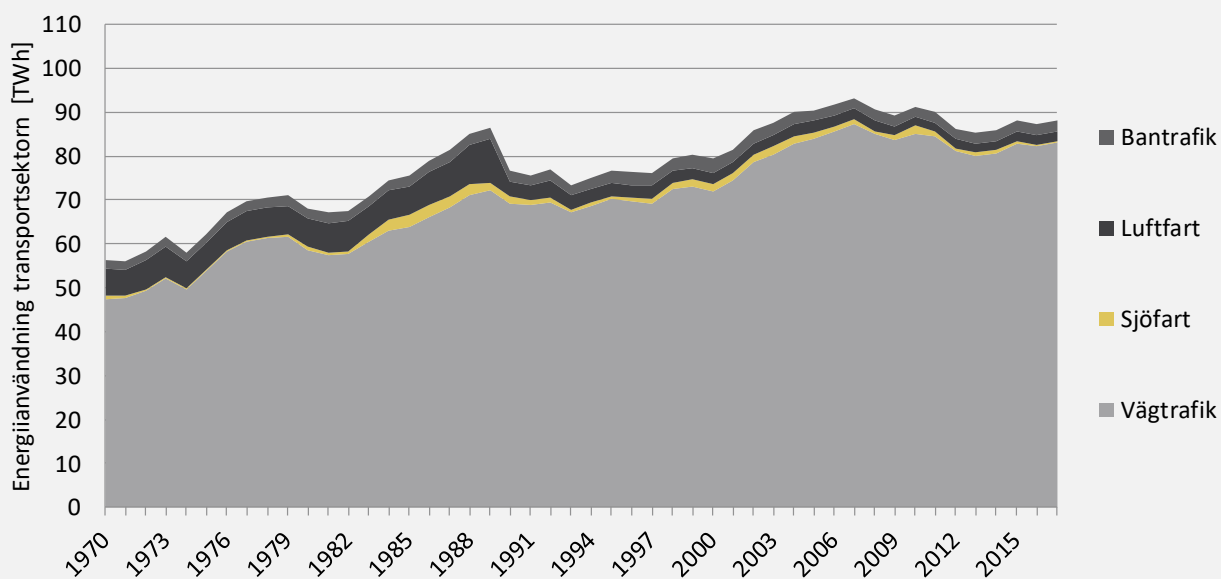
Energimyndigheten delar i sin statistik in Sveriges transportsektor i fyra trafikslag: vägtrafik, bantrafik, sjöfart och luftfart. Idag står den samlade transportsektorn för cirka en fjärdedel av Sveriges totala energianvändning. Energianvändningen inom inrikes transporter uppgick år 2017 till 88 TWh och utgjordes främst av petroleumprodukter som bensen, diesel och flygbränsle, även om både biodrivmedel och el tar allt större andelar<sup>7</sup>. Av de fyra trafikslagen står vägtrafiken för den absolut största energianvändningen (83 TWh år 2017) och bensen och diesel utgör fortfarande de vanligaste drivmedlen. Bantrafik är det trafikslag som i dagsläget står för den största användningen av elenergi. Sjö- och luftfart använder oftast fossila bränslen (eldningsolja och flygbränsle) även om förnybar energi börjat användas och möjligheten till en mer omfattande elektrifiering har börjat diskuteras<sup>8</sup>. I Figur 9 och Figur 10 visas energianvändningen inom transportsektorn uppdelat per bränsle. Diesel har fått större betydelse de senaste 20 åren, samtidigt som användning av biodrivmedel, såsom biodiesel har ökat kraftigt de senaste 10 åren.

---

<sup>6</sup> European Commission, *Science for Environmental Policy - Understanding degradation of battery life-time is key to successful vehicle-to-grid systems*

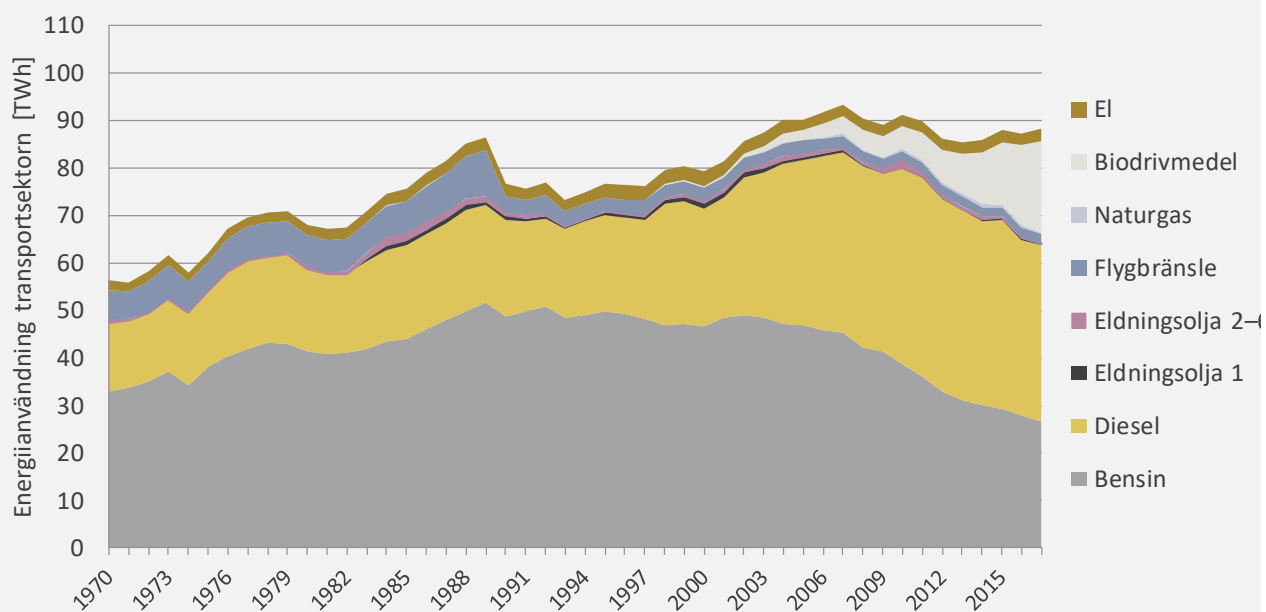
<sup>7</sup> Energimyndigheten, (2018), "Energiläget 2019"

<sup>8</sup> Energimyndigheten, (2016). <http://www.energimyndigheten.se/statistik/transport/>



Figur 9: Total energianvändning inom transportsektorn, 1970–2017, TWh

Källa: Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2019



Figur 10: Slutlig energianvändning i transportsektorn per bränsle, inrikes, fr.o.m. 1970, TWh.

Källa: Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2019



## 1.6 Elektrifiering inom olika trafikslag idag

I linje med Energimyndighetens statistik, delar denna rapport in transportsektorn i fyra trafikslag: vägtrafik, bantrafik, sjöfart, och, luftfart. Med vägtrafik avses alla transporter som sker på allmänna vägar inom Sverige. Bantrafik inkluderar all rälsbunden trafik (tunnelbana, spårvagn och tåg). Med sjöfart avses både inrikes och utrikes sjöfart och i tillägg till Energimyndighetens statistik inkluderas även elanvändning vid hamndrift i denna rapport. Luftfart inkluderar inrikes flyg samt utrikes flyg som avgår från Sverige.

### 1.6.1 Vägtrafik

#### Personbilar

I juni 2019 fanns drygt 86 000 laddbara fordon i trafik på de svenska vägarna, vilket utgör närmare 2 procent av den totala personbilsflottan i trafik. De laddbara fordonen har dock ökat snabbt under de senaste åren och den trenden ser ut att fortsätta även i framtiden. Elektrifieringen inom personbilstrafiken har fått ett mindre genombrott i och med att det nu finns flera konkurrenskraftiga modeller på marknaden. Priserna är dock fortsatt något högre än jämförbara alternativ drivna med konventionella bränslen. Flera av de laddhybrider som säljs i Sverige är något större än elbilar.

#### Bussar

Kollektivtrafikens ambitiösa mål om 90 procent förnybara drivmedel inom bussflottan år 2020 har inneburit att sektorn har haft en snabb omställning sedan 2008. Nu körs de flesta bussflottor i Sverige med flytande biodrivmedel och i viss utsträckning med biogas. I nuläge finns det 205 elbussar i trafik, främst bussar av klass I och klass A<sup>9</sup>. Detta kan jämföras med att det i slutet av 2018 fanns 71 elbussar (motsvarande en ökning med 189 procent)<sup>10</sup>. Införandet av elbusspremier samt politisk vilja för tystare och attraktivare kollektivtrafik är de största drivkrafterna. Elbusspremier ges av Energimyndigheten och syftet är att minska inköpskostnader av elbussar som är jämfört högre än inköpskostnader för dieselbussar. Antalet elbussar ökar ständigt, men det bedöms att elbussar fram till 2030 främst kommer att användas i innerstadsmiljöer på grund av kortare räckvidd och positiva effekter på lokala utsläpp och buller. Inom de kommande åren kommer troligtvis de flesta tillverkare att erbjuda Klass II<sup>11</sup>-bussar för regiontrafik, vilket skulle kunna möjliggöra vidare elektrifiering på landsbygden. Klimatförhållandena gör dock elektrifiering svårare i de mest nordliga regionerna<sup>10</sup>.

#### Lätta lastbilar

Under första halvåret 2019 nyregistrerades 793 eldrivna lätta lastbilar vilket kan jämföras med 215 stycken under första halvåret 2018. Det bör noteras att lätta lastbilar i mångt och mycket har mer gemensamt med personbilar än tunga lastbilar. Det är troligt att elektrifieringen av lätta lastbilar kommer att följa samma trend som personbilar men med viss eftersläpning.

#### Tunga lastbilar

Under samma period har det även registrerats två tunga eldrivna lastbilar som väger mer än 3,5 ton. De flesta lastbilstransporter sker på sträckor under 30 mil, och mer än 50 procent av alla lastbilstransporter körs kortare sträckor än 25 km. Det är dock längre sträckor (de som överstiger 30 mil) där 40 procent av lastbilars transportarbete sker<sup>12</sup>. Detta innebär att det finns god potential att öka antalet kilometer på el då de flesta körsträckor är korta, men att detta inte kommer att medföra motsvarande besparing i bränsle givet transportarbetet. Lastbilar avsedda för laddning över natt i hemmdepån och kompletterande tilläggsaddning vid lastning och lossning i anslutning till logistiknoder introduceras nu och de kommande åren av flera tillverkare. Laddstationer måste därmed byggas vid depåer för laddning med lägre

---

<sup>9</sup> Bussar tänkta för stadstrafik som tillåter stående: Klass I bussar tillåts mer än 22 stående passagerare, medan för Klass A bussar tillåts upp till 22 stående passagerare

<sup>10</sup> Kommunikation Sveriges Bussföretag

<sup>11</sup> Fordon som huvudsakligen tillverkats för befördran av sittplatspassagerare

<sup>12</sup> Trafikanalys, Lastbilstrafik 2018



effekter t.ex. över natten, samt på vägen och vid logistikcenter och terminaler för snabbare laddning under dagen. För fjärrtransporter behövs dynamisk laddning via elvägar längs med våra större transportleder. Tunga godstransporter som körs med eldrift är svårare att få till än elektrifierade stadsbussar eller personbilar. Detta beror på att fordonen är tyngre samt att avstånden är längre och mer oförutsägbara än för stadsbussar som kör specifika rundor efter bestämda tidtabeller. För bussar är det därför lättare att planera laddtillfällen och installera den infrastruktur som behövs. Det beror även på att batterivikten konkurrerar med lastförmågan. Detta kan leda till att flera fordon behövs för att transportera samma mängd gods, vilket delvis skulle kunna undvikas med utbyggnad av täta nätverk av laddinfrastruktur för att bibehålla mindre batteristorlekar.

## 1.6.2 Bantrafik

Den svenska bantrafiken är redan i dagsläget till stor del elektrifierad; av järnvägsnätet är det cirka 20 procent av banorna som inte är elektrifierade, men majoriteten av dessa är lågt trafikerade.<sup>13</sup> Fram till år 2029 finns det planer på att elektrifiera två järnvägsbanor Värnamo – Jönköping och Älmhult – Olofström<sup>14</sup>. Sweco tar även hänsyn till att tågresandet ser ut att öka kommande år i Sverige och att godstransporter till högre grad än idag kommer att ske med tåg. Detta, i kombination med planer på investeringar i höghastighetsbanor, gör att elanvändningen inom bantrafiken ökar något de kommande åren. I och med att el redan utgör den absolut främsta energibäraren i bantrafiken förväntas inte en ytterligare elektrifiering få så stor påverkan på den totala elanvändningen i transportsektorn vid jämförelse med en elektrifiering av övriga transportslag. Det är värt att påpeka att lokal utbyggnad av spårbunden trafik kan ha inverkan på lokal kraftförsörjning även om det totala elbehovet på nationell nivå endast ökar nämnvärt. I exempelvis Stockholm pågår just nu utbyggnationer i tunnelbanesystemet; fram till år 2030 ska nya tunnelbanesträckor dras, en ny depå byggas och två befintliga linjer kopplas samman. Detta kommer att innebära en högre efterfrågan på el jämfört med dagens nivå. I dagsläget är Stockholm en region med elnätscapacitetsbrist och denna typ av utbyggnationer skulle kunna få stor effekt på befintligt elnät. Förstärkningar av elnätet pågår dock i regionen och beräknas vara klara inom 10 år.

## 1.6.3 Sjötrafik

Inom sjöfarten pratas det om elektrifiering på två sätt: elektrifierad framdrift och elektrifierad landström. Elektrifieringen inom den svenska sjöfarten är idag låg, endast ett fåtal färjelinjer drivs på el och landström används endast i viss utsträckning i ett fåtal svenska hamnar. Elektrifierad framdrift skulle kunna ske med batterier på samma sätt som för andra fordonsslag och landström avser den elanvändning som sker när fartyg ligger i hamn och kopplas till en uttagspunkt på land istället för att använda egna dieselaggregatorer. Stockholm hamnar ser en stor potential i att exempelvis de många kryssningsfartyg som lägger till i större hamnar utnyttjar landström. I Stockholms hamnar var fartygens elanvändning drygt 10 GWh år 2018.<sup>15</sup> För att det ska vara meningsfullt att koppla på ett fartyg mot land krävs det att fartyget ligger till hamn mer än bara några timmar. Effektbehovet för landström är som störst för kryssningsfartyg som kan ha ett effektbehov på över 10 MW.

En utmaning för elektrifiering inom sjöfarten är i dagsläget hur hamnarna ska kunna tillgodose det momentana effektbehovet, som uppkommer vid laddning av flera större fartyg. I områden där nätkapaciteten redan är ansträngd, vilket är fallet i flera större svenska städer är det inte säkert att ett sådant behov går att tillgodose i dagsläget. Hamnen i Ystad som mätt i passagerare är Sveriges tredje största hamn har redan en anläggning för landström och har fått frågan från nätägaren om de kan reducera elanvändningen i perioder med elnätscapacitetsbrist.<sup>16</sup> Exempelvis bulk- och containerfartyg har ett lägre effektbehov vid användandet av landström, i dagsläget saknas dock standardiserade kopplingar för fartyg och landström.

---

<sup>13</sup> Trafikverket, *Sveriges Järnvägsnät*

<sup>14</sup> Trafikverket, *Fastställd nationell plan för transportsystemet 2018–2019*

<sup>15</sup> Stockholms Hamnar Års- och hållbarhetsredovisning 2018

<sup>16</sup> Svenska Dagbladet Debatt <https://www.svd.se/den-akuta-elbristen-ar-ett-faktum>

Sverige har, i jämförelse med länder som exempelvis Norge, få sjöfartslinjer som skulle gå att elektrifiera. En möjlighet är dock linfärjor som inte kräver batterier utan drivs av landström. Trafikverket, som äger ett av Sveriges största färjerederier, har 41 färjeleder och av dessa är sju eldrivna linfärjor. Det finns planer på att utöka antalet eldrivna linfärjor och under 2019 togs den första eldrivna färjan (propeller) i drift. Det finns också två lite större färjor mellan Helsingborg och Helsingör som är elektrifierade sedan 2018. Färjorna drivs av rederiet ForSea och elektrifieringen av färjorna var en stor investering på 300 miljoner kronor varav 120 miljoner i stöd EU.<sup>17</sup> Färjorna snabbbladdas när det är i hamn. På sikt finns ett antal turist- och guidebåtar som skulle kunna elektrifieras. För större fartyg ses dock inte elektrifierad framdrift som den huvudsakliga lösningen även på längre sikt. Detta då sådana fartyg skulle kräva stora och tunga batterier, vilket med dagens teknik skulle uppta större delen av lastutrymmet. Den troliga utvecklingen är att tunga fartyg inom både inrikes och utrikes sjöfart kommer att satsa på alternativa bränslen som LNG (Liquid Natural Gas) eller biodrivmedel. Hybrid- och batteridrift skulle potentiellt kunna användas för kortare sträckor.

