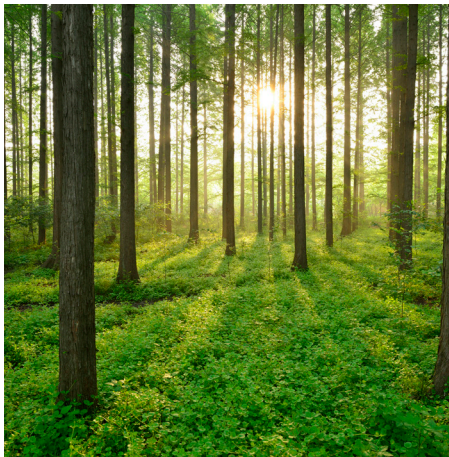


ETT ELSYSTEM FÖR ELFORDON – SYNTESRAPPORT

RAPPORT 2023:969



ETT ELSYSTEM FÖR ELFORDON



Ett elsystem för elfordon

Analys och rekommendationer för en effektiv utbyggnad
av laddinfrastruktur

PETER BLOMQVIST, EBBA LÖFBLAD, EMIL NYHOLM, PROFU
HAMPUS THURESON, JOHANNA LAKSO, POWER CIRCLE
MARIA TALJEGÅRD, THERESE LUNDBLAD, YUKI KOBAYASHI, CHALMERS
JON WILLIAMSSON, HANDELSHÖGSKOLAN VID GÖTEBORGS UNIVERSITET
CATARINA NAUCLER, FILIPPA TELIN, SWECO
MADELENE DANIELZON LARSSON, ENERGIFORSK

ISBN 978-91-7673-969-3 | © Energiforsk mars 2024

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Forskningsprojektet *Ett elsystem för elfordon* pågick under 2021 till 2023 och hade som syfte att ta ett helhetsgrepp om den förväntade elektrifieringen av fordonsflottan och dess inverkan på elsystemet. Både på nationell och EU-nivå finns mål att göra transportsektorn oberoende av fossilt bränsle, och detta innebär en omställning som erbjuder både möjligheter och utmaningar. I denna slutrapport för projektet redovisas en syntetisering av projektets forskningsresultat och de åtgärder som bör vidtas för att möjliggöra en storskalig övergång till elfordon utifrån ett elsystemperspektiv.

Totalt bestod ramprojektet av fem arbetspaket där det avslutande syntetiseringsarbetet framtaget inom AP5 presenteras i denna rapport:

- AP1 Prognoser och scenarier
- AP2 Kartläggning och nulägesbeskrivning
- AP3 Elsystem och elnät
- AP4 Åtgärder och lösningar
- **AP5 Syntes och rekommendationer**

Målsättningen med denna syntesrapport var att samla erfarenheter och insikter från projektet som helhet. Arbetet har letts av Profu och dess innehåll har tagits fram i nära samarbete med samtliga utförare som bidragit till projektets resultat. Övriga utförare i ramprojektet är Chalmers tekniska högskola, Handelshögskolan vid Göteborgs universitet, Power Circle och Sweco. Samtliga utförare har bidragit med värdefull feedback och information även i de arbetspaket där de inte haft huvudansvaret. Även programmets styrgrupp har varit delaktiga med inspel, kommentarer och granskning av projektets resultat via workshops och möten. I styrgruppen ingår följande organisationer: Energimyndigheten, Svenska kraftnät, Ellevio, Elinorr, Kraftringen, Region Skåne, Öresundskraft, Göteborg energi, Skellefteå kraft, Tekniska verken, Energiföretagen Sverige, Jönköping energi, Transportföretagen, Volkswagen, Checkwatt, Umeå energi elnät, Volvo Cars, Luleå Energi, Mölndal energi, Nässjö Affärsverk Elnät AB, Oxelösund energi, Skövde energi, Södra Hallands kraft, Trollhättan energi, DEFA, Karlstads el och stadsnät, Krafthem, Siemens, Batteryloop och Einride.

Stockholm, mars 2024

Madelene Danielzon Larsson
Programansvarig, Energiforsk

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Ambitionen med projektet "Ett elsystem för elfordon" har varit att – med fokus på samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystemet och elnäten – ge åtgärdsförslag som lägger grunden för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan.

Scenarierna i projektet visar att elektrifieringen av fordonsflottan sannolikt kommer att fortsätta gå snabbt, där takten i stor utsträckning beror på de policybeslut som tas inom EU och i Sverige. Det finns också en ganska stor spridning mellan olika regioner rörande hur fort utvecklingen kommer att gå.

På lång sikt, till år 2045, bedöms elfordon stå för ett årligt elbehov om ca 30 TWh. Samtidigt förväntas en kraftig elektrifiering även i andra sektorer som innebär att totalt elbehov bedöms mer än fördubblas jämfört med idag. Om elfordon i stor utsträckning laddar oplanerat, och korrelerar med övrig last, bidrar de till högre effekttoppar, samt ökar behovet av flexibilitet i elsystemet som exempelvis vätgaslager, vattenkraft, värmelager och stationära batterier. Om elfordon laddar när elpriset är lågt minskar behovet av annan flexibilitet, men i vilken utsträckning detta kommer vara möjligt beror av batterikapacitet, körmönster och acceptansnivå för styrning.

Ur ett lokalnätsperspektiv innebär oplanerad laddning risk för nätproblem framför allt i bostadsområden under kvällstid på vintern. Om laddning sker vid ett lågt elpris leder det till ungefär samma antal problem fast främst dagar då det blåser mycket. Då laddning begränsas även utifrån ett lokalnätsperspektiv minskar antalet nätrelaterade problem väsentligt utan att kostnaden stiger allt för mycket. Även när det gäller lokalnätets samlade effektbehov från överliggande nät kan det reduceras väsentligt om man lyckas styra laddningen till nattetid, men det kan skilja sig mellan orter beroende på hur kundunderlaget ser ut. Varje elnätbolag behöver därför förstå hur förbrukningen ser ut i det egna nätet för att kunna vidta rätt åtgärder.

Projektet föreslår ett stort antal åtgärder där många kan genomföras parallellt, vilket också bedöms vara nödvändigt för att utvecklingen inte ska bli ineffektiv. Övergripande behöver det finnas incitament som gynnar ägande av elfordon om utvecklingen ska fortsätta i samma snabba takt. Marknadsaktörerna efterfrågar en nationell koordinering där Energimyndigheten föreslås bli nationell samordnare för laddinfrastruktur. En plattform för kunskapsspridning och koordinering bör bli central del i detta. Viktiga åtgärder som bedöms bli framgångsfaktorer är:

- Att dela laddinfrastruktur i den utsträckning som det är möjligt då det kan reducera investeringskostnader som är avgörande för att nå lönsamhet. Infrastrukturföräggare bör kartlägga förutsättningar för att dela laddinfrastruktur för olika verksamheter, i samverkan med Energimyndigheten.
- Att vidta flexibilitetsåtgärder för fordonsladdning för att effektivt hantera tillkommande elbehov och en ökad andel förnybar elproduktion.
- Att skapa affärsmodell- och prismodeller för att flexibilitetsåtgärder och delning av laddinfrastruktur ska bli verklighet. Att förstå laddbehov kopplat till olika

laddplatser är därmed en viktig faktor, varför marknadsaktörer bör utse ansvariga för att förstå organisations behov och roll. Prissignaler för den som laddar bör spegla elpriset på timbasis och elnätstariffen som bör ha en effektkomponent. Elnätsbolag bör införa effektbaserade elnätstariffer och laddoperatörer bör låta prissignaler slå igenom mot slutkund.

- Att genomföra *långsiktig planering* som involverar dialog och transparens mellan berörda aktörer, särskilt elanvändare, kommuner och elnätsbolag. Samverkan bör ske via arbete med nätutvecklingsplaner, kommunala energiplaner, samt översikt- och detaljplaner.
- Att *anslutningsprocessen* för nya laddplatser är tydlig, transparent och gärna harmoniserade mellan olika orter. Elnätsbolag och nätbolag bör nyttja redan framtagna riktlinjer som möjligen kan kompletteras med råd för kommuner då de har en viktig roll för publika laddplatser. I den mån det är möjligt bör elnätsbolag ta fram kapacitetskartor, men här behövs stöd från branschforskare för att ta fram metodik.
- Att anamma *standardisering* som är en grundförutsättning för att kunna åstadkomma mycket av den funktionalitet som föreslås.
- Att öka *transparens och samverkan* i den mån som det är motiverat, utifrån kriterier som värdeskapande och sekretessbegränsningar.

Nyckelord

Laddinfrastruktur, elektrifierad fordonsflotta, laddstrategier, vehicle-to-grid, elnät

Summary

The ambition of the project "An electrical system for electric vehicles" has been to - with a focus on the interaction between the charging infrastructure, the electrical system and the electrical grids - provide proposals that lay the foundation for a large-scale electrification of the vehicle fleet.

The scenarios in the project show that the electrification of the vehicle fleet will likely continue to progress rapidly, but the pace will largely depend on the policy decisions made within the EU and in Sweden. There is also quite a large spread between different regions regarding how fast the development will go.

In the long term, until the year 2045, electric vehicles are estimated to account for an annual electricity demand of approximately 30 TWh. At the same time, strong electrification is also expected in other sectors, which means that total electricity demand is estimated to more than double compared to today. If electric vehicles mostly charge unplanned, and correlate with other loads, they contribute to higher power peaks, and increase the need for flexibility in the electricity system such as hydrogen storage, hydropower, heat storage and stationary batteries. If electric vehicles charge when the electricity price is low, the need for other means of flexibility is largely reduced, but the extent to which this will be possible depends on battery capacity, driving patterns and acceptance level.

From a local grid perspective, unplanned charging poses a risk of grid problems, especially in residential areas during the evening in winter. If charging takes place at a low electricity price, it leads to approximately the same number of problems, although mainly on days when it is very windy. If charging also is limited from a local grid perspective, the number of grid related problems seem to be significantly reduced without the cost rising too much. Even when it comes to the local grid's total power demand from the overhead grid, it can be significantly reduced if charging mainly occurs at nighttime. This can, however, differ between local grids depending on what the customer base looks like. Each grid company therefore needs to understand how consumption looks in its own power grid in order to be able to take the right measures.

The project proposes many measures that can be implemented in parallel to large extent, which is also deemed necessary so that the development does not become ineffective. Overall, there needs to be incentives that favor ownership of electric vehicles if development is to continue at the same rapid pace. The market players are asking for national coordination, where the Swedish Energy Agency is proposed to become the national coordinator for charging infrastructure. A platform for knowledge dissemination and coordination should become a central part of this. Important measures that are deemed to be success factors are:

- To share charging infrastructure to the extent possible as it can reduce investment costs which are crucial to reach profitability. Infrastructure owners should map the conditions for sharing charging infrastructure for different businesses, in cooperation with the Swedish Energy Agency.

- To take flexibility measures for vehicle charging to effectively manage additional electricity needs and an increased share of renewable electricity production.
- To create business models and pricing models for flexibility measures and charging infrastructure sharing to become a reality. Understanding charging needs linked to different charging points is therefore an important factor, which is why market players should appoint people responsible for understanding their organisation's needs and role. Price signals for charging should reflect the electricity price on an hourly basis and the grid tariff, which should have a power component. Electricity companies should introduce power-based electricity grid tariffs and charging operators should let price signals pass through to the end customer.
- To carry out long-term planning that involves dialogue and transparency between relevant actors, especially electricity users, municipalities, and electricity network companies. Cooperation should take place via work with grid development plans, municipal energy plans, and overview and detailed plans.
- That the connection process for new charging points is clear, transparent, and preferably harmonized between different locations. Electricity companies and grid companies should use already developed guidelines which can possibly be supplemented with advice for municipalities as they have an important role for public charging points. As far as possible, grid companies should produce capacity maps, but here support from industry researchers is needed to develop a methodology.
- To adopt standardization which is a basic prerequisite to be able to achieve much of the functionality that is proposed.
- To increase transparency and collaboration to the extent that it is justified, based on criteria such as value creation and confidentiality restrictions.

Definitioner och förklaringar

Begrepp	Definition
AFIR	The alternative fuels infrastructure regulation är en EU-förordning som bland annat syftar till att reglera utbyggnad av laddinfrastruktur.
Aggregator	Energitjänsteföretag som lägger samman och styr elanvändningen hos en grupp elkunder för att sälja eller auktionera ut den på de olika marknaderna för el
BEV	Battery Electric Vehicle
Fit for 55	EU:s plan för att minska utsläpp av växthusgaser med 55 % till år 2030 jämfört med 1990.
Lastbalansering	Innebär att man vid en laddplats med möjlighet att ansluta flera elfordon kan styra effekten så att man delar på det gemensamt maximala uttaget.
Laddoperatör	Inkluderar platsägare som väljer att investera i och driva laddplatser själva, vilka i vissa fall också kan användas för semi-publik laddning.
Linjekoncession	Tillstånd som behövs för att få bygga och driva en enskild kraftledning med en bestämd sträckning och berör främst stamnät och regionnät.
n-1 kriteriet	Dimensioneringskrav som innebär att elnätet ska klara att en godtycklig komponent faller bort utan att leveransen av el påverkas.
Områdeskoncession	Tillstånd för att bygga och driva elnätsverksamhet inom ett geografiskt område, kallat lokalnät.
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
Roaming	Innebär att man har möjlighet att utnyttja olika operatörers laddplatser (vanligt förekommande för mobiltelefoni).
SOC	State of Charge, anger laddningsnivån för ett batteri.
TCO	Total Cost of Ownership som anger totalkostnad för fordonsägande.
TEN-T	Trans-European transport network, initiativ där EU har som syfte att utveckla ett transeuropeiskt transportnät som är tillförlitligt, heltäckande och håller hög kvalitet.
Velanders formel	Används för att dimensionera elnät, genom att ange årsenergi, kundkategori och en konstant för sammanlagring.
V2G	Vehicle to Grid som innebär att man kan använda fordonets batteri för att överföra elenergi till elnätet vid behov. Finns även benämningar som V2X (Vehicle to Everything och V2B (Vehicle to Building)

Innehåll

1	Inledning	10
1.1	Bakgrund	10
1.2	Syfte	12
1.3	Omfattning och metodik	12
1.4	Rapportens upplägg	14
2	Kartläggning av nuläge	15
2.1	Elfordon och laddpunkter	15
2.2	Elnätsbolagens syn på elektrifieringstakten	16
3	Scenarier för utvecklingen av elfordonsflottan	19
3.1	Nationella scenarier	19
3.2	Regionala skillnader	21
3.3	Förändringar i omvärlden under det senaste året som påverkar scenarieförutsättningarna	22
4	Perspektiv på elektrifieringen av fordonsflottan	25
4.1	En storskalig elektrifiering kräver utbyggnad av både elsystem och elnät	25
4.2	Aktörer och deras roller	26
4.3	Laddinfrastruktur och laddupplevelsen	28
4.4	Tillgång till och ledtider för laddplatser	31
4.5	Målkonflikter och utmaningar	32
4.6	Samverkan, koordinering och standardisering	33
4.7	Behov av systemsyn	34
5	Analys av elsystemet och elnätet	36
5.1	Elsystemets utveckling med en elektrifierad transportsektor	36
5.2	Transportsektorns påverkan på lokalnätet	39
5.3	Potentialen för optimerad laddning	42
5.4	Fallstudie Skövde	46
6	Åtgärder för en resurseffektiv elektrifiering av fordonsflottan	54
6.1	Resurseffektivitet	54
6.2	Anslutning av laddkapacitet	61
6.3	Affärs- och prismodeller	66
6.4	Standardisering och gemensamma riktlinjer	71
6.5	Transparens och samverkan	73
7	Slutsatser och rekommendationer	75
7.1	Slutsatser	75
7.2	Rekommendationer	76
8	Referenslista	79
Bilaga A:	Workshop deltagare	82

1 Inledning

Sverige har ett långsiktigt klimatmål som innebär att vi senast år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Att minska utsläppen från inrikes transporter är en viktig del för att nå detta mål och omställningen mot nettonollutsläpp kommer bland annat att kräva en kraftfull elektrifiering av transportsektorn. Att säkerställa att elsystem och elnät är väl anpassade för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan utgör därför en avgörande aspekt för möjligheterna att nå Sveriges långsiktiga klimatmål.

Denna rapport utgör en syntes av de analyser som har genomförts inom Energiforsks projekt "Ett elsystem för elfordon". Projektet har pågått under 2021–2023 och har haft som övergripande syfte att ta fram konkreta åtgärdsförslag som lägger grunden för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan till 2030. Fokus ligger på samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystem och elnät. Syntesen syftar till att sammanfatta och beskriva de viktigaste analysresultaten från projektets olika arbetspaket samt vilka åtgärder som bör vidtas för att möjliggöra en storskalig övergång till elfordon utifrån ett elsystemperspektiv.