#### 1.6.4 Luftfart

Vad gäller elektrifiering av luftfart finns ett mått av osäkerhet rörande teknikutvecklingen. Dels krävs en fortsatt teknikutveckling av elflyg och dels krävs batterier med högre energitäthet än vad som i dagsläget är tillgängligt för att möjliggöra en högre elektrifiering inom luftfart, särskilt på längre sträckor. Med största sannolikhet kommer de första elflygplanen att vara mindre. Flera företag arbetar i dag med utveckling av mindre elflygplan för passagerare.

Som exempel bedömer svenska Heart Aerospace att de år 2025 kommer ha ett godkänt elflygplan med en passagerarkapacitet på 19 personer och en räckvidd om 400 kilometer. Elflyg bedöms framförallt ha störst potential för flyglinjer under en timme. I Sverige finns i dagsläget ett antal flyglinjer med motsvarande kapacitet och prestanda. Dessa flyglinjer är framförallt statlig upphandlad flygtrafik. Passagerarkapaciteten och räckvidden för de första elflygen gör att potentialen bedöms vara störst för inrikes luftfart och kortare sträckor till Sveriges närmsta grannländer. Elflygplan bedöms av branschen ha lägre service- och underhållskostnader än flygplan med förbränningsmotor. Lägre driftskostnader i kombination med högre kostnader för bränsle och koldioxidutsläpp (EU ETS) kan ha en positiv inverkan på nya flyglinjer med elflyg.

Vid längre flygningar och för flyg som behöver rymma flera passagerare kan batteriernas vikt komma att bli kritisk, även om tekniken utvecklas. Det är dock svårt att sja om hur utvecklingen kommer att fortgå och det finns en stor osäkerhet i de prognoser som sträcker sig fram till år 2045. Teoretiskt skulle större elflyg kunna bli aktuellt framåt 2040, men det är också troligt att luftfarten kommer att prioritera ett bränsleskifte till en högre andel biodrivmedel före dess.

En ökad elektrifiering inom luftfarten skulle innebära ett ökat elbehov inom transportsektorn totalt sett. Fram till år 2045 bedöms dock endast en mindre del av luftfarten vara eldriven, vilket i sammanhanget antas utgöras en mindre del av det tillkommande elbehovet. Det är dock värt att påpeka att elflyg kan komma att påverka effektuttag lokalt då laddning av fordonen troligtvis kommer att kräva höga laddeffekter. Vid hårt trafikerade flygplatser, likt Arlanda eller Landvetter, kan detta komma att skapa nya effekttoppar i lokalnätet vid en mer omfattande elektrifiering.

---

<sup>17</sup> <https://www.hd.se/native/forsea/2018-11-19/efter-batteridriften-fler-miljosatsningar-och-resenarernas>

## 1.7 Laddning av elfordon

Laddning av elfordon görs med olika effekter, ju högre effekt desto snabbare laddning, se **Error! Reference source not found.** Större fordon kräver högre effekter för att elektrifiering skall vara praktiskt möjligt. Desto högre laddeffekt ju större blir påverkan på kraftsystemet. Tabellen nedan visar typiska laddeffekter för ett urval av elektrifierade fordon. Notera de höga effekterna för landström för kryssningsfartyg samt snabbladdning av en större bilfärja. För personbilar är det den totala påverkan av många bilar som laddar samtidigt och inte laddeffekten från en enskild bil som påverkar.

Tabell 1: Laddeffekt per fordonsslag och laddtyp

	Laddeffekt
Personbil normalladdning	Allt under 22 kW 3,6 kW vanligt i en villa
Personbil snabbladdning	Allt över 22 kW Typiskt 50 – 100 kW
Buss depåladdning (per buss)	50–150 kW
Buss snabbladdning (per buss)	150–650 kW
Tyngre lastbil snabbladdning (pantograf)	150–1 000 kW <sup>18</sup>
Tyngre lastbil snabbladdning (elväg)	Upp till 200 kW
Landström kryssningsfartyg	15 MW
Snabbladdning större bilfärja (Helsingborg – Helsingör)	14 MW
Flygplan	500 kW <sup>19</sup>

Källa: Sweco

### Personbilar

Laddning av personbilar sker med olika laddeffekter. Ju högre effekt desto kortare blir laddningstiden. Batteriets storlek samt omgivande temperaturer påverkar laddningstider. Laddning av personbilar fördelas i två kategorier i linje med EU:s direktiv (Alternative Fuel Infrastructure Directive): (i) **normalladdning** där laddning sker med effekter upp till 22 kW; eller (ii) **snabbladdning** när laddning sker med effekter över 22 kW. I Sverige används ofta begreppet **semisnabbladdning** för effekter över 7,4 kW men under 22 kW. Denna typ av laddning är generellt mest lämplig för publik laddning då laddtider blir kortare (1 till 3 timmar), vilket ofta är i linje med tillåtna parkeringstider. Laddtider för normalladdning, som ofta kallas hemmaladdning, brukar vara upp till 7,4 kW (laddning över natten, och tar vanligtvis 5–8 timmar beroende av elfordons typ)<sup>20</sup>. I nuläget finns det mer än 8 500 publika laddpunkter i Sverige. De flesta publika laddpunkter gäller semisnabbladdning (11 eller 22 kW), se Figur 11.

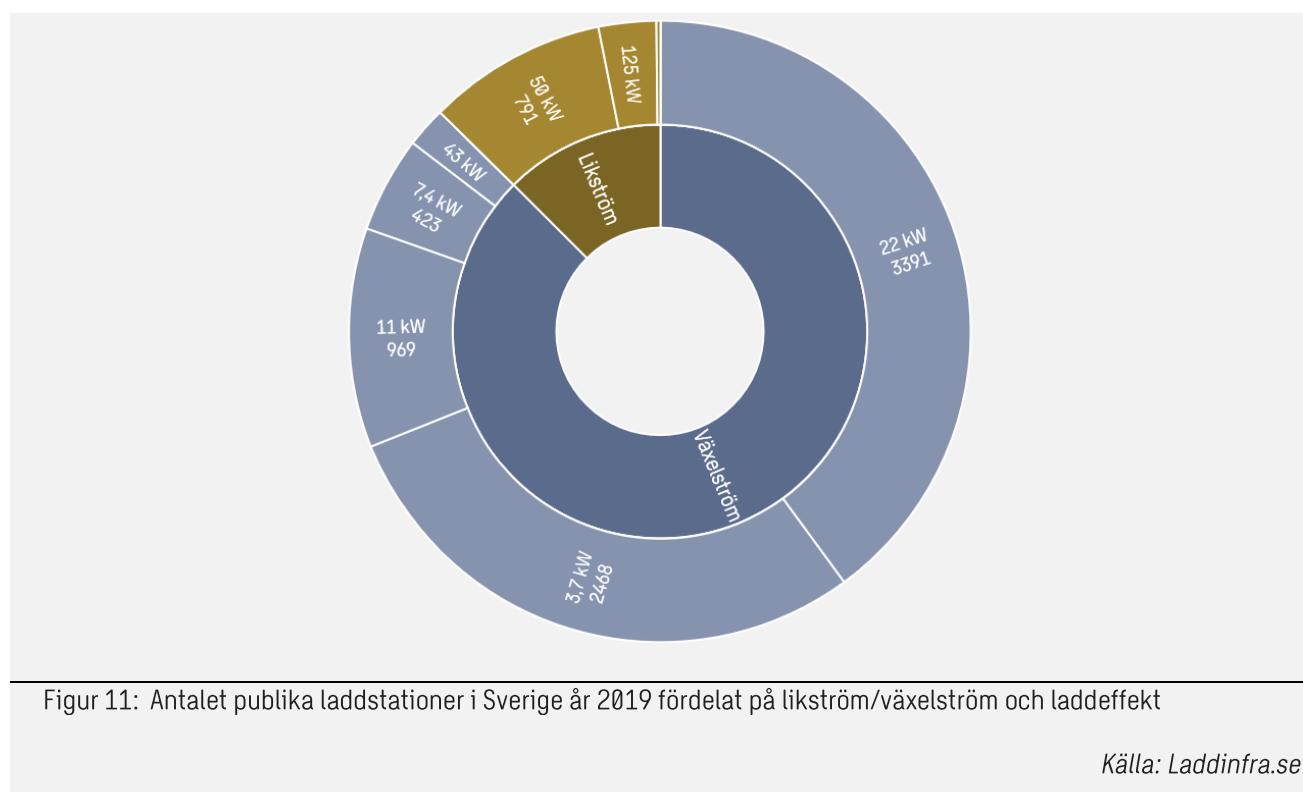
Hemmaladdning är den huvudsakliga laddstrategin för personbilar. Cirka 50–80 procent av alla laddtillfällen sker hemma medan 15–25 procent av laddtillfällena är destinationsladdning (exempelvis på arbetsplatsen). Endast cirka 5 procent av alla laddtillfällen utgörs av publik laddning, men det är ändå en viktig del av bilden då den möjliggör längre resor och

<sup>18</sup> Effekter i nuläge redovisas, högre effekter kan tillkomma i framtiden. Kommande standarder skulle kunna möjliggöra upp till 3 MW laddeffekter (<https://www.electrify.com/2019/09/28/charin-moves-ahead-on-truck-charging-standard/>)

<sup>19</sup> Estimerat givet batteristorlek vid snabbladdning

<sup>20</sup> SKL, 2017. Ladda för framtiden. <https://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7585-571-4.pdf>

uppfattas som ett lokalt komplement till andra laddalternativ. Trafikverkets utredning om snabbladdning längs större vägar, som grundas i ett antagande om max 100 kilometer mellan varje snabbladdstation, visar att snabbladdning saknas i framförallt Norrland, men även i Småland, Värmland och Gävleborg<sup>21</sup>. Det bör dock noteras att endast cirka 70–80 snabbladdstationer till en uppskattad investering om 35–45 miljoner kronor behövs för att åstadkomma 100 procent geografisk täckning i Sverige. Placering av stationerna i tätorter och i småorter vore fördelaktig, tack vare tillgång till elnät och kommersiell service. Generellt bedömer Trafikverket att den infrastruktur som behövs enligt ovan inte kommer att ha någon omfattande påverkan på det svenska elnätet som helhet, men förstärkningar av lokalnätet kan behöva göras i vissa fall. Med hänsyn till den successiva utvecklingen av fordonsflottan menar Trafikverket att möjligheter att förstärka det lokala nätet i samband med utvecklingen kommer att finnas.



## Bussar och Lastbilar

Laddeffekterna för elbussar skiljer sig beroende på vilken laddstrategi som väljs. Långsam laddning på depå (depåladdning, vanligtvis 4–5 timmar) sker med effekter mellan 50 och 100 kW medan effekten för snabbladdning (även kallad tilläggsaddning) ligger i spannet 150 till 650 kW. Ett annat alternativ är laddning under färd (eng. In-Motion-Charging) som kan liknas vid trådbussystem, även om trådkopplingen inte behövs längs hela linjen då sådana bussar också har ett mindre batteri som kan försörja framdriften för vissa delar av sträckan. Laddeffekten för sådana bussar är vanligtvis 80–100 kW.

Alternativ laddinfrastruktur för elbussar bör etableras vid depåer för samtliga typer av elbussar, det vill säga att även snabbladdade elbussar behöver långsam depåladdning under natten. Vilken effekt som krävs vid en laddstation samt möjligheten att ansluta till det lokala nätet bör utredas i ett tidigt skede av upphandlingsprocesser. Infrastruktur för depåladdning är enklare att implementera än infrastruktur som etableras i gatumiljö. Dessutom är depåladdare billigare och anses ofta som en del av själva fordonet. Detta innebär att det är generellt fördelaktigt att trafikutövarna äger infrastruktur för depåladdning medan infrastruktur som etableras på gatumark kan ägas av kollektivtrafikmyndigheter

<sup>21</sup> Trafikverket, 2018. In frastruktur för snabbladdning längs större vägar. [https://trafikverket.ineko.se/Files/en-US/48899/Ineko.Product.RelatedFiles/2018\\_172\\_infrastruktur\\_for\\_snabbladdning\\_langs\\_storre\\_vagar\\_regeringsuppdrag.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/en-US/48899/Ineko.Product.RelatedFiles/2018_172_infrastruktur_for_snabbladdning_langs_storre_vagar_regeringsuppdrag.pdf)

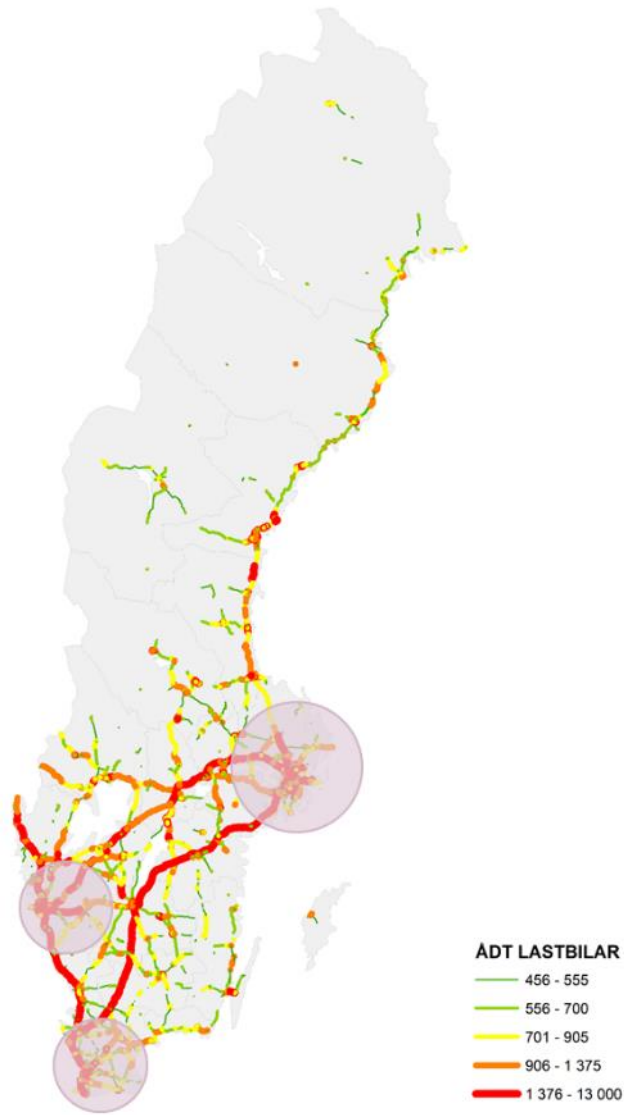
och/eller kommuner som samordnar investering och installation av laddarna. Laddinfrastrukturen på bussterminaler kan också komma att behövas; antingen som ett komplement till depåladdning, som det huvudsakliga laddningssättet, eller som en "back-up"-lösning. Detta för att säkerställa bussarna kan laddas även om ett strömavbrott inträffar i något av bussens linjeområden eller för att undvika tomkörning. På detta sätt blir systemet robustare och redundans säkerställs.

Elvägar, med kontinuerlig laddning från väg eller luftstolpe, kan komma att spela en nyckelroll för elektrifiering av tunga transporter. För att möjliggöra detta krävs dock stora investeringar samt anpassningar till lagstiftning och regelverk. Minst 150 mil elvägsnät behövs för att uppnå lönsamhet och det skulle kräva investeringar på 50 miljarder kronor enligt Trafikverket<sup>22</sup>. För lätta transporter som används i innerstadsmiljöer kan en högre elektrifieringsgrad förväntas, på samma sätt som för stadsbussar. Dock har lätta godstransporter ofta något mer varierande rutter, vilket skulle kunna påverka. I Figur 12 visas de mest lastbilstrafikerade sträckorna, vilket är triangeln Stockholm-Göteborg-Malmö. Dessutom pågår utveckling vad gäller eldrivna lastbilar. Exempelvis har Volvo utvecklat en lastbil på 16 ton för distribution, avfallshantering och andra transporttillämpningar i stadstrafik. Denna lastbilssort har batterier på 100–300 kWh (2-6 litiumjonbatterier) och en räckvidd på upp till 30 mil. Laddning via elnätet (AC) sker med en effekt om 22 kW eller genom DC-snabbladdning (CCS/Combo2-laddning) om 150 kW.<sup>23</sup> Utveckling pågår kontinuerligt och flera tillverkare tittar på möjligheten att elektrifiera tunga lastbilar för godstrafik över längre sträckor.