Enligt det nuvarande etappmålet för inrikes transporter på vägen mot nettonollutsläpp år 2045 ska växthusgasutsläppen från inrikestransporter (exklusive inrikes luftfart som ingår i EU:s handelssystem för utsläppsrätter) minska med minst 70 procent senast 2030 jämfört med 2010. Det föreliggande projektet har samverkat med ett parallellt Energiforsk-projekt, "2030-pusslet – så når vi transportmålet", som under 2021–2023 bedrivits med syfte att visa hur Sverige kan nå transportsektorns klimatmål i sin helhet. Detta projekts resultat redovisas i en separat rapport inom ramen för Energiforsks rapportserie.

1.1 BAKGRUND

Försäljningen av eldrivna fordon har ökat kraftigt i Sverige de senaste åren. Under perioden november 2022 till november 2023 ökade antalet laddbara elfordon med ca 34 %, dvs. om man inkluderar samtliga fordonsslag. Det sammanlagda antalet laddbara elfordon som rullar på svenska vägar uppgick till ca 573 000 stycken (Power Circle, 2023) medan det ackumulerade antalet nyregistrerade elfordon

uppgick till närmare 670 000 stycken då ett ganska stort antal har gått på export (Trafikanalys, SCB, 2023). Numera är andelen nyregistreringar av helt eldrivna fordon betydligt högre än för laddhybrider, och det ackumulerade antalet rena eldrivna fordon som rullar på våra vägar är något högre än antalet laddhybrider.

Elektrifiering av transportsektorn har varit en prioriterad politisk fråga de senaste åren då det ses som en av de viktigaste åtgärderna för att minska utsläppen från transportsektorn. Under hösten 2020 tillsatte den dåvarande regeringen en elektrifieringskommission i syfte att påskynda utvecklingen mot en fossilfri transportsektor. Hösten 2023 tillsatte nuvarande regering i sin tur en utredning om elektrifierade transporter som syftar till att undanröja hinder för elektrifieringen av transportsektorn (Regeringskansliet, 2023). Tillsammans belyser de politiska initiativen behovet av fördjupade analyser som ser till helheten, det vill säga hur en storskalig elektrifiering av fordonsflottan ska ske utan att elsystemet blir en begränsande faktor. Som en följd av att regeringen från och med årsskiftet 2023/2024 kraftigt minskar reduktionsplikten, som hitintills varit ett viktigt styrmedel för att minska utsläppen från Sveriges vägtransporter, blir det nu än mer viktigt att öka takten i elektrifieringen av transportsektorn.

I takt med att fler laddbara fordon tas i bruk måste laddinfrastrukturen på allmänna platser, privata parkeringsplatser och i hemmen byggas ut. En elektrifierad transportsektor kommer samtidigt att leda till en ökad elanvändning, i storleksordningen 30 TWh till 2045 (Taljegård, m.fl., 2024), vilket i sin tur leder till att mer el behöver produceras och transporteras i elnäten till rätt geografisk lokalisering och vid rätt tidpunkt.¹ Införandet av laddinfrastruktur för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan i Sverige kan därför komma att ställa nya och utökade krav på elnätets tillgänglighet och funktion. Det finns en risk för att det kan uppstå kapacitetsbrist i delar av elnätet under vissa tider, såvida inte nätinфраstrukturen förstärks i motsvarande omfattning. En storskalig elektrifiering kommer att öka det totala effektbehovet från laddning, som utan genomtänkt styrning kan öka betydligt mer än annars under vissa tider. Det finns alltså behov av att kunna styra elfordonsladdning för att säkerställa systemstabilitet och att undvika överbelastningar på elnäten.

Tillgång till såväl laddinfrastruktur, genomtänkta laddstrategier och en utökad kapacitet i elnätet är således avgörande faktorer för en storskalig elektrifiering av transportsektorn. Det behöver även finnas fungerande incitament och affärsmodeller, samt styrfunktioner som optimerar och anpassar laddningen för att främja utvecklingen. Föreliggande projekt och syntes har omfattat alla de delar som krävs för att kunna realisera en storskalig elektrifiering av transportsektorn med fokus på hur samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystem och elnät kan fungera.

¹ Även om industrin bedöms stå för den absolut största ökningen av elbehovet, kan fordonsladdning på vissa orter utgöra en betydande del av elbehovet.

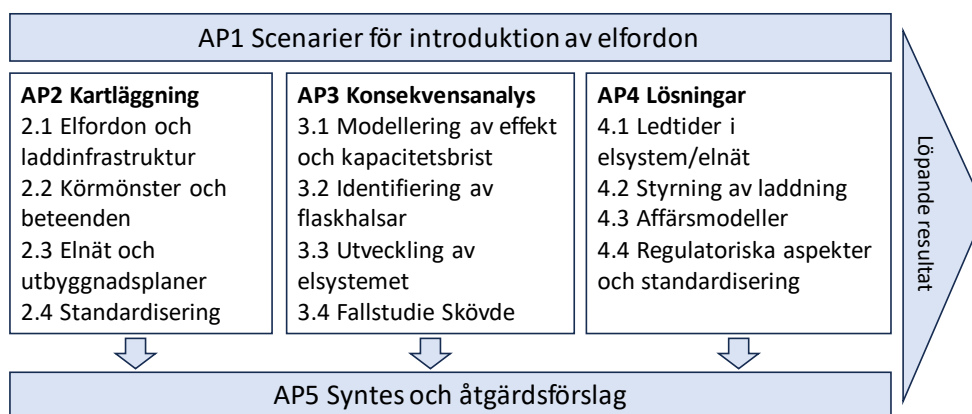
1.2 SYFTE

Det övergripande syftet med projektet har varit att – med fokus på samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystemet och elnäten – ta fram konkreta åtgärdsförslag som lägger grunden för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan till 2030. Ambitionen är att lägga grunden för att skapa en sammanhållen strategi för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan i Sverige.

Ett viktigt mål under hela projekttiden har varit att främja ett kunskapsutbyte och dialog mellan berörda aktörer kring elektrifiering av fordonsflottan. Projektet har därför haft en löpande dialog med berörda aktörer, dels inom styrgruppen, dels externa aktörer som bland annat har bjudits in till samverkan och workshoppar.

1.3 OMFATTNING OCH METODIK

Projektet som helhet har bestått av fem arbetspaket med Energiforsk som övergripande projektledare. Analyserna har genomförts av projektgruppen som har bestått av analytiker och forskare från Power Circle, Profu, Sweco, Chalmers Tekniska Högskola och Handelshögskolan vid Göteborgs universitet. En översikt över arbetspaketen och hur de hänger ihop visas i Figur 1.1.



Figur 1.1: Översikt över projektets olika arbetspaket.

Arbetspaket 1 har omfattat prognoser och scenarier för elektrifieringen av fordonsflottan till år 2030. Resultaten beskrivs i sin helhet i delrapporten *Långsiktiga scenarier för introduktion av elfordon* (Barr, m.fl., 2022). Utförare har varit Power Circle och Sweco. Resultaten har legat till grund för analyserna i arbetspaket 3–5.

Arbetspaket 2 har omfattat kartläggningar och en nulägesbeskrivning av elfordonsflottan, laddinfrastruktur, körmönster och elnät. Resultaten redovisas i sin helhet i delrapporten *Elektrifiering av fordonsflottan – Kartläggning och nulägesbeskrivning av elfordon, laddinfrastruktur och elnät* (Lidström, m.fl., 2022). Utförare har varit Sweco och Profu. Resultaten har legat till grund för analyserna i arbetspaket 4–5.

Arbetspaket 3 har analyserat påverkan på elsystem och elnät av en storskalig elektrifiering av fordonsflottan och de hinder och utmaningar som finns. Analysresultaten redovisas i två delrapporter, den första *Påverkan på elsystemet och*

elnätet av en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. Utförare har varit Chalmers och Profu. Den andra delrapporten Elektrifiering av fordonsflottan – Fallstudie av Skövde Energi Elnäts nätområde. Utförare har varit Profu. Fallstudien har också har legat till grund för analyserna i arbetspaket 4–5.

Arbetspaket 4 har tittat på åtgärder och lösningar för att säkerställa en storskalig elektrifiering och omfattar två delrapporter. Den första är *Affärsmodeller för laddinfrastruktur – Utmaningar och möjligheter för en accelererad utbyggnad av publik laddinfrastruktur*. Utförare har varit Göteborg universitet. Den andra är *Ett elsystem för elfordon - Åtgärder för att säkerställa en storskalig elektrifiering av fordonsflottan*. Utförare har varit Sweco. Resultaten från dessa delprojekt har bidragit som underlag till rekommendationer i arbetspaket 5.

Arbetspaket 5 syntetiserar resultaten från de fyra andra arbetspaketen inklusive de workshopar som genomförts inom ramen för projektet^{2,3}. I arbetspaketet föreslås också åtgärder att vidta för en lyckad elektrifiering av fordonsflottan. Profu har varit huvudansvarig för arbetspaketet och syntesen.

Fokus i arbetspaket 5 och föreliggande rapport ligger på att tydliggöra behov och föreslå åtgärder som behöver vidtas för att åstadkomma en snabb och effektiv elektrifiering av fordonsflottan. Projektets fokus har legat på elektrifiering och laddning av elfordon på väg, främst personbilar, tunga lastbilar och bussar. Vad gäller tidsperspektiv har fokus varit vägen fram till 2030, men syntesen blickar också framåt på utvecklingen mot 2045.

Som en del av arbetspaket 5 har tre workshopar genomförts. Den första (1) fokuserade på behov, utmaningar och målkonflikter; den andra (2) omfattade möjligheter och lösningar; medan den tredje (3) fokuserade på prioriteringar och diskussion om föreslagna åtgärder. Avsikten med dessa workshopar var att samla en bredd av aktörer och behovsägare. Kopplat till projekt genomfördes även två workshopar tillsammans med 2030-pusslet som handlade om vilka de viktigaste faktorerna är för att en fortsatt elektrifiering av fordonssektorn (exklusive personbilar). Inspel och insikter från dessa workshopar har, tillsammans med underlag från relevant litteratur inkluderats i denna syntes. I Bilaga A framgår deltagande organisationer, utöver projektgruppen, vid dessa workshopar.

Eftersom det under projektets gång har genomförts ett stort antal närliggande initiativ och projekt av olika aktörer, har en viktig del i denna syntes varit att försöka fånga upp och ta del av de förslag på åtgärder som lyfts fram från olika håll och lyfta in de mest relevanta förslagen i syntesen. Dock finns en risk att vissa projekt och åtgärdsförslag har förbigåtts, helt enkelt på grund av att mängden information och kunskap som berör olika delar av elektrifieringen av fordonsflottan och samspelet med elsystem och elnät är för omfattande.

² Huvudresultat från respektive arbetspaket vävs i detta syntesarbete samman, medan vi hänvisar till respektive delrapport för den som vill fördjupa sig i metodik och ytterligare resultat.

³ I arbetspaket 2.2 genomförs loggning av kördata från ett antal elfordon, vars resultat redovisas i den mån som är möjligt utifrån så lång tid som loggats främst i arbetspaket 3.

1.4 RAPPORTENS UPPLÄGG

Rapporten är indelad i sju kapitel, där huvudsaklig omfattning av respektive kapitel framgår enligt nedan.

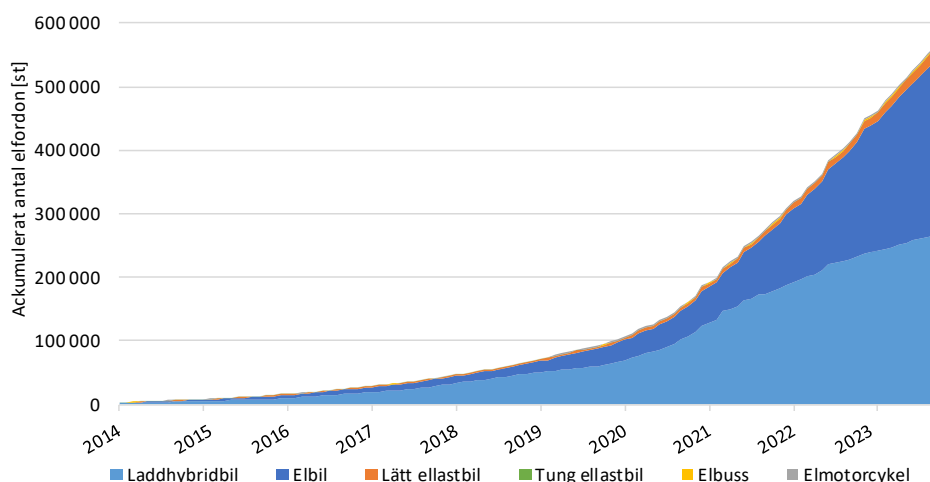
- Kapitel 2 fokuserar på hur elnätbolag ser på elektrifieringen generellt, status för elnäten och vad elnätbolagen ser för åtgärder framåt.
- Kapitel 3 omfattar scenarier för fordonsflottans elektrifiering, dvs. hur snabbt det kan förväntas gå och hur det fördelar sig regionalt över Sverige.
- Kapitel 4 ger en översikt över behov, utmaningar och målkonflikter kopplat till en elektrifiering av fordonsflottan.
- Kapitel 5 inriktar sig på analys av elsystemets och elnätens förmåga att hantera en storskalig elektrifiering av fordonsflottan, hur problematiken ser ut och vad genomtänkta laddstrategier kan bidra med.
- Kapitel 6 fokuserar på att ge förslag till åtgärder för att nå en snabb och resurseffektiv elektrifiering av fordonsflottan, vilket inkluderar prioritering och ansvar för respektive åtgärd.
- Kapitel 7 sammanfattar huvudslutsatser och ger ett antal övergripande rekommendationer från projektet.

2 Kartläggning av nuläge

Detta avsnitt beskriver aktuell status för elektrifiering av fordonsflottan samt elnätsbolagens perspektiv på elektrifieringsgraden och utvecklingstakten. Resultaten kommer främst från arbetspaket 2 (Lidström, m.fl., 2022), om inte annat anges.

2.1 ELFORDON OCH LADDPUNKTER

Som inledningsvis har konstaterats har elektrifieringen av fordonsflottan gått relativt snabbt de senaste åren, vilket illustreras av diagrammet i Figur 2.1. I november 2023 fanns det totalt närmare 550 000 elbilar och laddhybridbilar, motsvarande dryga 10 % av den totala andelen bilar i bruk i Sverige (Power Circle, 2023). Flest registrerade laddbara fordon finns i Stockholms, Västra Götalands och Skåne län. Variationen mellan typerna av elektrifierade personbilar är stor, där den tydligaste skillnaden är mellan laddhybrider och rena elbilar. Batterikapaciteten för en bil med ren eldrift är normalt cirka 40–110 kWh med en räckvidd på 300–600 km, medan laddhybrider har en batterikapacitet på 9–14 kWh med en räckvidd på 40–75 km.



Figur 2.1: Ackumulerat antal nyregistrerade elfordon (dvs. både laddhybridbilar och elbilar) för perioden januari 2012 till september 2023 (<https://powercircle.org/elbilsstatistik/>).

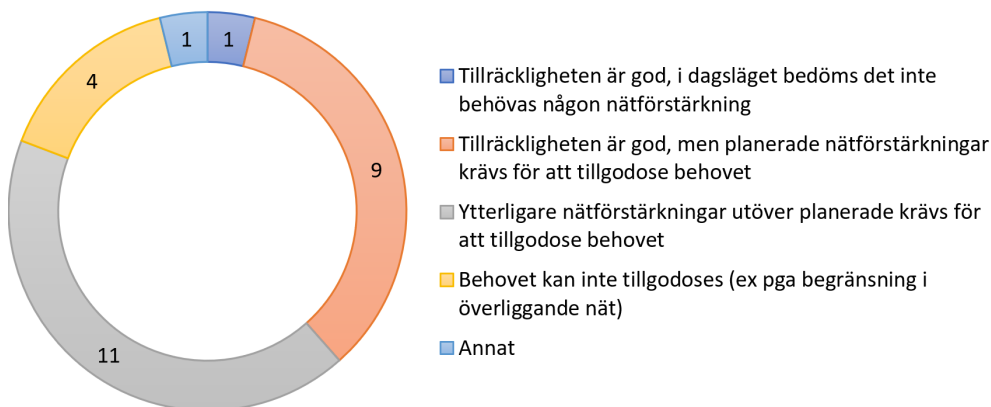
När det gäller laddpunkter är det också ovanstående län som har flest antal publika laddpunkter i Sverige och även denna utveckling har gått relativt snabbt. I december 2023 fanns 34 000 laddpunkter i Sverige enligt databasen Nobil (Power Circle, 2023). De flesta publika laddpunkter är idag statisk konduktiv laddning av typ 2 och har en effekt på mellan 3,7 kW 1-fas och 22 kW 3-fas. Det finns också en möjlighet att återmata el från bilens batteri till elnätet, så kallad bidirektionell laddning eller vehicle-to-grid (V2G), men då krävs det att både laddboxen och bilen uppfyller standarden ISO 15118. I dagsläget är det få fordon och laddboxar som stödjer möjligheten till V2G, men utvecklingen pågår. Som en del i standardiseringsarbetet för att främja elektrifieringen av fordon, ska laddinfrastruktur som ansluts efter 1 februari 2021 vara utrustat med

anslutningsdon av typ 2 för växelström och med anslutningsdon av typ Combo 2 för likström (Boverket, 2021).