---

<sup>22</sup>[https://www.transportnet.se/article/view/676599/ny\\_kalkyl\\_elvagar\\_billig\\_metod\\_for\\_fossilfrihet](https://www.transportnet.se/article/view/676599/ny_kalkyl_elvagar_billig_metod_for_fossilfrihet)

<sup>23</sup> Volvo Trucks, 2019, <https://www.volvotrucks.se/sv-se/news/magazine-online/2018/apr/electromobility-made-easy.html>



Figur 12: Årsmedeldygtrafik (20 procent högsta flöden) mätt lastbilar i dag samt områden med kapacitetsbrist idag

Källa: Trafikverket, bearbetat av Sweco



# 3. TRANSPORTSEKTORNS FRAMTIDA ELANVÄNDNING

---

Då vägtrafik är det trafikslag som står för den absolut högsta energianvändningen idag kommer en omfattande elektrifiering av segmentet vägtransporter att få störst påverkan på både kraftsystemet och elmarknaden. Inom vägtrafiken är personbilar det fordonsslag som, i och med sitt stora antal, förväntas påverka den totala elanvändningen mest. Med grund i detta kommer följande avsnitt främst att fokusera på vägtransporter, och då särskilt personbilar, även om hänsyn har tagits även till övriga trafikslag i scenarioarbetet. I detta avsnitt presenteras huvuddragen i rapportens tre elektrifieringsscenarier, se Appendix för en mer utförlig beskrivning av de antaganden som ligger till grund för beräkningarna.

## 1.8 Definition av scenarier för elektrifiering

Det finns, som tidigare nämnts, ett flertal utmaningar med en omfattande fordonselektrifiering och en storskalig utbyggnad av laddinfrastruktur. En ökad efterfrågan på energi och effekt samt i vissa områden ett ytterligare behov av förstärkt elöverföringskapacitet har lyfts som de centrala frågorna. Hur omfattande och hur snabbt omställningen till eldrift kommer att ske är det ingen som säkert kan svara på även om det finns många prognoser över utvecklingen. Med grund i detta utgår denna rapport från tre olika scenarier för elektrifieringsgrad och -takt: snabb och omfattande elektrifiering; medelsnabb och betydande elektrifiering; och, långsam och låg elektrifiering. Detta för att illustrera flera möjliga utfall av elektrifieringen av transportsektorn och hur dess utveckling kan komma att påverka det svenska kraftsystemet. I dagsläget uppgår den årliga elanvändningen inom transportsektorn till cirka 3 TWh<sup>24</sup>. För att estimeras det framtida transportbehovet utgår Sweco från Trafikverkets långsiktiga prognoser 2018, där det totala transportbehovet väntas öka 1–2 procent (något högre för godstransporter) årligen fram till år 2045<sup>25</sup>. Gemensamt för rapportens tre scenarier är att år 2045 ses vara slutåret, därav antas transportbehovet vara detsamma i alla scenarier medan elektrifieringsgrad och -takt varierar.

De två långsammare scenarierna utgår från att elektrifieringen framförallt sker på marknadsmässiga grunder och att riktade stöd och subventioner för en ökad fordonselektrifiering är begränsade. Inget antagande gör för hur omfattande laststyrning av fordonsladdning blir i framtiden, vilket innebär att påverkan på kraftsystemet kan komma att ändras.

### 1.8.1 Scenario 1: snabb och omfattande elektrifiering

I scenariot *snabb och omfattande elektrifiering* utgår Sweco från att elektrifieringen inom några år kommer ta verklig fart för att till år 2045 vara omfattande och innefatta samtliga trafikslag, dock i varierande utsträckning. Teknikutveckling resulterar i lägre kostnader för batterier, vilket bidrar till att elektrifieringen av transportsektorn sker snabbare och till en lägre total kostnad än i övriga scenarier. I tillägg bidrar riktade stöd till att öka elektrifieringstakten ytterligare. Exempelvis antas staten delfinansiera elektrifiering av elvägar för att möjliggöra att även den tunga trafiken elektrifieras. Det gör att vägtrafiken antas elektrifieras i hög grad både vad gäller personbilar, kollektivtrafik, godstransporter och entreprenadfordon. Inom sjöfarten elektrifieras mindre fartyg och färjor som trafikerar korta distanser. Elanvändningen inom bantrafiken ökar måttligt till följd av ökat tågresande och en något högre elektrifieringsgrad medan elflyg trafikerar en mindre andel av korta flygdistanser runt 50 mil. För personbilar går ramarna för detta scenario i linje med den elektrifieringstakt som Power Circle – elkraftbranschens intresseorganisation som kontinuerligt för statistik över elbilsläget i Sverige – fastslår i sin senaste framtidsprognos. Denna säger att antalet laddbara fordon i trafik år 2030 kommer att uppgå till 2,5 miljoner vilket motsvarar ungefär halva personbilsflottan.

---

<sup>24</sup> Energimyndigheten, *Energiläget i siffror 2019*

<sup>25</sup> Notera att Trafikverks scenarier uppdateras regelbundet och att dessa uppdateringar påverkar prognoserna för trafikarbetet framåt

Majoriteten av de laddbara fordonen kommer att vara rena elfordon. Detta antagande baseras på de laddbara fordonens marknadsandelar i nybilsförsäljningen. Detta innebär antaganden om att försäljningen av nya laddbara fordon uppgår till 320 000 årligen (genomsnittlig nybilsförsäljning 2009–2018) och en livslängd i trafik på 18 år. Power Circle räknar på att denna elektrifieringsgrad kommer att innebära ett energibehov om 6 TWh år 2030, vilket motsvarar en ökning i elanvändning om cirka 5 procent<sup>26</sup>. I det snabba scenariot väntas transportsektorns elanvändning öka med i storleksordningen 25 TWh till år 2045.

### 1.8.2 Scenario 2: medelsnabb och betydande elektrifiering

I mellanelektrifieringsscenariot utgår Sweco ifrån att det kommer att ske en betydande elektrifiering av transportsektorn, men att denna tar fart först några år senare än i högelektrifieringsscenariot. Fortsatt relativt höga priser på batterier bidrar till att elektrifieringen av transportsektorn här går långsammare. Detta innebär även ett antagande om att färre flaskhalsar uppstår i elnätet då det finns tid att bygga ut nätet för att möta de kommande behoven. Detsamma gäller det tillkommande energibehovet; det finns tid att bygga den elproduktionskapacitet som behövs för att möta den ökade efterfrågan på el i samhället. I det medelsnabba scenariot väntas transportsektorns elanvändning öka med i storleksordningen 18 TWh till år 2045.

### 1.8.3 Scenario 3: långsam och måttlig elektrifiering

I det långsamma elektrifieringsscenariot antas batteriutvecklingen avta och det antas att kostnaderna faller långsammare än förväntat. En viss brist på sällsynta jordartsmetaller bidrar till att hålla upp priserna på batterier. Från politiskt håll antas endast få satsningar med det enda målet att elektrifiera transportsektorn. Elektrifieringen sker därmed på marknadsmässiga grunder i konkurrens med andra teknologier. Biobränslen antas till viss del ersätta dagens fossila bränslen och övriga konventionella teknologier antas bli något mer bränslesnåla, även om fordon med förbränningsmotorer fortsätter att ha stora marknadsandelar i ett antal år framöver. Sverige är normalt ett föregångsland när det kommer till ny teknik, men i detta scenario följer Sverige den globala elektrifieringstrenden istället för att matcha exempelvis Norges mycket höga elektrifieringstakt. Även i lågelektrifieringsscenariot väntas transportsektorns elanvändning öka betydligt i storleksordningen 11 TWh till år 2045.

## 1.9 Sammanfattning av scenariot

Som redan konstaterats kommer elanvändningen inom transportsektorn att öka i framtiden och det trafikslag som väntas öka mest är vägtrafiken. Vägtrafiken utgörs till stor del av personbilar och en omfattande elektrifiering av dessa kommer därmed att förändra energianvändningen inom transportsektorn. Idag ökar nyförsäljningen av både laddhybrider och helt eldrivna fordon sett till personbilar, även om flera prognoser (såsom exempelvis Power Circles prognos) pekar på att laddhybriderna kommer att få ge allt mer plats åt rena elfordon inom endast ett par år. Även om laddbara fordon vinner allt större marknadsandelar i nybilsförsäljningen av personbilar finns en viss tröghet i systemet. Sett till fordons livslängd och hur länge människor behåller en nyinköpt bil kommer andelen eldrivna fordon inte att vara lika stor i den totala personbilsflottan som i nybilsförsäljningen.

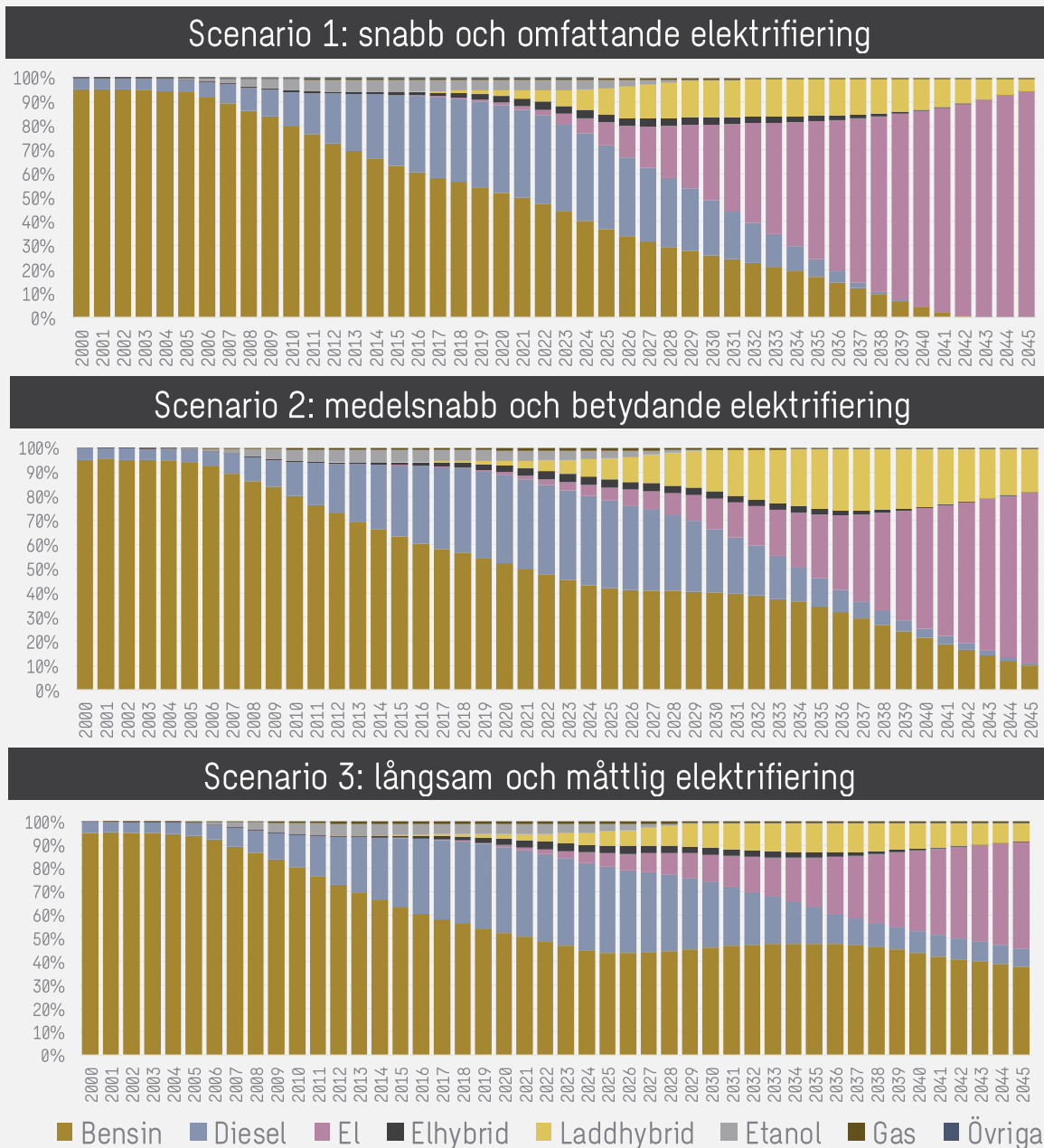
På grund av att det finns en viss tröghet i omställningstakten är det först under andra halvan av 2020-talet som elbilar och laddhybrider börjar öka kraftigt inom personbilsflottan i alla tre scenarier. I scenario 1, som står för den snabbaste elektrifieringen, väntas de laddbara fordon ha tagit över fordonsflottan helt till år 2040. Det medelsnabba scenariot visar på samma ökande trend, men elektrifieringen tar verklig fart först framåt år 2030 för att helt dominera mellan år 2040 och 2045, även om en viss andel bensin- och dieslbilar fortfarande kommer att finnas kvar då. I scenario 3, som står för den långsammaste elektrifieringstakten, kommer de laddbara fordonen att utgöra majoriteten av fordonsflottan först framåt år 2045, även om konventionella drivmedel (bensin och diesel) fortfarande kommer att stå för en betydande andel

---

<sup>26</sup> *Elbilsläget 2018, Power Circle (2019)*



(cirka 40 procent). Figur 13 visar utvecklingen av energianvändningen inom personbilsflottan uppdelat per drivmedel i de olika scenarierna.



Figur 13: Utveckling av energianvändning inom personbilsflottan i de olika scenarierna (elektrifieringsgrad)

Källa: Sweco

Swecos scenarier visar på att en elektrifiering av transportsektorn kommer att innebära att Sveriges årliga elanvändning kommer att öka mellan cirka 11 och 26 TWh till år 2045, beroende av hur snabb och omfattande elektrifieringen kommer

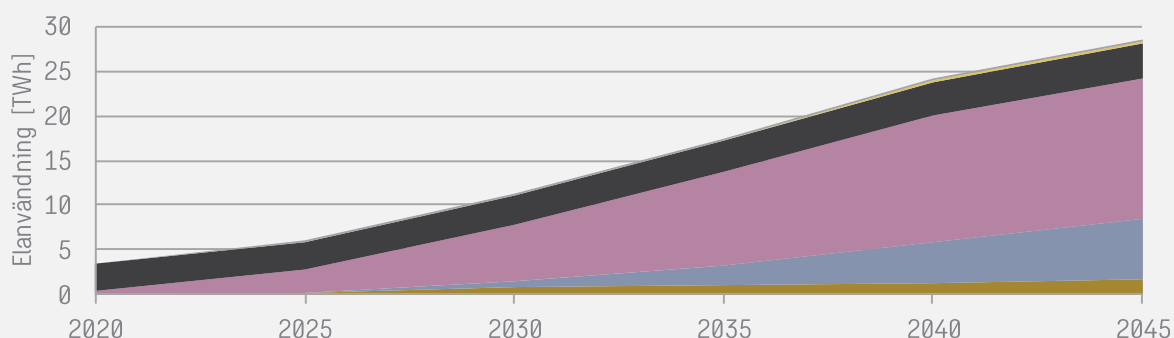
att bli (se Figur 14). Detta kan jämföras med dagens elanvändning inom transportsektorn som ligger på cirka 3 TWh<sup>27</sup>. I ett högelektrifieringsscenario, där en omfattande elektrifieringstakt antas, kommer personbilar att stå för drygt 70 procent (15,6 TWh) av det tillkommande elbehovet år 2045. Lastbilar är det fordonsslag som förväntas få näst störst påverkan (efter personbilar) – de kommer att stå för cirka 27 procent (6,8 TWh) högre elanvändning jämfört med dagens nivå medan bussar ökar med 9 procent (1,9 TWh). Ökningen av elanvändningen (26 TWh) inom detta scenario motsvarar närmare 19 procent av dagens elanvändning.