Även om elektrifieringen av personbilsflottan har kommit längre i sin utveckling så sker också en elektrifiering av lastbilar. I september 2023 var omkring 3 % av lätta lastbilar i bruk elektrifierade (Power Circle, 2023), där andelen av nyregistreringar under året låg omkring 15 %.⁴ För tunga lastbilar är mindre än 1 % elektrifierade i dagsläget. Även för ellastbilar är det stor variation i batterikapacitet, mycket kopplat till att det är stora skillnader mellan lätta och tunga lastbilar, samt att de har väldigt olika körmoder och laddbehov. För lätta lastbilar är batterikapaciteten vanligen 80–120 kWh medan för tunga lastbilar ligger batterikapaciteten oftast i spannet 300–600 kWh. Det är främst för lastbilar som dagligen kör relativt korta sträckor eller på fasta rutter som utvecklingen kommit längst, men även elektrifiering av mer långväga tunga transporter går framåt.

2.2 ELNÄTSBOLAGENS SYN PÅ ELEKTRIFIERINGSTAKTEN

Som en del i projektet, i arbetspaket 2, genomfördes en enkät med svar från 26 elnätsbolag i kombination med ett 20-tal intervjuer. Enkäten visar att elnätsbolagens syn på elektrifieringen och elnätets kapacitet varierar, men majoriteten bedömer att det kommer behövas förstärkningar av elnätet i relativt närtid, Figur 2.2. Över lag oroar sig bolagen över att elektrifieringen av fordonsflottans, samt annan elektrifiering, kommer att gå så snabbt att det blir svårt att hinna ansluta alla nya behov i den takt som önskas.

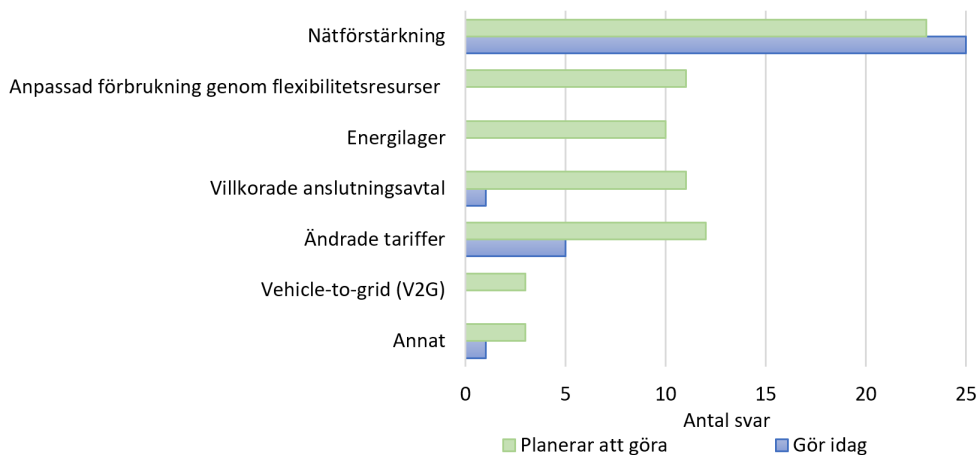


Figur 2.2: Antal svar från elnätsbolag gällande bedömning av tillräckligheten i befintlig nätkapacitet (Lidström, m.fl., 2022).

Utmaningarna för att öka kapaciteten är många men består främst av långa ledtider för tillstånd – särskilt på regionnätetsnivå, brist på personal (både med traditionella och nya nätkompetenser), samt brist på entreprenörer och material så som transformatorer, kabel och skarvar. Hittills har elnätsbolagens främsta åtgärd för att motverka kapacitetsbrist varit nätförstärkningar, något man även fortsättningsvis i första hand kommer att arbeta med enligt enkäten/intervjuerna. Det ses dock som utmanande framåt, både ekonomiskt och resursmässigt, på

⁴ <https://www.trafa.se/etiketter/statistik/>

grund av den förväntade omfattningen. Man framhåller som en kommande utmaning också de stora osäkerheterna gällande de nya förbrukarnas lokalisering och storlek, samt hur laddning av elfordon kommer att påverka den befintliga lastprofilen över dygnet. Nätbolagen ser därför att man framöver kommer att behöva vidta ytterligare åtgärder, utöver nätförstärkning, för att hantera en förväntad kapacitetsbrist. I Figur 2.3 visas vilka åtgärder elnätsbolagen idag använder och vad man planerar att använda sig av framgent för att hantera kapacitetsbrist i näten.

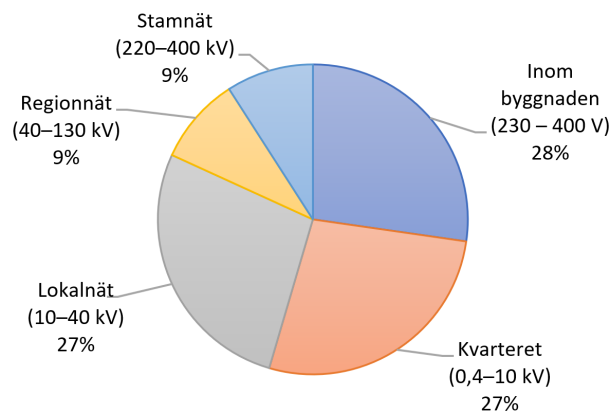


Figur 2.3: Åtgärder som elnätsbolag använder eller planerar att använda för att hantera kapacitetsbrist. (Lidström, m.fl., 2022).

Ökad flexibilitet i olika former ses som det snabbaste sättet att hantera en ökad efterfrågan. I intervjuerna framhöll elnätsbolagen också en mer dynamisk syn på dimensioneringsvillkor som en möjlighet att snabbt frigöra kapacitet i de befintliga näten. En utmaning anses vara att kapacitetsbrist i många fall endast uppstår under ett fåtal timmar, vilket gör flexibilitet lämpligt men kan samtidigt göra det svårt att nå lönsamhet och förtroende.⁵ I några av intervjuerna trycker man på att det behövs samverkan med andra marknader som har mer frekvent behov av flexibilitet (t.ex. stödtjänstmarknaden). Flexibilitet benämns dock främst som en tillfällig lösning hos de flesta intervjuade bolagen fram till dess att man hunnit förstärka elnäten, även om vissa bolag öppnar för att det kommer att behövas en viss grad av flexibilitet även på lång sikt.

En annan mindre enkät (med endast 9 svar) genomfördes i arbetspaket 2 och som riktades mot kommuner, regioner och leverantörer av laddinfrastruktur. Bland annat tillfrågades aktörerna var de upplever att nätbegränsningar främst uppstår idag, dvs. i byggnaden, på kvartersnivå, inom lokalnätet, regionnät eller stamnät. Av enkätsvaren indikeras att aktörerna upplever störst begränsningar i de tre lägsta spänningsnivåerna, men att det är jämnt fördelat mellan dessa, se Figur 2.4.

⁵ Respondenter menar att om det används sällan är det svårare att förstå vikten av en åtgärd.



Figur 2.4: Upplevd förekomst av nätbegränsningar hos kommuner, regioner och leverantörer av laddinfrastruktur. (Lidström, m.fl., 2022).

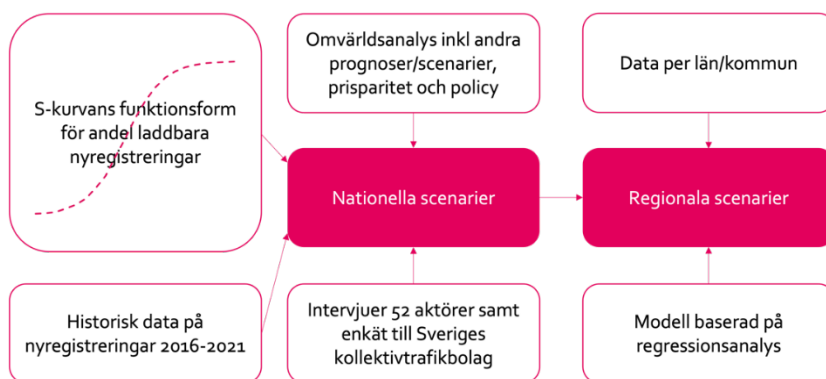
3 Scenarier för utvecklingen av elfordonsflottan

För att bedöma det framtida behovet av energi, effekt, elnätscapacitet och laddinfrastruktur krävs scenarier som visar hur stor andel av transportsektorn som förväntas elektrifieras.