Resultatet för det medelsnabba scenariot visar på att det tillkommande elbehovet årligen kommer att uppgå till närmare 18 TWh per år. Även i detta scenario, som är något långsammare än högelektrifieringsscenariot, kommer personbilar att stå för den största ökningen i elbehov (14 TWh). Eftersom personbilar antas vara det trafikslag vars elektrifiering kommer att gå snabbast står personbilarna i detta scenario för en större andel av den totala ökningen (79 procent). Det långsammaste scenariot visar att Sveriges elanvändning inom transportsektorn ökar med knappt 11 TWh där 8,5 TWh (79 procent) utgörs av personbilar. I och med en långsammare elektrifieringstakt för samtliga trafikslag kommer bantrafiken fortfarande utgöra det näst största elbehovet (3 TWh jämfört med lastbilarnas 1,8 TWh) år 2045. Detta då bantrafiken redan idag till största delen är elektrifierad. En ökning om närmare 11 TWh motsvarar nästan 8 procent av Sveriges totala elanvändning idag.

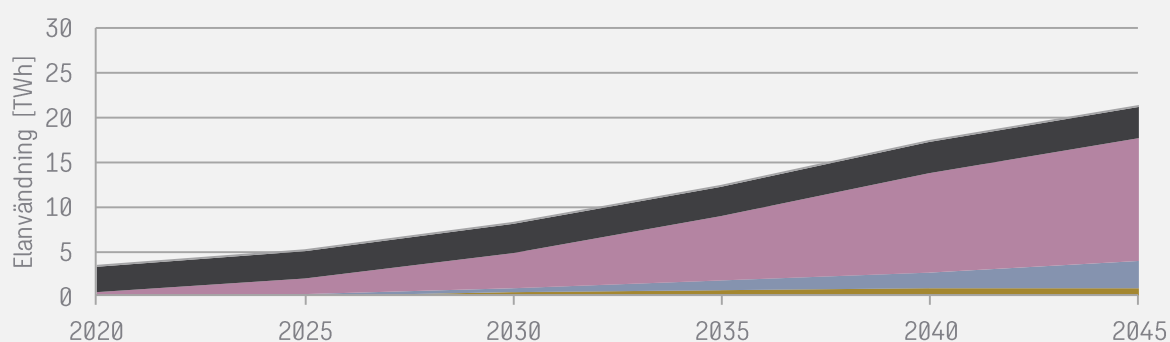
---

<sup>27</sup> Energimyndigheten, *Energiläget i siffror 2019*

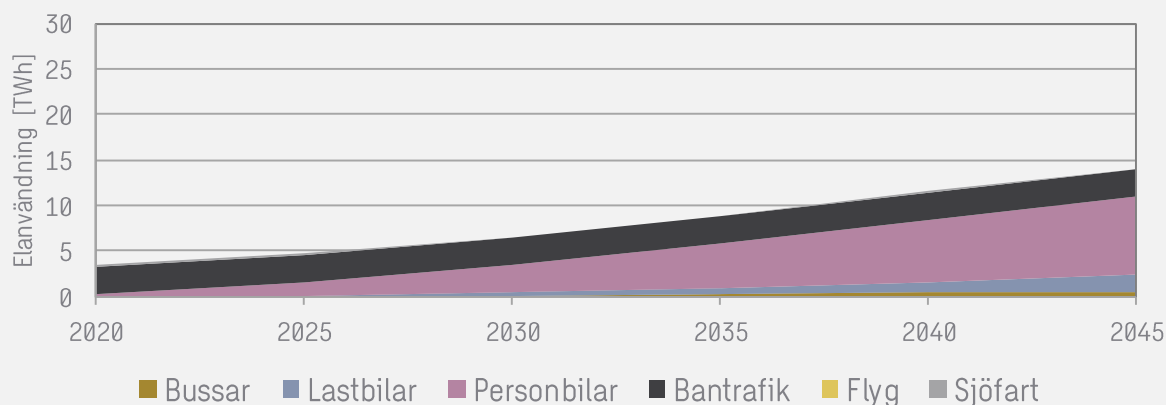
### Scenario 1: snabb och omfattande elektrifiering



### Scenario 2: medelsnabb och betydande elektrifiering



### Scenario 3: långsam och måttlig elektrifiering

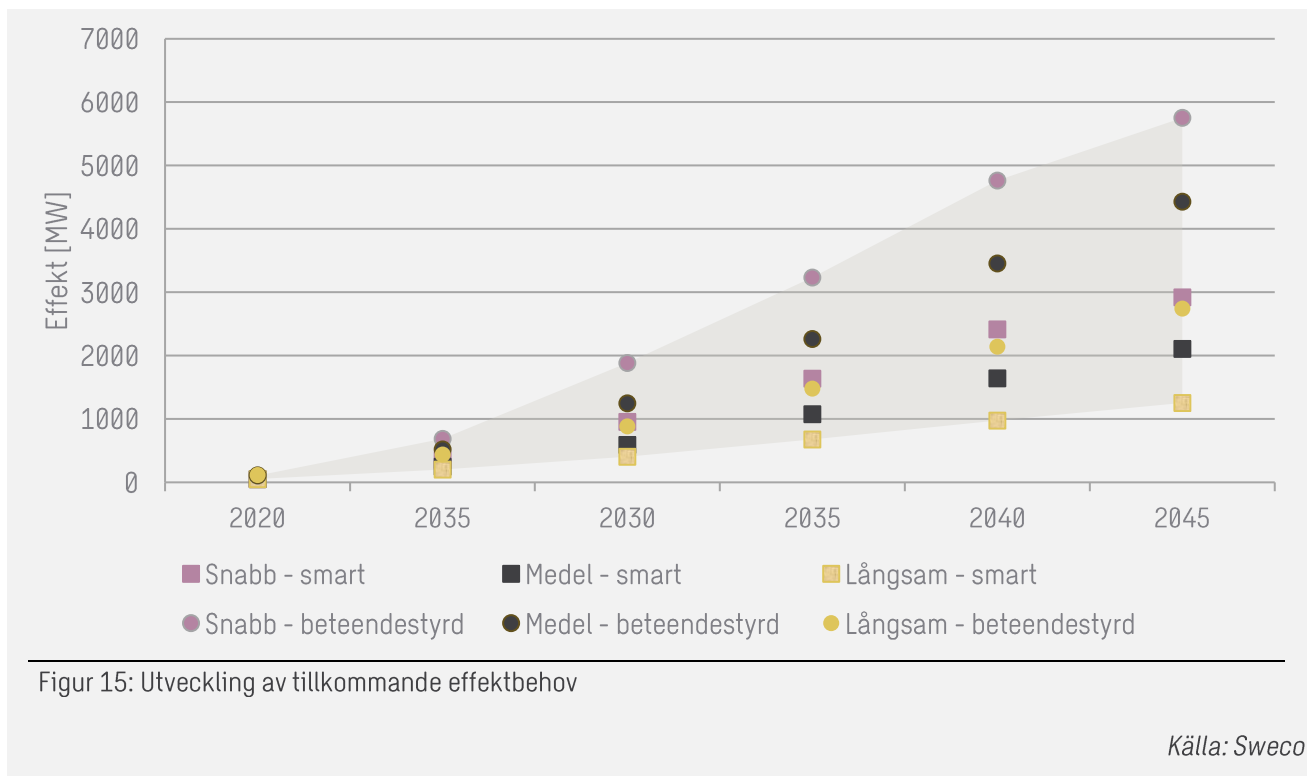


Figur 14: Utveckling av transportsektorns elanvändning vid en ökad elektrifiering

Källa: Sweco

Figur 15 visar ett estimat på tillkommande effektbehov för de olika scenarierna. I de fyrkantiga punkterna benämnda smart laddning antas att tillkommande laddbehov fördelas relativt jämnt över dygnet. Det innebär att fordonsladdningen inte orsakar någon tydlig förbrukningstopp som sammanfaller med tidpunkter då annan förbrukning generellt är hög, exempelvis när människor kommer hem från jobbet och startar hushållsapparater. I de runda punkterna, som motsvarar en behovsstyrd laddning av fordonsflottan, sammanfaller fordonsladdning med nätets förbrukningstopp som vanligtvis inträffar runt klockan 17–18. Det tillkommande effektbehovet blir mer än dubbelt så högt om fordonsladdningen sker behovsstyrt och därmed sammanfaller med nätets förbrukningstopp. Figuren syftar till att illustrera att det tillkommande effektbehovet vid en omfattande elektrifiering inom transportsektorn i stor grad beror på hur och när fordonsladdningen kommer att ske. Som jämförelse estimeras Sveriges elanvändning av Svenska kraftnät till 26 700

MWh/h en vanlig vinter och 27 700 MWh/h en tioårsvinter. Transportsektorns elektrifiering kan komma att öka Sveriges toppeffekt med flera tusen MW beroende på vilken laddprofil som används. Det bör betonas att det är osäkert hur olika fordons laddprofiler kommer att se ut i framtiden, exempelvis fördelning mellan hemmaladdning och laddning på arbetsplats för personbilar. Om privatpersoner till exempel får starkare incitament för arbetsplatsladdning kan laddningen jämnas ut över dygnet.



## 4. PÅVERKAN PÅ ELSYSTEM OCH -MARKNAD

---

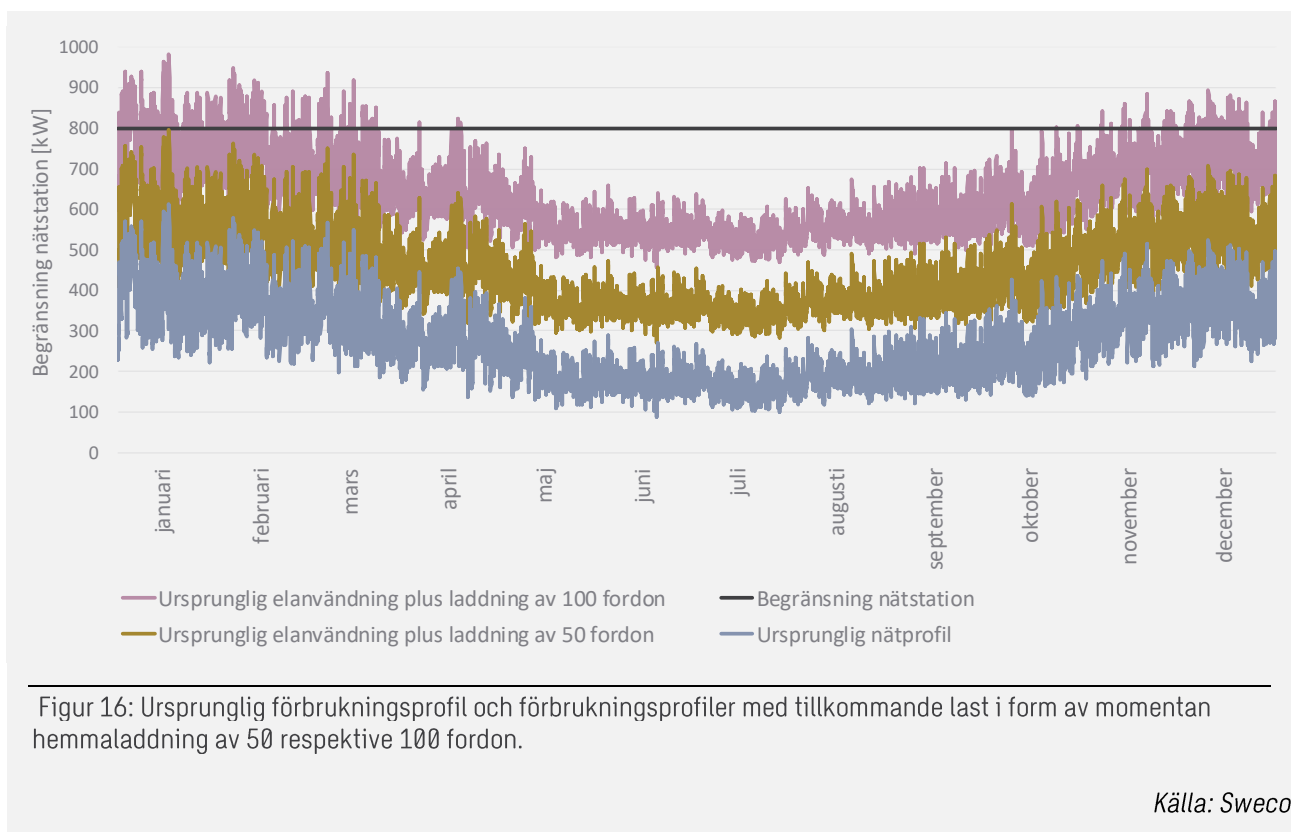
På årlig basis har Sverige ett överskott på el då produktionen totalt sett är större än efterfrågan vad gäller elenergi. Energimyndighetens prognoser pekar på att det fortsatt kommer vara fallet under de närmaste åren. Samtidigt är Svenska Kraftnätets bedömning att effektunderskottet sannolikt kommer öka under den närmaste åren. Utmaningen på kort sikt är därmed att i varje tidpunkt kunna tillgodose efterfrågan, det vill säga att elnätet har kapacitet att överföra rätt mängd energi till rätt område då det efterfrågas. Det är här det riskerar att orsaka flaskhalsar; vid överföring av energi från centraliserade produktionsanläggningar till lägre nätnivåer kan det vid hög efterfrågan bli för trångt för att överföra tillräckligt mycket energi. Utmaningarna varierar därför för olika nätnivåer och i olika områden.

### 1.10 Lokalnät

I Figur 16 visas den aggregerade elanvändningen för 100 hushåll under år 2018 (blå graf). För att skapa en förståelse för hur elbilsladdning kan påverka belastningen i ett lokalnät får detta symbolisera ett mindre bostadsområde. Den genomsnittliga elanvändningen för en villa är drygt 23 000 kWh per år, vilket motsvarar en normal årsförbrukning i en villa med en säkring på 20–25 A. Ett rimligt antagande är att en nätstation som försörjer ett sådant område har en begränsning på 800 kW. För att se hur detta område skulle påverkas om dess invånare bestämmer sig för att köra en elbil har den tillkommande belastningen från laddningen adderats till den ursprungliga nätprofilen. I detta exempel antas att alla bilar laddas i hemmet med en effekt om 3,7 kW och att 50 (brun graf) respektive 100 (rosa graf) invånare har en elbil. Med andra ord, i exemplet adderas maximal laddning (3,7 kW per fordon) för 50 respektive 100 fordon till nätets ursprungliga förbrukning över årets alla timmar. Detta för att visa hur nätet maximalt kan påverkas om alla invånare i området laddar sin elbil samtidigt, vilket i teorin skulle kunna ske genom beteendestyrd laddning. Det är värt att poängtera att detta inte är ett verkligt laddmönster, även om alla fordon i området skulle ladda samtidigt vid något tillfälle finns det ingen som behöver ladda sin bil över dygnets alla timmar året om. Exemplet har endast utformats på detta sätt då oron för en omfattande elektrifiering främst tycks ligga i vad nätet kommer att klara av sett till kapacitetsbegränsningar. För laddning med en effekt om 3,7 kW tillkommer en last om 370 kW om alla 100 fordon skulle laddas samtidigt, vilket innebär en ökning om cirka 60 procent i timmen med högst belastning i detta nät.

I fallet om 100 elbilar i området blir det tydligt att kapaciteten i det lokala nätet inte är tillräcklig för alla att ladda samtidigt under flera tidpunkter över året. Nätstationens begränsning om 800 kW överskrids under 618 timmar över studerat år. Detta visar på vikten av att styra laddning till tidpunkter med lägre belastning vid en omfattande elektrifiering av personbilsflottan i lokalnät. I framtiden är det också rimligt att anta att även privatpersoner kommer att vilja ladda med en effekt på 11 kW, vilket skulle innebära högre momentana effektuttag. Exemplet visar också att det möjliga elnätskapacitetsproblemet endast är ett problem under vintertid då temperaturen är lägre och villor har en högre förbrukningsprofil på grund av ökat uppvärmningsbehov. Det är också värt att kommentera att detta teoretiska lokalnät inte nödvändigtvis är representativt. Kapacitetsbrist i elnätet beror i allra högsta grad på lokala förutsättningar och det finns säkerligen områden som har antingen mer eller mindre akuta elnätskapacitetsutmaningar än vad detta exempel visar.

Det är troligt att utmaningar på lokalnätets nivå kan uppstå oavsett elektrifieringstakt, risken för elnätskapacitetsbrist ökar dock i ett elektrifieringsscenario där omställningen går fort. I en enkätundersökning genomförd av Sweco svarar mer än 40 procent av tillfrågade lokalnätföretag att de tror att en elektrifiering av transportsektorn kommer att innebära elnätskapacitetsutmaningar. Hela enkätundersökningen presenteras i avsnitt 5.



Figur 16: Ursprunglig förbrukningsprofil och förbrukningsprofiler med tillkommande last i form av momentan hemmaladdning av 50 respektive 100 fordon.

Källa: Sweco

## 1.11 Regionnät

I dagsläget är det regionerna Stockholm, Uppsala, Malmö och Mälardalen som står inför de största utmaningarna sett till elnätskapacitetsbrist. Det byggs nya bostadsområden, eldriven kollektivtrafik och ny industri samtidigt som lokal produktion läggs ner och allt fler verksamheter elektrifieras. Förstärkningar och nybyggnation av elnätet har redan inletts på många håll för att öka elöverföringskapaciteten till städer, men det kommer dröja ett antal år innan dessa projekt är färdigställda. Elnätskapacitetsfrågan är därför en högst aktuell fråga idag. Begränsningar i regionnätet eller övergången mellan region och stamnät eller lokalnät kan försena en elektrifiering. Om laddning av elfordon sker beteendestyrd kommer efterfrågetoppen att öka även på regionnätets nivå. Skillnaden när efterfrågetoppen i olika lokalnät inträffar är i regel liten då människors elanvändningsmönster är likt. I Figur 15 visas tillkommande effektbehov vid en elektrifiering av transportsektorn som i stor grad styrs av hur smart elbilar kommer att laddas. Det är på eftermiddagen en kall vinterdag som elanvändningen är som högst. Ökat effektbehov från elbilsaddning under timmar då elnätet redan är belastat får sannolikt en påverkan även på regionnätets nivå. Denna topp kommer i stor grad att öka även regionnäten. Behovet av ökad elnätskapacitet är kommer vara störst i områden med ökad urbanisering och elanvändning och minst i avfolkningsområden eller platser där större industrier minskat sin elanvändning.

## 1.12 Stamnät

På stamnätets nivå sker redan omfattande förstärkningar och utbyggnationer för att rusta nätet för framtidens elbehov och en allt mer väderberoende produktion. Svenska kraftnäts satsningar är av både kort- och långsiktig karaktär. Kortsiktigt arbetar de med ny teknik som högtemperaturledning, snabbare reserver, energilagring och storskalig efterfrågefleksibilitet som några av lösningarna på elnätskapacitetsfrågan. Långsiktigt satsas det också på att bygga ut stamnätet, alltså att öka elöverföringskapaciteten nationellt. Varför detta ses som en mer långsiktig lösning beror på att utbyggnad av elnät har långa ledtider; varje sträcka behöver genomgå ett antal prövningar innan den kan godkännas och om de väl godkänns är byggtiden ofta lång då mark kan behöva beredas innan ledningen läggs. Påverkan på stamnätet beror på hur mycket toppeffekten ökar när tillkommande fordon elektrifieras. Svenska kraftnät som ansvarar för driften

av stamnätet visar i sin senaste långsiktiga marknadsanalys att incitamenten för att bygga ut stamnätet ökar betydligt om toppeffekten ökar till följd av behovsstyrd laddning.

## 1.13 Elmarknad

Generellt resulterar en ökad efterfrågan på el i högre elpriser. Om elproduktionen behöver byggas ut för att tillgodose det ökade elbehovet har detta en prissänkande effekt på elpriset. Det går därför inte att hävda att elektrifieringen av transportsektorn ensamt kommer att resultera i markant högre elpriser. Om laddning av elfordon sker på ett sätt som bidrar till högre effekttoppar i nätet kommer dock prisskillnaderna att öka ytterligare över dygnet. Priserna kan i så fall bli högre runt middagstid när många människor kommer hem från arbetet och startar hushållsapparater samtidigt som elfordon laddas. Ökade prisskillnader över dygnet kommer dock att öka incitamentet att styra laddning till tidpunkter då annan elanvändning är lägre. En ökning av andel elproduktion från ej planerbara kraftslag kommer sannolikt att öka prisvariationen ytterligare.

## 5. UTMANINGAR OCH POLICYBEHOV – BRANSCHENS INSPEL

---

Likt tidigare nämnt kommer det allra största elbehovet att finnas inom vägtransporter och fordonsladdningen kommer ofta att ske på lokalnätetsnivå. Då risken för elnätetskapacitetsbrist till största del beror på lokala förutsättningar och därmed skiljer sig åt mellan olika lokalnät såg Sweco att inspel från nätföretag var viktigt för att skapa en bredare bild av huruvida elektrifieringen av transportsektorn driver på elnätetskapacitetsutmaningen lokalt. En enkät skickades därför ut till 29 svenska lokalnätetsföretag. Nätföretagen valdes ut med en stor geografisk spridning för att täcka in samtliga av Sveriges elområden och innefatta nät med varierande geografiska förutsättningar (stadsnät, landsbygd och en blandning). Svarsfrekvensen var 60 procent varav både stadsnät (29 procent), landsbygdsnät (18 procent) och lika stora delar stadsnät och landsbygdsnät (53 procent) fanns representerade. Enkäten innehöll graderade svar för huruvida elnätetskapacitetsbrist är ett problem eller inte och om elektrifieringen av transporter innebär elnätetskapacitetsutmaningar på kort och lång sikt. Vilka åtgärder som nätföretag ser som nödvändiga för att undvika elnätetskapacitetsbrist på kort respektive lång sikt angavs som fritextsvar, utvalda citat från denna del presenteras i avsnitt 1.14.

Då rapporten behandlar transportsektorn som helhet såg Sweco även att det var av vikt att inhämta inspel från representanter från branschorganisationer inom respektive trafikslag. Frågor om vilka utmaningar respektive bransch ställs inför vad gäller elektrifiering av transporter samt vad som bör prioriteras i rådande regelverk för att kunna åstadkomma en omfattande elektrifiering inom transportsektorn ställdes både genom mail- och telefonintervju.

### 1.14 Nätföretag

Genom att sammanställa enkätsvar framkom att majoriteten av lokalnätetsföretagen (59 procent) inte ser att lokal elnätetskapacitetsbrist utgör något, eller endast ett obetydligt, problem på kort sikt. Dessa nät utgörs främst av lika stora delar stadsnät och landsbygd. Några nätföretag (18 procent) som äger stads- eller landsbygdsnät ser att elnätetskapacitetsbrist utgör ett visst problem och cirka en fjärdedel (24 procent) ser att elnätetskapacitetsbrist utgör ett betydligt eller stort problem i närtid, både i stadsnät, landsbygd och blandade nät.

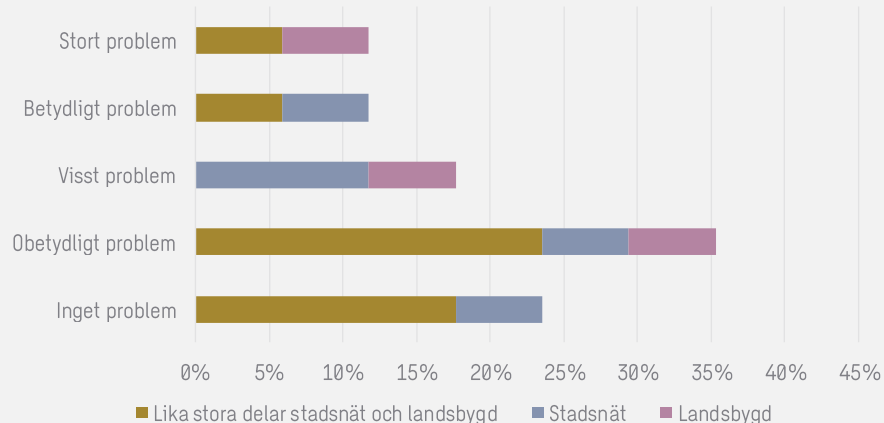
Det är dock tydligt att oron för elnätetskapacitetsbrist är större på längre sikt. Andelen nätföretag som inte ser något problem, eller endast ett obetydligt problem var nu lägre (29 procent) än ur ett mer kortsiktigt perspektiv. En dryg tredjedel (35 procent) av svarande nätföretag menar att de ser ett visst problem med elnätetskapacitetsbrist på längre sikt och en lika stor andel ser att de kan få ett betydligt eller stort problem med elnätetskapacitetsbrist på tio års sikt. Se Figur 17 för en sammanställning av enkätsvar om lokal elnätetskapacitetsbrist.

I frågan om elektrifieringen av transportsektorn innebär en utmaning för elnätetskapaciteten lokalt svarade cirka hälften av nätföretagen (53 procent) att elektrifieringen inte har någon eller endast en obetydlig påverkan på kort sikt. Cirka en fjärdedel (24 procent) menar att elektrifieringen har viss påverkan och en lika stor andel menar att den innebär en betydlig eller stor påverkan sett till elnätetskapacitetsutmaningen på kort sikt.

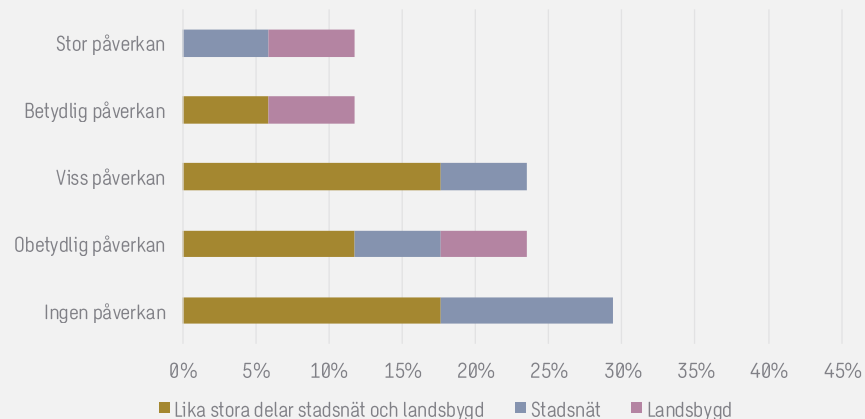
Det är tydligt att flera nätföretag ser att elektrifieringen kommer att innebära större elnätetskapacitetsutmaningar på längre sikt. En knapp femtedel (18 procent) tror inte att elektrifieringen kommer att innebära några, eller endast obetydliga, elnätetskapacitetsutmaningar på längre sikt. Flera (41 procent) ser dock att elektrifieringen kan komma att innebära vissa utmaningar för nätetskapaciteten och lika många menar att elektrifieringen av transportsektorn kommer att ha betydlig eller stor påverkan på deras elnätetskapacitet. Se Figur 17 för en sammanställning av enkätsvar om elektrifiering av transporter kopplat till elnätetskapacitetsbrist i nätet.



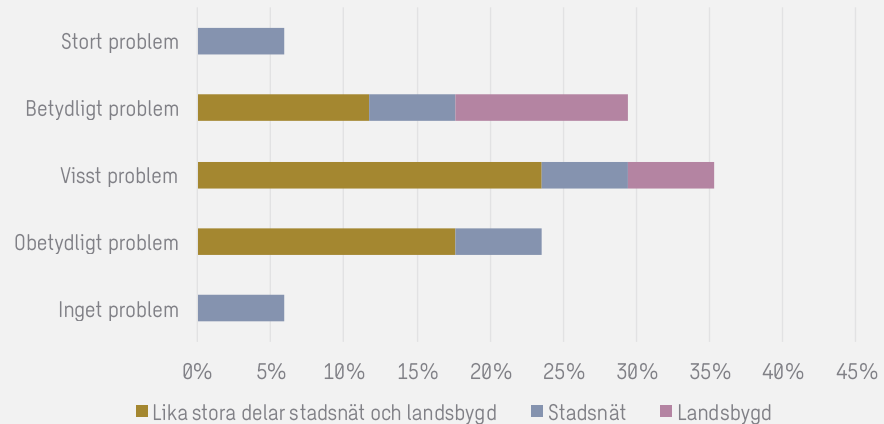
Är lokal kapacetsbrist ett problem för er på kort sikt?



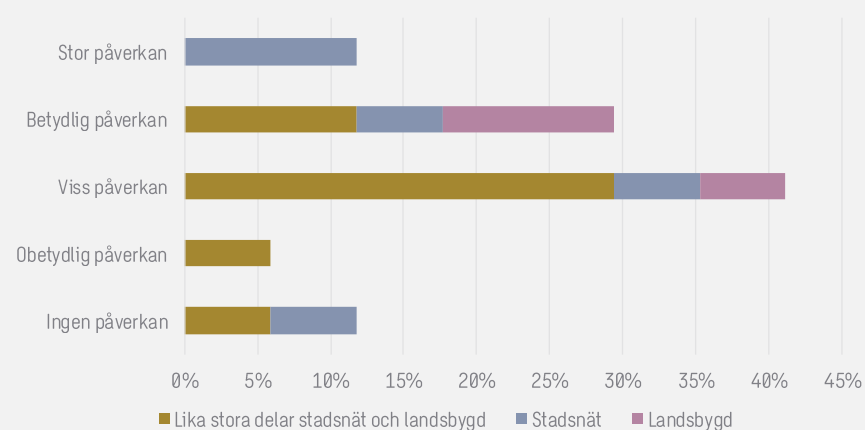
Ser ni att elektrifieringen av transportsektorn innebär kapacitetsutmaningar för er på kort sikt?



Är lokal kapacetsbrist ett problem för er på längre sikt (> 10 år)?



Ser ni att elektrifieringen av transportsektorn innebär kapacitetsutmaningar för er på längre sikt (> 10 år)?



Figur 17: Sammanställning av huruvida olika nätföretag ser elnätskapacitetsbrist som ett problem på kort respektive lång sikt

Källa: Sweco

Figur 18: Sammanställning av huruvida svarande nätföretag ser att elektrifiering av transportsektorn innebär elnätskapacitetsutmaningar på kort respektive lång sikt.

Källa: Sweco

Vid sammanställning av enkätens fritextsvar om vad som krävs för att undvika elnätskapacitetsbrist på kort respektive lång sikt kunde tre huvudområden identifieras i nätbolagens svar: investeringar, regelverk, och planering. Se Figur 19 för en tematisk överblick av nätföretagens syn på vad som krävs för att undvika elnätskapacitetsbrist.

Lokalnätsföretag tycks se att en av de mest nödvändiga åtgärderna för att både kortsiktigt och långsiktigt undvika elnätskapacitetsbrist är ett tydligare regelverk för elnätsutnyttjande. Det verkar finnas en gemensam syn på att dagens regelverk inte skapar tillräckligt starka incitament för nätföretagen att arbeta med frågor som laststyrning och energilager. I dagsläget finns vissa begränsningar för nätföretag att nyttja energilager då rådande regelverk utgör vissa hinder vad gäller ägande och förvaltning av energilager. I och med artikel 36 i EU-kommissionens Elmarknadsdirektiv (en del av Ren energipaketet) kan det bli svårt för lokalnätsföretag att äga och driva energilager. Direktivet anger att nätföretag i regel inte ska äga, utveckla, förvalta eller driva energilageranläggningar utan att detta ska ske genom en tredje part. Undantag från denna regel ska endast ges om det inte går att handla upp ett energilager från en tredje part till ett skäligt pris inom en rimlig tid. Laststyrning och efterfrågefleksibilitet lyfts som viktiga faktorer för att jämna ut effektuttaget och därmed motverka kapacitetsbrist i lokalnäten. Flera nätföretag menar dock att de idag inte har tillräckligt starka incitament för att prioritera investeringar i teknik som främjar en mer flexibel elanvändning och att detta utgör ett hinder för att nå teknikens fulla potential.

*”En analys behövs av potential för flexibilitet, effekttariffer, konsumtions-/produktionsprognoser, planering av utbyggnadstakt för stam-/region- och lokalnät samt för incitament att nyttja energilager/laststyrning”*

Som en åtgärd för att undvika elnätskapacitetsbrist på längre sikt lyftes även vikten av att skapa incitament för lastaggregering. Detta kan göras med hjälp av en aggregator – en aktör som samlar och hanterar flera mindre laster – exempelvis genom att styra förbrukning hos elanvändare – till en större volym i syfte att handla med på organiserade marknadsplatser för energi eller effekt. Elbilsladdning skulle kunna vara ett exempel på en last som går att styra på detta sätt och med hjälp av en aggregator som snabbt kan aktivera eller deaktivera laddningen skulle detta även kunna göra nytta som snabb frekvensreglering och därmed systemnytta. Det framkom dock att dagens regelverk utgör en barriär på så sätt att det inte finns tillräckligt stora incitament för aggregatorer. De regler som finns för regler- och frekvensmarknaden är i dagsläget inte avsedda för mindre aktörer utan vänder sig främst mot stora producenter, detta genom att det ställs vissa krav på tillräckligt snabb aktiveringstid och på att kunna garantera en viss budstorlek.