Inom ramen för arbetspaket 1 har nationella och regionala scenarier tagits fram för utvecklingen av laddbara personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar och bussar till år 2030 (Barr, m.fl., 2022). I detta kapitel ges en sammanfattning av scenarierna. Eftersom scenarierna togs fram i början av projektet (analysen grundar sig på underlag fram till och med 2021), förs i detta kapitel även en diskussion kring sedan dess tillkommande och förändrade omvärldsfaktorer som kan ha påverkat scenarierna i den ena eller andra riktningen.

3.1 NATIONELLA SCENARIER

Med syfte att skapa en bild över hur utvecklingen av laddbara personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar och bussar kan förväntas se ut har en omfattande omvärldsanalys gjorts.⁶ Omvärldsanalysen har sin utgångspunkt i, dels historiska data i form av en litteraturstudie av relevanta rapporter, policydokument och olika aktörers scenarier och prognoser, dels i form av en intervjustudie. Baserat på denna omvärldsanalys har sedan ett nationellt hög- och ett lågscenari tagits fram för marknadsutvecklingen av eldrivna fordon av olika slag. Med hjälp av data för specifika områden i landet har regionala anpassningar av de nationella scenarierna gjorts i syfte att ta fram scenarier på regional nivå. Metodiken i scenarioarbetet beskrivs översiktligt i Figur 3.1.

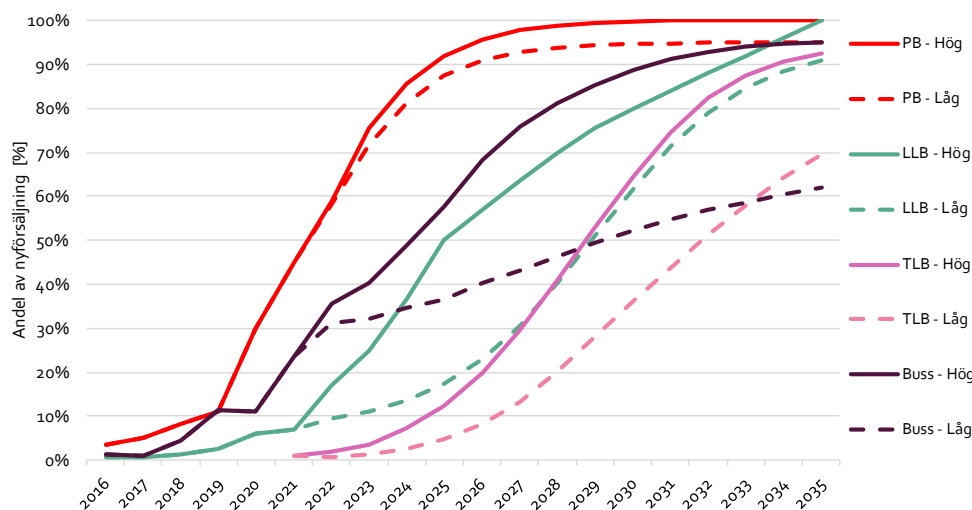


Figur 3.1: Översiktlig beskrivning av metodiken som har använts för att ta fram nationella och regionala scenarier för elektrifieringen av fordonsflottan. Källa: (Barr, m.fl., 2022).

Utvecklingen mot en laddbar fordonsflotta drivs främst av starkt politiskt stöd från EU och på nationell nivå, sjunkande kostnader för fordon, högre acceptans hos konsumenter och skarpare strategier hos fordonstillverkarna. Den historiska trenden visar en tydlig exponentiell utveckling. Högscenariot för respektive fordonssegment pekar på att nästan alla nya personbilar och bussar som säljs år

⁶ Alltså utan att beakta begränsningar i elförsörjning och laddinfrastruktur.

2030, kan komma att vara eldrivna som ses i Figur 3.2. När det gäller tunga lastbilar bedöms de släpa efter något, men i högscenariot bedöms även andelen nyregistreringar för dessa bli över 80 % till 2032.



Figur 3.2: Elfordonens andel av nyregistreringar fram till 2040, Högscenario. Källa: (Barr, m.fl., 2022). PB= personbil, LLB= lätt lastbil, TLB = tung lastbil.

För personbilar pekar högscenariot på att elbilar kan komma att stå för 100 % av nybilsförsäljningen år 2030. Viktiga drivkrafter är utsläppskrav och mål om nollutsläpp på såväl europeisk som nationell nivå. En utveckling i linje med högscenariot förutsätter även att flera stora fordonstillverkare sätter mål för 100 % eldrivna fordon i nybilsförsäljningen till år 2030 och att den svenska marknaden ligger i framkant gällande att uppnå dessa mål.

Eldrivna lätta lastbilar förväntas i högscenariot kunna nå 80 % av nya fordon år 2030 och 100 % år 2035, vilket är i linje med EU:s utsläppskrav. En viktig förutsättning för utvecklingen i högscenariot är att ett undantag för att framföra fordon upp till 4,25 ton med B-körkort införs, då eldrivna lastbilar i dagsläget är betydligt tyngre än fossildrivna. Inom de närmsta åren drivs utvecklingen främst av aktörer med stora fordonsflottor inom exempelvis handel, fastighetservice och offentlig sektor. Elektrifieringen i den för fordonssegmentet viktiga byggsektorn förväntas ta fart ordentligt när prisparitet på inköpspris för lätta lastbilar med förbränningsmotor jämfört med elektrisk drivlina förväntas uppnås omkring år 2025–2026.

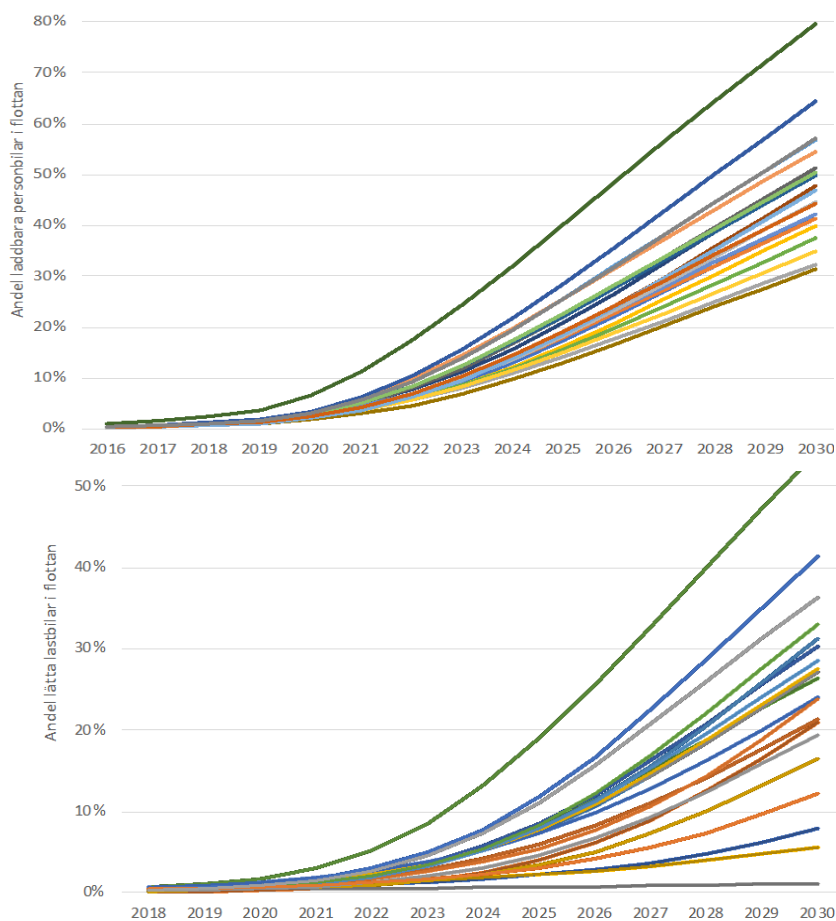
Tunga eldrivna lastbilar förväntas i högscenariot utgöra över 60 % av nya fordon år 2030. Elektrifieringen av tunga lastbilar antas ske i olika takt för olika segment. Lastbilar som används för lokal trafik elektrifieras först, följt av regionala transporter, och därefter fjärrtransporter och de tyngsta transporterna inom exempelvis skogs- och jordbruk. Utvecklingen drivs i det korta perspektivet av större transportköpare och åkerier som har ambitiösa hållbarhetsmål, samt att ändamålsenliga stöd till fordon och laddinfrastruktur fortsätter att ges tills TCO-paritet uppnås. Bränslecellstekniken antas börja ta marknadsandelar av fjärrtransporter och de tyngsta regionala transporterna från och med år 2030.