*”Möjligheten att investera i ny teknik (till exempel energilager) och nya smarta funktioner för effektstyrning tillsammans med, och hos, våra kunder”*

Som ett tillägg till att det saknas incitament för laststyrning framkom även att anpassade effekttariffer skulle kunna motverka elnätskapacitetsbrist på längre sikt. Med en effekttariff är syftet att skapa en prissättning som gör att elen blir dyrare under tidpunkter då belastningen av elnätet är hög. Om elanvändare får en signal om att det kostar att använda mycket el vid samma tidpunkt är det troligt att fler kommer att välja att flytta viss elanvändning (till exempel fordonsladdning eller tvättmaskin) till tidpunkter med billigare elpris, det vill säga tidpunkter då den totala belastningen i nätet generellt är lägre.

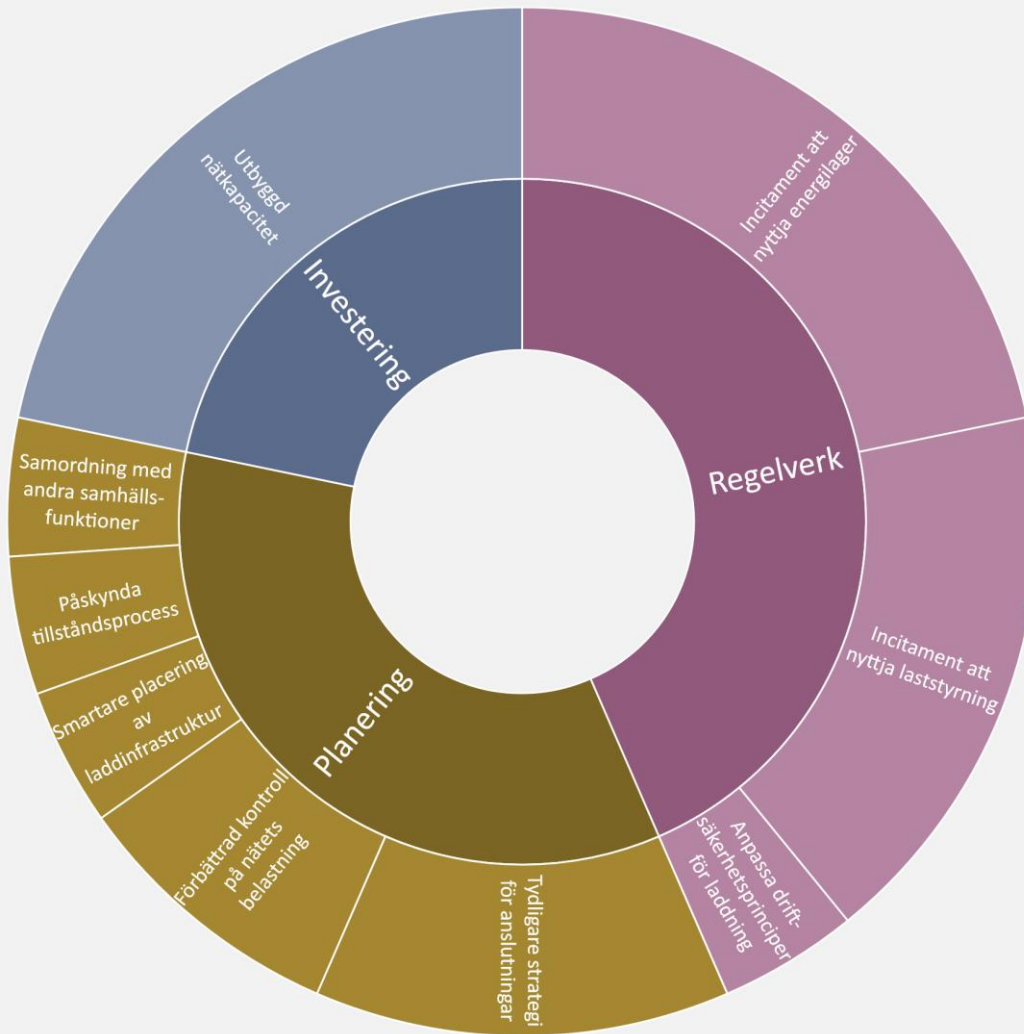
Det framkom även önskemål om att anpassade driftsäkerhetsprinciper vad gäller fordonsladdning skulle kunna verka för att undvika elnätskapacitetsbrist på kort sikt. I nätplanering tillämpas det så kallade N-1 kriteriet som innebär att kraftsystemet behöver kunna klara av ett bortfall av en systemkomponent utan att orsaka ett sammanbrott av kraftsystemet, det vill säga att det finns en alternativ väg för elen att nå fram till sitt slutmål. Detta behöver såklart fortsätta gälla, men ett förslag som framkom var att principen tillfälligt skulle kunna bortses ifrån just för fordonsladdning som i praktiken går att styra till särskilda tidpunkter på dygnet.

En bättre planering var det område som lyftes upp som näst viktigast för att undvika elnätskapacitetsbrist på kort sikt. Inom detta lyftes tydligare strategier för anslutningar, smartare placering av laddinfrastruktur och samordning med andra samhällsfunktioner som viktiga delar. Detta innefattar att ha god framförhållning vad gäller anslutningar och att dessa görs där det passar befintligt nät och redan etablerade verksamheter som bäst samt att detta koordineras med andra aktiviteter i nätområdet. Flera nätföretag menar även att det krävs bättre kontroll på den momentana belastningen i nätet för att kunna motverka elnätskapacitetsbrist kortsiktigt. Detta tycks ses som en lösning på elnätskapacitetsutmaningen även på längre sikt, men då lyfts även en bättre planering av utbyggnadstakten för både stamnät, regionnät och lokalnät.

*"Om brist uppstår beror på antal laddstationer samt andel snabbladdare och var de placeras. På vissa platser kan vi placera dem utan problem, på andra ställen innebär det större ombyggnationer"*

Förstärkt elöverföringskapacitet i form av investeringar i nätutbyggnad ses av flera nätbolag som en åtgärd för att undvika elnätskapacitetsbrist, på såväl kort som lång sikt. Det finns dock andra som pekar på att tillståndsprocesser för att bygga ut nätkapacitet idag är för utdragna för att detta skulle kunna vara en kortsiktig lösning på elnätskapacitetsutmaningen. Andra menar att en viktigare åtgärd på längre sikt snarare är att utreda alternativ till nätinvesteringar för att undvika kapacitetsbrist.

Vad krävs för att undvika kapacitetsbrist på kort sikt?



Vad krävs för att undvika kapacitetsbrist på längre sikt (> 10 år)?



Figur 19: Sammanställning av vad nätföretagen ser som nödvändigt för att undvika elnätskapacitetsbrist på kort respektive längre (> 10 år) sikt. Storleken på de olika fälten i figuren motsvarar andel svar inom respektive fält

Källa: Sweco

## 6. SLUTSATS

---

Den stundande elektrifieringen av transportsektorn uppskattas i denna studies scenarier öka efterfrågan på el med i storleksordningen 11 till 28 TWh fram till år 2045 beroende på elektrifieringstakt. Såvida inte Sverige ska bli beroende av att importera el innebär detta att ny elproduktionskapacitet kommer att behöva byggas utöver reinvesteringar i befintlig produktion och elnät och satsningar på utökad efterfrågeflexibilitet. En stor del av fordonsladdningen kommer att ske i lokalnäten, vilket i sig innebär utmaningar, men ett tillkommande energi- och effektbehov av denna magnitud kommer att påverka även högre nätnivåer. Att utöka den inhemska produktionen motsvarande upp emot 19 procent av dagens elanvändning kommer inte minst att bli en stamnätsfråga, vilket visar på vikten av starka förbindelse i nord-sydlig riktning utöver en ökad flexibilitet lokalt.

### *Personbilar ger kraftigast ökning i effektbehov, men har störst potential att ladda smart*

Vägtrafiken är det trafikslag som bedöms ha allra störst påverkan på elnätet och personbilar är de fordon som kommer ge störst utslag. Bussar och lastbilar kommer även de att påverka elnäten i och med höga laddeffekter. Det är i viss grad möjligt att styra vad laddningen ska sker genom placering av depåer givet att det finns plats i nätet. Att personbilsladdning inte alltid kräver ytterligare anslutningspunkter gör det svårt för elnätsföretag att hålla koll på var i nätet laddboxar installeras. Däremot anses potentialen för smart laddning och efterfrågeflexibilitet vara störst i detta segment. Även om dagens laddning sker behovsstyrd är tekniken för laststyrning relativt väl utvecklad och skulle kunna nyttjas i högre utsträckning än det gör idag, något som anses vara troligt på ett par års sikt.

### *Laddlösningar för tunga fordon kommer att kräva tydlig samverkan mellan flertalet aktörer*

För bussar och lätta lastbilar är det troligt att depåladdning kommer att vara det vanligaste sättet att ladda de kommande åren. Dessa fordonsslag kommer att ha ett större behov av att alltid vara fulladdade och bedöms därför vara svårare att styra än personbilar. För all elektrifiering inom vägtrafiken kommer det att finnas ett stort behov av samverkan mellan aktörer som nätföretag, kommun och näringsliv, detta för att befintligt nät ska nyttjas så effektivt som möjligt och nya anslutningar, både laddpunkter och andra, ska planeras så väl som möjligt. För lastbilar ses även elvägar som ett möjligt alternativ inom inte alltför lång framtid, vilket i så fall skulle kräva samverkan med myndigheter som Trafikverket och aktörer som anläggningsföretag. Dessutom tycks det finnas ett behov av tydligare incitament för både nätföretag och elanvändare att satsa på teknik som främjar ett flexibelt elsystem, varvid politiken också kommer att spela en viktig roll i att anpassa rådande regelverk.

### *Bantrafikens elanvändning kan öka något*





























Bantrafiken använder väl etablerad teknik och är redan i hög grad elektrifierad. Ett ökat tågresande och mer godstrafik bedöms innebära ett högre energi- och effektbehov än i dagsläget. Elanvändningen inom bantrafiken sker dock med ett jämnt och förutsägbart uttagsmönster, vilket gör att ytterligare elektrifiering av bantrafiken och dess påverkan på elnätet och elsystemet generellt sett bedöms vara låg i sammanhanget. Möjligheten för smart laddning eller efterfrågeflexibilitet är låg då bantrafik är linjebunden och går efter givna tidtabeller. Den främsta orsaken till att en del banor inte är elektrifierade idag är de är lågt trafikerade.

### *Elektrifiering inom sjöfart ger hög påverkan lokalt*

Sjöfart kan komma att påverka elnät lokalt i hamnar om färjor och fartyg elektrifieras och efterfrågar höga laddeffekter. Längre sjöfartssträckor är dock svåra att elektrifiera då de batterier som finns med dagens teknik för större fartyg är för tunga. Det finns en potential att öka andelen fartyg som använder landström i närtid men avsaknad av en standard för laddning utgör en barriär. Potentialen för smart laddning och efterfrågeflexibilitet kan sägas vara låg, eftersom fartyg går efter givna scheman och har ett elbehov under flera timmar för att säkerställa tillräckligt god drift i hamn. De största hamnarna i Sverige mätt i passagerare är Stockholm, Helsingborg och Ystad. Mätt i hanterad godsmängd är Göteborg, Brofjorden och Trelleborg de största. Det är inte säkert att finns nätkapacitet att tillgodose de ökade effektuttag som skulle krävas för att tillgodose laddningen. Skåne, Stockholm och Göteborg är alla områden som i olika grad påverkas av kapacitetsbrist i elnätet.

**På sikt är elflyg ett alternativ för kortare resor, men påverkan på elnätet bedöms som ringa i närtid**

Tekniken för elektrifierad luftfart är i dagsläget inte mogen. Det finns dock i dagsläget flera initiativ som arbetar aktivt med frågan, till exempel svenska Heart Aerospace. Det är dock möjligt att teknikutvecklingen går betydligt snabbare än så med tanke på att intresset tycks vara relativt stort inom branschen. Det är dock tydligt att en elektrifiering inom luftfart kommer att ta längre tid än övriga transportslag där tekniken är mer mogen. Det finns en potential att kortare flygresor både inrikes och utrikes på sikt kommer att trafikeras med elflyg. I tidsperspektivet fram till år 2045 bedöms dock påverkan på elnätet vara liten. Smart laddning och efterfrågeflexibilitet är inte aktuellt för luftfart än så länge då dess utveckling ännu är osviss. För att luftfarten ska kunna elektrifieras krävs tydlig samverkan mellan tillverkare av flyg, batteritillverkare, flygbolag och forskare. För att åstadkomma ett paradigmskifte inom luftfarten på sikt skulle beslutsfattare som utformar regelverk för flygbränslen behöva involveras i ett så tidigt skede som möjligt för att skapa incitament för att övergå till alternativa och mer förnybara bränslen.

		Påverkan på elnätet	Potential för smart laddning och efterfrågeflexibilitet	Samverkan inom marknaden	Teknikmognad
Vägtransporter	Bilar				
	Bussar				
	Lastbilar				
Bantrafik	Järnväg				
	Spårväg och tunnelbana				
Sjöfart	Sjöfart				
Flygfart	Flygfart				

Figur 20: Översikt över olika trafikslags påverkan vid en omfattande elektrifiering. Rött indikerar hög påverkan, låg potential eller svårigheter inom respektive kolumn medan grönt indikerar låg påverkan, god potential eller större framkomlighet

Källa: Sweco

Det tillkommande effektbehovet styrs i stor grad av hur, och kanske framförallt när på dygnet, fordonsladdning kommer att ske. Detta innefattar vilken laddeffekt som används och till vilken grad laddningen kommer att ske på ett smart sätt. Om laddningen av elfordon i framtiden bidrar till att förstärka efterfrågetoppar kan toppeffekten öka upp emot 5000 MW vid en omfattande elektrifiering på nationell nivå år 2045. Det bör dock betonas att det finns en osäkerhet i denna siffra då framtida laddprofiler till stor grad beror på vilka incitament som finns för att styra laddningen till tidpunkter med lägre förbrukning.

Nätföretag menar att en omfattande elektrifiering kan innebära elnätskapacitetsproblem, framför allt på några års sikt. En snabbare elektrifiering innebär dock att elnätskapacitetsbrist kan uppstå tidigare än så.

Studiens resultat visar på att lokal elnätskapacitetsbrist kopplat till elektrifiering av transportsektorn inte är ett akut problem i de flesta nätområden idag, men att utmaningen kan komma att bli större på tio års sikt. Detta skulle kunna tyda på att det ännu finns tid att undvika elnätskapacitetsbrist både på kort och längre sikt. Genom enkät och intervjuer har det dock framkommit att långa tillståndsprocesser i nätplanering, svaga incitament för alternativa lösningar och investeringar samt bristande samverkan mellan marknadsaktörer i dagsläget utgör barriärer för att arbeta med frågan på bästa sätt. Det är tydligt att nätföretag ser att det går att motverka elnätskapacitetsbrist både kort- och långsiktigt genom att bygga ut elnätet samt genom att främja ett mer flexibelt energisystem, det vill säga att utnyttja funktioner som energilager, efterfrågeflexibilitet och smart fordonsladdning. En stor del av denna teknik finns redan på plats, men få arbetar aktivt med sådana resurser. För att stå redo när elektrifieringen tar verklig fart framåt andra halvan av 2020-talet är det därför viktigt att redan idag börja anpassa regelverket till att inte bara stötta traditionell nätinvestering utan också skapa incitament för alternativa investeringar med potential att motverka effekt- och kapacitetsbrist i elnäten. Det tycks också finnas ett behov av att långsiktigt börja planera för denna typ av ny elanvändning och funktioner redan idag, samt att detta sker i samverkan med andra samhällsfunktioner.



## 7. APPENDIX

---

I appendix beskrivs Swecos scenarion för elektrifieringen av transportsektorn: snabb och omfattande, medelsnabb och betydande samt långsam och måttlig. Notera att viss hänsyn är tagen till energieffektivisering men att denna givetvis skulle kunna ha än större potential.

### 1.16 Scenario 1: snabb och omfattande elektrifiering

I scenariot *snabb och omfattande elektrifiering* utgår Sweco från att elektrifieringen inom några år kommer ta verklig fart för att till år 2045 vara omfattande och innefatta samtliga trafikslag, dock i varierande utsträckning. Vägtrafiken antas elektrifieras i hög grad både vad gäller personbilar, kollektivtrafik, godstransporter och entreprenadfordon. Inom sjöfarten elektrifieras mindre fartyg och färjor som trafikerar korta distanser. Elanvändningen inom bantrafiken ökar måttligt och elflyg trafikerar på sikt en mindre andel av korta flygdistanser runt 50 mil. För personbilar går ramarna för detta scenario i linje med den elektrifieringstakt som Power Circle – elkraftbranschens intresseorganisation som kontinuerligt för statistik över elbilsläget i Sverige – fastslår i sin senaste framtidsprognos. Denna säger att antalet laddbara fordon i trafik år 2030 kommer att uppgå till 2,5 miljoner där majoriteten utgörs av rena elfordon. Detta grundas i de laddbara fordonens marknadsandelar i nybilsförsäljningen. Detta innebär antaganden om att försäljningen av nya laddbara fordon uppgår till 320 000 årligen (genomsnitt av de senaste 10 åren) och en livslängd i trafik på 18 år. De räknar på att denna elektrifieringsgrad kommer att innebära ett energibehov om 6 TWh år 2030, vilket motsvarar en ökning i elanvändning om cirka 5 procent<sup>28</sup>.

#### 1.16.1 Vägtrafik

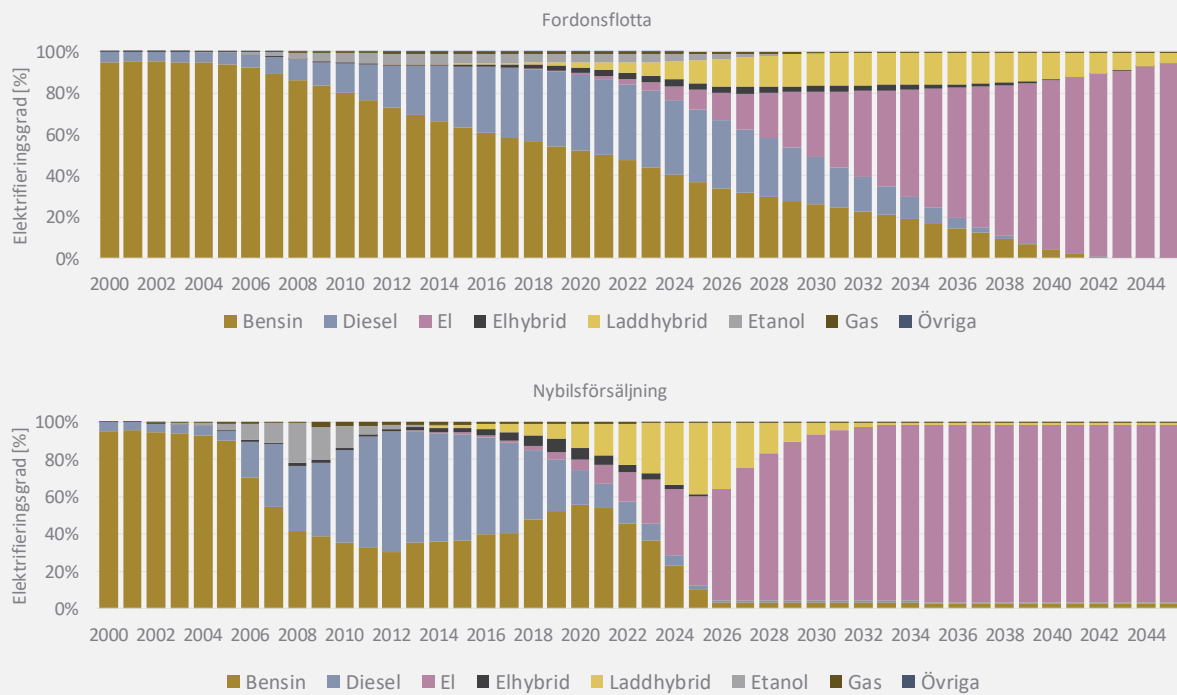
##### Personbilar

I scenariot *snabb och omfattande elektrifiering* förväntas, förutom en snabb batteriutveckling med fallande kostnader, ökade statliga stöd och incitament leda till att elbilsförsäljningen ökar markant de närmaste åren. Kommuner antas satsa på att bygga ut infrastruktur för att möjliggöra laddning av elbilar för boende i flerbostadshus och möjligheterna att parkera och ladda på gator eller i flerbostadshusets garage antas större. I likhet med de långsammare scenarierna uppstår en övergångsperiod där laddhybrider som mest står för närmare 40 procent av nybilsförsäljningen. Laddhybridernas försäljningsstopp blir dock relativt kortvarig då rena elbilar redan år 2030 väntas stå för nästan hela nybilsförsäljningen. Bensin- och dieselbilar tappar kontinuerligt marknadsandelar, men det kommer att dröja ända till början av 2040-talet innan fordonsflottan är helt elektrifierad. Som mest stod etanolbilar och gasbilar för 21 procent respektive 2 procent av nybilsförsäljningen i slutet av 00-talet. Den minskande trenden i försäljning av gas- och etanolbilar väntas fortsätta i detta scenario.

---

<sup>28</sup> Elbilsläget 2018, Power Circle (2019)





Figur 21: Fordonsflotta och Nybilsförsäljning (Scenario: Snabb och omfattande elektrifiering)

Källa Sweco

Tabell 2: Personbilars elanvändning (Scenario: Snabb och omfattande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Personbilstrafikens elanvändning (TWh)	<1	1	8	12	15	16
Elektrifieringsgrad (%)	3 %	20 %	47 %	73 %	95 %	99 %

Källa: Sweco

### Bussar

I högelektrifieringsscenarioet antas en snabb elektrifiering av Sveriges bussflotta och då i synnerhet av stadsbussar. Från och med år 2025 antas enbart eldrivna stadsbussar säljas. I och med att ersättningstaken för bussar är betydligt högre jämfört med exempelvis personbilar kommer stadsbussflottan att elektrifieras fort. Idag är medelåldern för en buss i Sverige 6 år och medianåldern endast 4 år. Inom loppet av 5 år väntas större delen av stadsbussflottan ha elektrifierats. För långdistansbussar är utmaningen större då en kombination av större batterier med högre energitäthet, elvägar och möjligheter till snabbaddning krävs för att möjliggöra en fullständig elektrifiering.

Tabell 3: Bussars elanvändning (Scenario: Snabb och omfattande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Busstrafikens elanvändning (TWh)	0	0,1	0,7	0,9	1,3	1,6
Andel elektrifierade stadsbussar	0 %	15 %	90 %	95 %	100 %	100 %
Andel elektrifierade långfärdsbussar	0 %	0 %	5 %	20 %	50 %	80 %

Källa: Sweco

## Lastbilar

Lastbilar är här indelade i lätta och tunga lastbilar. Med lätta lastbilar avses lastbilar med en vikt under 3,5 ton, dessa används framför allt som firmabilar och kör vanligtvis kortare sträckor i tätbebyggda områden. Lätta lastbilar har ökat kontinuerligt i antal de senaste åren och idag finns det över 600 000 i trafik. Genomsnittsåldern för en lätt lastbil är idag 8 år och livslängden 16 år, vilket innebär att ersättningstaken för lätta lastbilar är något högre än för personbilar. Försäljningen av lätta eldrivna lastbilar väntas följa samma trend som försäljningen av elbilar, men med viss eftersläpning. Det innebär att från och med slutet 2020-talet kommer i stort sett enbart eldrivna lätta lastbilar att säljas.

Det är en större utmaning att elektrifiera tunga lastbilar som in sin tur kan delas i distributionslastbilar och lastbilar avsedda för fjärrtransport. Volvo har idag bland annat tagit fram en eldriven prototyp avsedd för distribution. Med elektrifierade tunga lastbilar inkluderas här lastbilar för både distribution och fjärrtransporter. Distributionslastbilar klarar sig med enbart batteridrift medan fjärrtransport kräver lösningar såsom elvägar. Scania är till exempel involverade i flertal projekt där man ser på elvägar som är en möjligare för tunga transporter och längre sträckor. I högelektrifieringsscenariot antas det att el som bränsle kommer få ett stort genomslag inom tunga transporter efter år 2030.

Tabell 4: Lastbilars elanvändning (Scenario: Snabb och omfattande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Lastbilars elanvändning (TWh)	0	0,1	0,7	2,2	4,6	6,8
Andel elektrifierade tunga lastbilar	0 %	0 %	5 %	20 %	50 %	80 %
Andel elektrifierade lätta lastbilar	<1 %	5 %	20 %	47 %	73 %	95 %

Källa: Sweco

### 1.16.2 Bantrafik

Bantrafiken är idag i stor grad redan elektrifierad i Sverige. Med bantrafik avses förutom järnväg även annan spårtrafik som tunnelbana och spårvagn. Av järnvägsnätet är cirka 20 procent av banorna inte elektrifierade i dag med majoriteten av dessa har mycket låg trafik. I scenariot *Snabb och omfattande elektrifiering* antas att nästan all järnväg i Sverige bli elektrifierad samt det ökade transportbehovet bidrar till en ökning i elanvändningen. Fram till år 2029 finns det idag planer på att elektrifiera två järnvägsbanor Värnamo – Jönköping samt Älmhult – Olofström. Bantrafikens elanvändning väntas öka då antalet persontransporter och godstransporter kommer att öka fram till år 2045. En utbyggnad av nya stambanor för järnväg i södra Sverige kommer att öka elanvändningen för bantrafiken ytterligare. I Stockholm planeras det att bygga nya tunnelbanelinjer vilket även det kommer att öka elanvändningen.

Tabell 5: Bantrafikens elanvändning (Scenario: Snabb och omfattande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Bantrafikens elanvändning (TWh)	3	3,1	3,3	3,5	3,7	4

Källa: Sweco

### 1.16.3 Sjöfart

Det antas att elanvändningen i sjöfarten även i fortsättningen kommer att vara relativt låg och inte öka med stora energimängder trots ett snabbt elektrifieringsscenario. Större fartyg som trafikerar längre sträckor kommer fortsatt att drivas med konventionella bränslen som marin diesel, LNG och en ökad andel bibränslen. Exempelvis förbrukar en av Trafikverkets elektrifierade färjor 1700 kWh per månad, vilket är lika mycket som en normalstor villa<sup>29</sup>. Det kommer dock att finnas en risk för ökad lokal elnätscapacitetsbrist då landström för kryssningsfartyg och laddning av batterier kan resultera i höga effekter.

Tabell 6: Sjöfartens elanvändning (Scenario: Snabb och omfattande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Elanvändning i Sjöfarten (TWh)	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Källa: Sweco

### 1.16.4 Luftfart

Elflyg kommer i detta scenario att få ett mindre genombrott. Längre flygdistanser kommer fortsatt att trafikeras med konventionella flygplan som drivs med jetbränsle, men för korta distanser väntas elflyg stå för en allt större andel. De första elflygplanen kommer dock vara relativt små, år 2025 bedömer svenska Heart Aerospace att de kommer ha ett godkänt flygplan med en passagerarkapacitet på cirka 19 personer. Batteristorleken för dessa flygplan är cirka 300 kWh motsvarande 5–6 Teslaelbilar. Elflyg bedöms framförallt ha störst potential för flyglinjer med flygtider under en timme. I Sverige är dock antalet korta flyglinjer relativt begränsat, inrikes och utrikes flygtrafik inkluderat. Inrikesflyget har sedan toppåret år 1990 kontinuerligt minskat och denna trend bedöms fortsätta även framöver.

För att ett teknikskifte ska komma till stånd kommer lägre kostnader för driften av elflygplan jämfört med konventionella flygplan att vara avgörande. Tidsmässigt ligger ett större genombrott närmare år 2040. Vid längre flygningar blir batteriernas vikt avgörande och scenariot utgår därför från att flyg drivna med jetbränsle fortsatt kommer användas i stor skala. För de mest trafikerade linjerna kommer elflyg även på längre sikt att stå för en mindre del, då det på grund av vikten är svårt att bygga elflyg för många passagerare. Centralt för flygets lönsamhet är att flygplan är i luften under så många timmar som möjligt. För elflygplan finns det två tänkbara lösningar: snabbaddning eller batteribyte. En lösning med snabbaddning ökar toppeffekten mer då batterierna laddas. Batteribyte möjliggör en långsammare laddning under hela dygnet.

Flygets framtida elanvändning baseras på att det i genomsnitt behövs 25 kWh<sup>30</sup> per passagerare för en kortare flygning. Idag genomförs cirka 4,4 miljoner inrikesflygresor under 500 km. Om en tredjedel av dessa elektrifieras skulle elanvändningen öka med 0,125 TWh. Även i ett högelektrifieringsscenario ökar elanvändningen inom flyget med relativt små mängder. Detta inkluderar även utrikesflyg, men de flesta utlandsflyg är större flygplan som trafikerar längre sträckor än vad de första elflygplanen tekniskt kan tillgodose.

<sup>29</sup> Trafikverkets Färjerederis hemsida

<sup>30</sup> Anders Forslund, Heart Aerospace

Tabell 7: Flygets elanvändning (Scenario: Snabb och omfattande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Flygets elanvändning (TWh)	0	0	<0,1	<0,1	<0,1	0,125
Andel av resor kortare flygresor (1h) som är elektrifierade	0	0	<1 %	5 %	10 %	30 %

Källa: Sweco

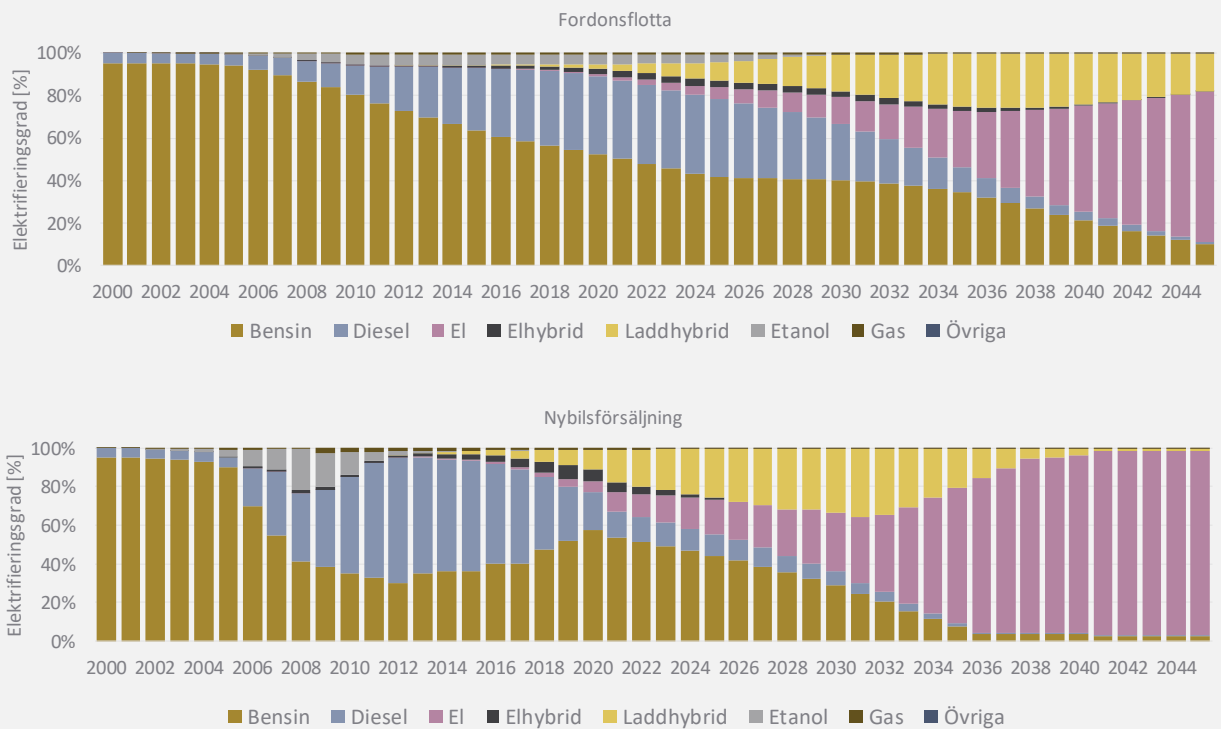
## 1.17 Scenario 2: medelsnabb och betydande elektrifiering

I mellanelektrifieringsscenariot utgår Sweco ifrån att det kommer att ske en betydande elektrifiering av transportsektorn men att den tar fart några senare än i högelektrifieringsscenariot. Fortsatt relativt höga priser på batterier bidrar till att elektrifieringen går långsammare. Elektrifieringen är i stor grad marknadsdriven då det antas begränsat med ekonomiska stöd för att stötta den. Då elektrifieringen av transportsektorn går långsammare i mellanelektrifieringsscenariot uppstår färre flaskhalsar elnätet, då det finns tid att bygga ut nätet för att möta de kommande behoven. Detsamma gäller det tillkommande energibehovet det finns tid att bygga mer elproduktionskapacitet för att möta den ökade efterfrågan på el i samhället.