Elbussar når drygt 90 % av nyförsäljningen av fordon år 2030 i högscenariot. Scenariot för elbussar består på samma sätt som för tunga lastbilar en av sammanvägd utveckling för de olika bussklasserna som i sin tur förväntas ha olika elektrifieringstakt. Stadsbussar antas inom en snar framtid endast upphandlas med eldrift, baserat på både kollektivtrafikbolagens och fordonstillverkarnas planer, samt lönsamheten i tekniken. Även regionbussar börjar i allt högre utsträckning elektrifieras i närtid. Att elbussar har låga lokala utsläpp och är bullerfria utgör minst lika viktiga drivkrafter som klimat och ekonomi.

En utveckling i linje med det högscenario som har tagits fram är dock avhängig en fortsatt utbyggnad av laddinfrastrukturen i kombination med ett elnät med tillräcklig kapacitet. Lågscenariot som har tagits fram visar en alternativ utveckling där faktorer såsom brist på laddinfrastruktur, elnätskapacitet, tillgång till fordon eller förändrade regulatoriska förutsättningar negativt påverkar den utvecklingstakt som drivs av policy, teknikutveckling och konsumenters eller företags efterfrågan. För personbilar innebär lågscenariot nyregistreringar av laddhybrider fortsätter öka fram till 2025, jämfört med 2022 i högscenariot, och att s-kurvan för när nyregistreringar av elbilar tar fart förskjuts.

3.2 REGIONALA SKILLNADER

Utvecklingen av andelen laddbara personbilar skiljer sig dock åt regionalt i landet, där det län som förväntas ha högst andel laddbara fordon i trafik år 2030 är Stockholms län, medan det län som förväntas ha lägst andel är Norrbottens län. Figur 3.3 visas andelen eldrivna fordon av hela flottan för alla Sveriges län i högscenariot, uppdelat på personbilar (överst) och lätta lastbilar (nederst).



Figur 3.3: Andel eldrivna fordon av flottan för alla Sveriges län i högscenariot, personbilar (överst) och lätta lastbilar (nederst).

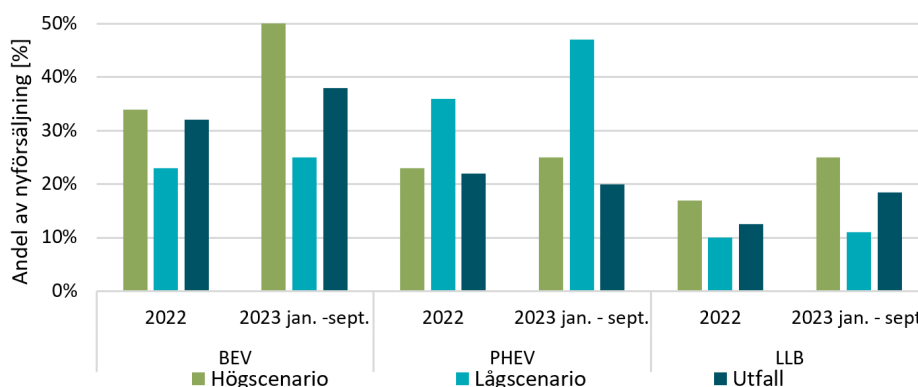
Som ses av Figur 3.3 uppstår det över tiden fram till 2030 ganska stora skillnader mellan län med hög och låg elektrifieringsgrad. De främsta förklaringarna till dessa skillnader är hur utvecklingen av laddbara fordon har sett ut historiskt i respektive län samt hur stor andel av den totala fordonsflottan som byts ut varje år. Ju högre andel nyregistrerade fordon desto snabbare introduceras laddbara fordon. Exempelvis i Stockholms län var andelen laddbara fordon bland nyregistreringar 42 % år 2020, samtidigt som motsvarande siffra för Norrbottens län var 21 %. I Stockholm nyregistreras motsvarande 12 % av fordonsflottan varje år och i Norrbotten är siffran 4 %. Detta leder sammantaget till att 80 % av personbilarna i Stockholms län är laddbara år 2030, men endast 31 % i Norrbottens län.

3.3 FÖRÄNDRINGAR I OMVÄRLDEN UNDER DET SENASTE ÅRET SOM PÅVERKAR SCENARIOFÖRUTSÄTTNINGARNA

Sedan scenarierna togs fram under 2022 har flera viktiga förändringar skett och faktorer tillkommit som kan komma att påverka utvecklingen för elfordon åt ena eller andra hållet på både kort och lång sikt. Elektrifieringen av fordonsflottan drivs idag i hög grad av politik, teknikutveckling och kundefterfrågan. Styrmedel som främjar utveckling av både fordon och laddinfrastruktur bedöms därför som

viktiga om man inte vill tappa fart. De lågscenarier som tagits fram visar en möjlig utveckling om dessa faktorer ej uppfylls och indikerar därför den negativa påverkan uteblivna styrmedel har på utvecklingstakten. Trots detta bedöms elektrifieringen bli omfattande även i lågscenariot.

En övergripande analys av utfallet 2023 visar, baserat på siffror t.om. oktober 2023, att nyregistreringarna av laddbara personbilar verkar hamna mellan hög och lågscenariot för BEV (Battery Electric Vehicle), medan andelen PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) är lägre än i lågscenariot se Figur 3.4. Utfallet för elektrifierade LLB (lätta lastbilar) verkar också mellan hög- och lågscenariot.



Figur 3.4: Utfall gällande nyregistreringar för 2023 i förhållande till hög- och lågscenariot.

Branschorganisationen Mobility Sweden, som följer utvecklingen på fordonsmarknaden, beskriver hur omvärldsfaktorer som pandemi, krig i Europa och ekonomisk osäkerhet påverkade fordonsåret 2022. Konsekvenserna av en osäker omvärld ledde bland annat till långa leveranstider för elfordon och nödvändiga fordonskomponenter, allmänna prishöjningar och en ökad osäkerhet hos konsumenter och företag⁷. Detta är dock faktorer som inte ensidigt påverkar de laddbara fordonen utan nybilsförsäljningen i stort. Flera av dessa omvärldsfaktorer har haft en fortsatt påverkan under 2023 och bedöms fortsatt ha det in under 2024. I Mobility Swedens prognos för 2024 sjunker andelen elbilar bland nyregistreringar till 35 % vilket kan jämföras med 2023 då motsvarande siffra var nära 39 %⁸.

Sedan scenarioanalysens framtagande har även flera inrikespolitiska förändringar skett kopplat till de viktigaste antagandena kring vad som driver elektrifieringen inom transportsektorn och som också beskrivs i scenarioreportern (Barr, m.fl., 2022):

- Borttagandet av elbilsbonusen i samband med regeringsskiftet hösten 2022 riskerar att skjuta upp tidpunkten för då kostnadsparitet på inköpspris uppnås om inte nya stödsystem kommer på plats. Detta gäller inte minst för segmentet lätta lastbilar där prisparitet på inköpspris förväntas uppnås senare än för personbilar.

⁷ https://mobilitysweden.se/statistik/Nyregistreringar_per_manad_1/nyregistreringar-2022/2022-ett-starkt-ar-for-elbil

⁸ https://mobilitysweden.se/statistik/Nyregistreringar_per_manad_1/nyregistreringar-2023_3/under-2023-bromsade-elektrifieringstakten-in-och-forvantat-minska-under-2024

- Sänkt reduktionsplikt från 2024-01-01 riskerar också att skjuta upp TCO kostnadsparitet, då kostnaden för fossila bränslen blir lägre, och därmed minska incitamenten till att ställa om till eldrift.⁹
- Höjd energiskatt, vilket bidrar till dyrare laddning av elfordon.
- Förlängda och förstärkta satsningar på utbyggnad och samordning av laddinfrastruktur för perioden 2024 – 2026 aviserades under hösten 2023¹⁰. Något som också lyfts i scenariorapporten som en viktig faktor för att skapa förutsättningar för den fortsatta elektrifieringen.
- Regeringen har även givit Transportstyrelsen i uppdrag att undersöka och utforma en försöksverksamhet där det blir möjligt att ansöka om att få köra tyngre lastbilar upp till 4,25 ton, som drivs av alternativa bränslen, på B-körkort¹¹. Detta lyfts i scenariorapporten som en viktig del för den fortsatta elektrifieringen av lätta lastbilar.

EU:s klimatpaket "Fit for 55" beskrivs i scenariorapporten som en viktig del för att driva på elektrifieringen genom de krav på utsläppsnivåer och nollutsläppsfordon som ingår i policypaketet. Under 2023 har även *Alternative Fuels Infrastructure Regulation* (AFIR), som en del av Fit for 55-paketet, beslutats. AFIR ställer minimikrav på utbyggnad och installerad effekt för laddinfrastruktur för lätta och tunga fordon¹² och kommer att börja tillämpas från och med våren 2024.