### 1.17.1 Vägtrafik

#### Personbilar

I mellanelektrifieringsscenariot sker omställningen relativt fort. Från och med mitten av 2030-talet säljs det i stort sett bara laddhybrider och rena elbilar. År 2035 står elbilar och laddhybrider för närmare hela nybilsförsäljningen. Efter det minskar andelen laddhybrider och elbilar står för en allt större andel av nybilsförsäljningen. Laddhybriderna lever dock kvar i fordonsflottan då det finns tröghet i hur fort de ersätts. Laddhybrider är ett mellansteg till full elektrifiering av personbilsflottan, eftersom teknologin möjliggör längre körsträckor. Nackdelen med en laddhybrid är de ökade kostnader som två motorer medför. När batteriteknologin utvecklas och kostnaderna sjunker ökar antalet laddhybrider som säljs. Runt år 2045 antas närmre 90 procent av fordonsflottan bestå av laddbara bilar.



Figur 22: Fordonsflotta och Nybilsförsäljning (Scenario: Medelsnabb och betydande elektrifiering)

Källa: Sweco

Tabell 8. Personbilers elanvändning (Scenario: Medelsnabb och betydande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Personbilstrafikens elanvändning (TWh)	<1	2	4	7	11	14
Elektrifieringsgrad (%)	3 %	14 %	30 %	51 %	74 %	88 %

Källa: Sweco

## Bussar

I mellanelektrifierings scenariot sker elektrifieringen långsammare och alternativ till elbussar står fortsatt för en betydande del av alla busstransporter. För stadsbussar är dock andelen elektrifierade bussar hög och från och andra hälften av 2020-talet är majoriteten av alla stadsbussar elektrifierade. På sikt antas det att cirka 80 procent av alla stadsbussar är elektrifierade. Elektrifieringen av långfärdsbussar följer samma trend som tunga lastbilar och går betydligt långsammare än stadsbussar.

Tabell 9: Bussars elanvändning (Scenario: Medelsnabb och betydande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Busstrafikens elanvändning (TWh)	0	0,1	0,4	0,7	0,8	0,9
Andel elektrifierade stadsbussar	0 %	10 %	50 %	70 %	80 %	80 %
Andel elektrifierade långfärdsbussar	0 %	0 %	0 %	10 %	15 %	25 %

Källa: Sweco

## Lastbilar

Lastbilstrafikens elanvändning ökar mellanelektrifierings scenariot. Precis som i övriga scenarion följer lätta lastbilar elektrifieringstakten för personbilar men med några års eftersläpning. Det finns redan idag lätta elektriska ellastbilar att köpa men i detta scenario dröjer det till mitten av 2020-talet tills försäljningen börjar ta fart. Utmaningarna kopplat till att elektrifiera tyngre lastbilar är större då staten tar en mindre aktiv roll i och i liten grad investerar i elvägar. Estimaterna på elektrifieringsgrad för tunga lastbilar i mellan och lågscenariot kommer från rapporten *Nationell färdplan för elvägar*<sup>31</sup>. I rapporten är estimaterna framtagna baserat på en kombination av intervjuer från branschen och en litteraturstudie.

Tabell 10: Lastbilars elanvändning (Scenario: Medelsnabb och betydande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Lastbilars elanvändning (TWh)	0	0,1	0,4	1,0	1,9	2,9
Andel elektrifierade tunga lastbilar	0 %	0 %	0 %	10 %	15 %	25 %
Andel elektrifierade lätta lastbilar	<1 %	3 %	14 %	30 %	51 %	74 %

Källa: Sweco

<sup>31</sup> Nationell färdplan för el vägar Trafikverket (2017)

### 1.17.2 Bantrafik

Bantrafiken elanvändning ökar även i mellanelektrifieringsscenariot men mindre än i det snabba elektrifieringsscenariot. Det är framförallt mer tågresande och fler godstransporter snarare än tillkommande nya linjer som påverkar elanvändningen. Sverige antas fortsätta att investera i järnvägen men det antas inte byggas nya stambanor i södra Sverige. Det antas att eventuell teknikutveckling har marginell påverkan på elanvändning.

Tabell 11: Bantrafikens elanvändning (Scenario: Medelsnabb och betydande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Bantrafikens elanvändning (TWh)	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5

Källa: Sweco

### 1.17.3 Sjöfart

I mellanelektrifieringsscenariot ökar sjöfartens elanvändning men till relativt låga nivåer. Trenden är den samma som i det snabba elektrifieringsscenariot. Större användning av landström samt ett fåtal mindre färjor använder el för framdrift.

Tabell 12: Sjöfartens elanvändning (Scenario: Medelsnabb och betydande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Elanvändning i Sjöfarten (TWh)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5

Källa: Sweco

### 1.17.4 Luftfart

I mellanelektrifieringsscenariot väntas en mindre del av flyget elektrifieras i Sverige. Det i första hand kortare flyglinjer med små flygplan som elektrifieras. Trenden är densamma som i högelektrifieringsscenariot men det går långsammare. År 2040 antas elflygplan ha etablerats sig och tagit en mindre marknadsandel för kortare flygresor. Flyget konkurrerar med tåget om passagerare på resor mellan mindre städer i Sverige. Mängden elektrisk energi som behövs till flyget är fortsatt mycket begränsad. Majoriteten av alla flygplatser i Sverige antas i slutet av 2030-talet ha laddningsmöjligheter för elflygplan. Elflygen är konkurrenskraftiga på kortare rutter då de medför lägre drift och underhållskostnader jämfört med konventionella jetflygplan. Det bedöms också vara lättare att skala upp en flotta med elflygplan. Elflygen trafikerar i mellanelektrifieringsscenariot i första hand inrikesflyg och kortare utrikesflyg.

Tabell 13: Flygets elanvändning (Scenario: Medelsnabb och betydande elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Flygets elanvändning (TWh)	0	0	0	<0,1	<0,1	<0,1
Andel av kortare flygresor som är elektrifierade	0 %	0 %	0 %	<1 %	5 %	10 %

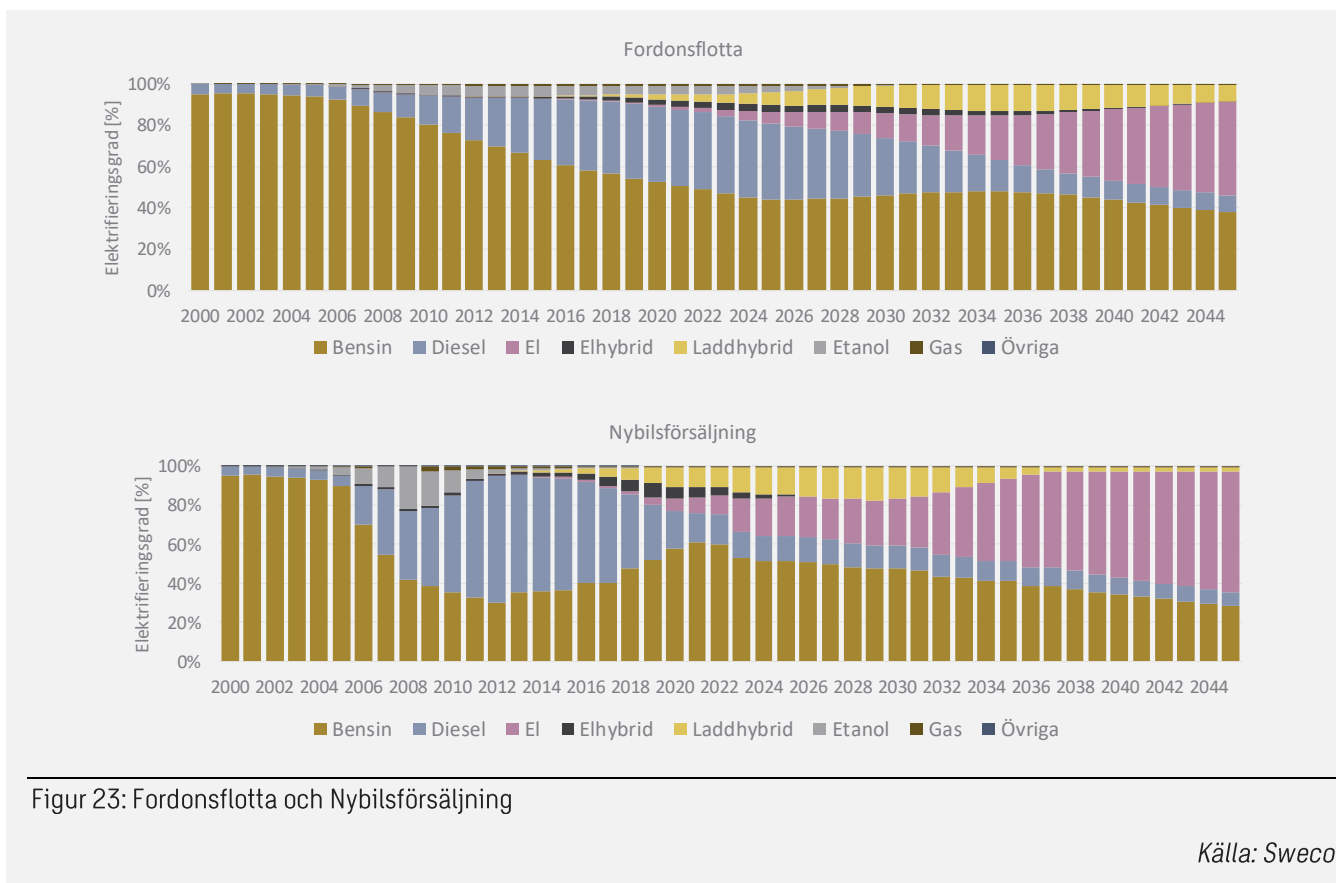
Källa: Sweco

## 1.18 Scenario 3: långsam och måttlig elektrifiering

I det långsamma elektrifieringsscenariot antas det att batteriutvecklingen avtar och att kostnaderna faller långsammare än förväntat. En viss brist på sällsynta jordartsmetaller bidrar till att hålla upp priserna på batterier. Från politiskt håll är det få satsningar som enbart stöttar en elektrifiering av transportsektorn. Elektrifieringen sker på marknadsmässiga grunder i konkurrens med andra teknologier. Bränslesnåla fordon med förbränningsmotorer fortsätter att ha stora marknadsandelar. I tillägg används allt mer bibränslen inom flera sektorer. Konventionella bränslen blandas med bibränslen. Sverige är normalt ett föregångsland när det kommer till ny teknik men i det långsamma elektrifieringsscenariot följer Sverige mer trenden för elektrifiering globalt istället för att ha Norges mycket höga elektrifieringstakt. Syftet med scenariot är att visa det stora utfallrummet i hur snabbt en elektrifiering kan gå. Även i lågelektrifieringsscenariot väntas transportsektorns elanvändning öka med i storleksordningen 12 TWh fram till år 2045.

### Personbilar

I lågelektrifieringsscenariot antas teknikutvecklingen för batterier stanna upp och konventionella bilar med förbränningsmotor fortsätter att ha stor marknadsandel. Det ges inga speciella stöd och elbilsutvecklingen växer långsamt. I och med att tillväxttakten i antalet elbilar är låg sker utbyggnaden av laddningsinfrastruktur relativt långsamt. Avsaknad av möjlighet att ladda sin bil i städer begränsar elbilsförsäljningen i flera städer. År 2030 väntas laddhybrider och rena elbilar stå för cirka 40 procent av nybilsförsäljningen och till år 2045 har andelen ökat till drygt 60 procent av nybilsförsäljningen. Omställningstakten fordonsflottan sker kontinuerligt och medellivslängden för en bil i fordonsparken antas fortsatt vara 18 år.



Figur 23: Fordonsflotta och Nybilsförsäljning

Källa: Sweco



Tabell 14: Personbilars elanvändning (Scenario: långsam och måttlig elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Personbilstrafikens elanvändning (TWh)	0,4	1,6	3	4,9	7	8,5
Elektrifieringsgrad (%)	3 %	12 %	22 %	34 %	46 %	54 %

Källa: Sweco

## Bussar

I lågelektrifieringsscenariot ökar antalet elektrifierade bussar, men andra tekniker såsom bibränslen används i första hand. I en del städer satsar man på bussflottor som drivs med lokalt producerad biogas. Framtida bränslesnåla bussar kommer även de att fortsätta konkurrera på marknaden. År 2045 väntas 50 procent av alla stadsbussar vara elektrifierade men bara 10 procent av långfärdsbussarna.

Tabell 15: Bussars elanvändning (Scenario: långsam och måttlig elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Busstrafikens elanvändning (TWh)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Andel elektrifierade stadsbussar	0 %	5 %	20 %	35 %	40 %	50 %
Andel elektrifierade långfärdsbussar	0 %	0 %	1 %	2 %	5 %	10 %

Källa: Sweco

## Lastbilar

Precis som i de övriga scenarierna följer lätta lastbilars elektrifieringstakten för personbilar men släpar efter med några år. En lätt lastbil har relativt mycket gemensamt med en personbil, men då de kan väga upp till 3,5 ton är de en något större utmaning att elektrifiera.

Tabell 16: Lastbilars elanvändning (Scenario: långsam och måttlig elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Lastbilars elanvändning (TWh)	0	0,1	0,3	0,7	1,2	1,8
Andel elektrifierade tunga lastbilar	0 %	0 %	1 %	2 %	5 %	10 %
Andel elektrifierade lätta lastbilar	<1 %	3 %	12 %	22 %	34 %	46 %

Källa: Sweco

### 1.18.1 Bantrafik

Bantrafikens elanvändning ligger i lågelektrifieringsscenariot på en nästan konstant nivå. Tillkommande framtida behov av transporter väntas ske främst med andra trafikslag. Historiskt har bantrafikens energianvändning ökat marginellt de senaste decennierna, enligt Energimyndighetens statistik. Få nya spårbundna linjer antas byggas i detta scenario. Banor som ej är elektrifierade idag antas fortsätta drivas med diesellok. Det byggs inga nya stambanor för järnväg i södra Sverige.

Tabell 17: Bantrafikens elanvändning (Scenario: långsam och måttlig elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Bantrafikens elanvändning (TWh)	3	3	3	3	3	3

Källa: Sweco

### 1.18.2 Sjöfart

Det antas att sjöfarten elektrifieras i en långsam takt och att få nya färjelinjer kommer att framdrivas med hjälp av elektricitet. Alternativa biobränslen och LNG antas istället öka. Fler fartyg antas använda landström, men energivolymererna är fortsatt relativt små.

Tabell 18 Sjöfartens elanvändning (Scenario: långsam och måttlig elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Elanvändning i Sjöfarten (TWh)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

Källa: Sweco

### 1.18.3 Luftfart

Elflyg kommer i lågelektrifieringsscenariot enbart att bestå av enstaka mindre privata flygplan som effekt- och energimässigt kommer att få obetydlig påverkan på kraftsystemet. All kommersiell flygtrafik kommer likt idag att trafikeras med konventionella flygplan som drivs med jetbränsle men på sikt kommer andelen biobränsle öka. Mindre flygplan kommer att ha batterier med en kapacitet motsvarande några elbilar. Påverkan på kraftsystemet blir därmed mycket begränsat i lågelektrifieringsscenariot. Enstaka flygplatser kommer eventuellt att behöva se på utmaningarna för att erbjuda laddning av batterierna. Ett typiskt elektrifierat flygplan i lågelektrifieringsscenariot är i samma storleksklass som ett Cessna-plan och tar 4-5 passagerare förutom piloten. Dessa flygplan finns redan idag och antas sjunka i pris men för större plan kommer elektrifiering inte att vara en del av framtiden i detta scenario.

Tabell 19: Flygets elanvändning (Scenario: långsam och måttlig elektrifiering)

År	2020	2025	2030	2035	2040	2045
Flygets elanvändning (TWh)	0	0	0	0	0	0
Andel av resor kortare flygresor som är elektrifierade	0	0	0	0	0	0

Källa: Sweco