Utvecklingen av elfordon är fortsatt beroende av policybeslut, teknologiska framsteg och marknadsförhållanden. Rapportens hög- och lågscenarier bedöms reflektera många av de effekter som kan uppstå beroende på hur policy och styrmedel utformas. Samtidigt har ekonomiska och geopolitiska händelser under de senaste åren haft en betydande påverkan, vilket inte återspeglas i rapporten och den använda metodiken för scenarioframtagning i samma utsträckning. Det blir således viktigt att följa hur detta kommer fortsätta påverka utvecklingen av den laddbara fordonsflottan.

⁹ Bensin och dieselskatten sänks samtidigt som de indexeras med inflationen, vilket sammantaget innebär en sänkning för bensin och en höjning för diesel.

¹⁰ <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/09/forstarkning-av-stod-till-laddinfrastruktur/>

¹¹ <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2023/06/regeringen-ger-transportstyrelsen-i-uppdrag-att-utforma-forsoksverksamhet-med-tyngre-lastbilar-pa-b-korkort/>

¹² <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/07/25/alternative-fuels-infrastructure-council-adopts-new-law-for-more-recharging-and-refuelling-stations-across-europe/>

4 Perspektiv på elektrifieringen av fordonsflottan

Även om elektrifieringen av fordonsflottan under de senaste åren har gått relativt fort är vi fortfarande i ett tidigt skede. Marknaden är ännu omogen och det kvarstår många utmaningar som behöver hanteras innan vi ser en betydande andel eldrivna fordon i flottan som helhet. I detta avsnitt beskriver vi de behov, utmaningar och målkonflikter som har identifierats under projektets gång.

Fokus i projektet är som tidigare nämnts samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystem och elnät. En viktig del av projektet har därför varit att lyfta fram olika aktörers perspektiv på elektrifieringstakten och de utmaningar vi står inför. En viktig källa för detta har varit de workshopar och intervjuer som har genomförts inom projektet. Därutöver har det genomförts en genomgång av den stora mängd litteratur som finns på området som en del av syntesarbetet. Ambitionen har inte varit en komplett litteraturstudie, snarare har syftet varit att försöka lyfta fram resultat, viktiga perspektiv och inspel från redan genomförda och relevanta arbeten som tagits fram inom detta område under senare år.

Utmaningarna kopplat till en storskalig elektrifiering av fordonsflottan är många och mångfacetterade. Mycket förenklat handlar utmaningen, utöver tillgång till elfordon med adekvat prestanda¹³, om att det ska finnas tillräckliga möjligheter för att ladda fordonen i den utsträckning som krävs för att uppfylla ett transportbehov. En inte obetydlig aspekt handlar också om att kostnaden, för den som ska nyttja fordonet, upplevs acceptabel (inte minst i förhållande till alternativen). Sammantaget blir dock utmaningen snabbt komplex eftersom det handlar om att transportbehovet är avhängigt att en mängd skilda aktörer, med olika roller, där målsättningar och deras realisering behöver gå i takt.

4.1 EN STORSKALIG ELEKTRIFIERING KRÄVER UTBYGGNAD AV BÅDE ELSYSTEM OCH ELNÄT

Grundläggande för utmaningarna med en storskalig elektrifiering av fordonsflottan är det faktum att elsystemet, med dess produktions- och distributionsinfrastruktur, till största delen är byggt i en och för en annan tid. Vi har ett delvis föråldrat elnät och elbehovet hittills inte har förändrats nämnvärt sedan mitten på 1980-talet. Nu tyder dock mycket på att det kommer ske en kraftig elektrifiering parallellt inom flera sektorer med nya förbrukningsprofiler. Utöver transportsektorn pekar allt på en storskalig elektrifiering även av industrisektorn. Bedömningar pekar på att det totala elbehovet i Sverige kan komma att öka från dagens ca 140 TWh per år (Energimyndigheten, 2022a) till 228–349 TWh per år beroende på scenario (Energimyndigheten, 2023b), där industrin bedöms stå för den största ökningen, följt av transporter och därefter bostäder och service. En sådan utveckling skulle kräva en betydande utbyggnad av både elproduktion och

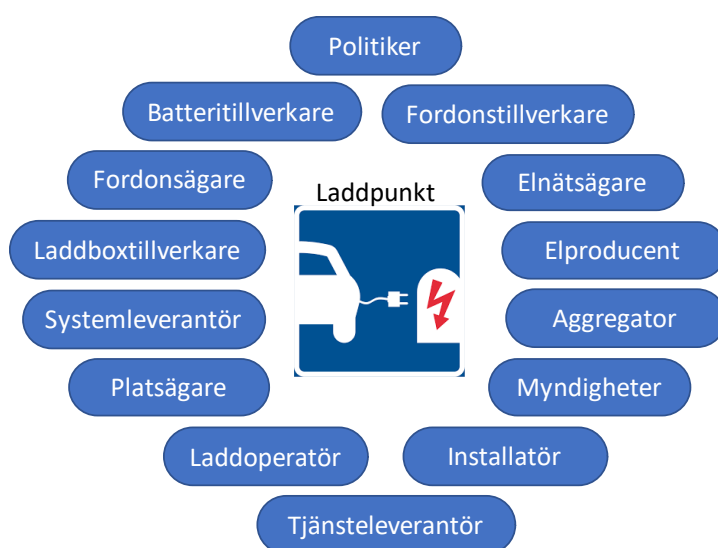
¹³ Exempelvis räckvidd, laddkapacitet och lastförmåga.

elnät. Utöver långa ledtider för att få tillstånd för byggnation av elnät kommer en storskalig elektrifiering av både industri- och transportsektorn kräva stora investeringar. Vissa bedömningar pekar på att upp emot 1 000 miljarder kronor kan komma att behöva investeras, både ny- och reinvesteringar, i elnäten fram till 2045 (Holm, m.fl., 2023).

4.2 AKTÖRER OCH DERAS ROLLER

Ett sätt att beskriva komplexiteten i utmaningen med en elektrifiering av fordonsflottan är att se på antalet aktörer som är involverade i värdekedjan för elfordonsladdning. Ju fler aktörer som berörs av en infrastruktur eller en värdekedja och ju mer olika dessa aktörer är, desto större är också risken för att målkonflikter uppstår. Fler målkonflikter ökar behovet av dialog och fungerande samverkansformer.

I Figur 4.1 illustreras ett antal av de berörda aktörstyper som finns. Dessa aktörstyper kan i sin tur bestå av många olika specifika aktörer med vitt skilda behov och förutsättningar. Exempelvis vad gäller fordonsägare handlar det om alltifrån privatbilar till buss- och lastbilsägare med stora skillnader i laddbehov, både inom och mellan dessa grupper av ägare.¹⁴



Figur 4.1: Exempel på aktörer som är involverade i elfordonsladdning.

I Tabell 4.1 visas en översikt över ett antal av de mest relevanta aktörerna som på ett eller annat sätt är involverade i elektrifieringen av fordonsflottan. Exempel på aktörer som inte finns med i tabellen men som ändå kan vara avgörande är t.ex. långivare och finansiärer som behövs för nödvändiga investeringar i olika delar av värdekedjan. Tabellen illustrerar att det är många aktörer som tillsammans behöver verka för att uppnå en elektrifiering av fordonsflottan. Det kan handla om allt från aktörer direkt kopplade till elfordon eller laddning av elfordon, till aktörer som påverkar utvecklingen av det omkringliggande energisystemet och därmed

¹⁴ Notera att det kan skilja vem som är ägare och användare i många fall.

indirekt påverkar förutsättningarna för elfordon. Dessa roller kan i viss mån förändras då det inte är helt klart vilken roll respektive aktör bör ha i framtiden.

Tabell 4.1: Översikt över aktörer och deras roll kopplat till elektrifiering av fordonsflottan.

Aktör	Roll
Aggregator	Samlar ihop flexibilitetsresurser och hjälper till vid styrning av laddning.
Arbetsplats	Möjliggör laddplatser åt sig själv och åt andra.
Batteritillverkare	Tillverkar batterier med adekvat prestanda.
Buss- och taxibolag	Transporterar människor kollektivt. Beslutar om andel el i sin fordonspark.
Elnätsbolag	Tillhandahåller kapacitet för elöverföring
Elproducent	Producerar el
Elsäkerhetsverket	Tillser elsäkerhet vid anslutning och drift.
Energimarknadsinspektionen	Har ansvar för regelutveckling, tillsyn och prövning, tillstånd samt konsumentinformation kopplat till elnätet.
Energimyndigheten	Bidrar med fakta och analys om tillförsel och användning av energi; stöttar forskning och affärsutveckling; ansvarar för statistik; hanterar stödsystem.
Fastighetsägare	Möjliggör laddplatser åt sig själv och åt andra.
Fordonstillverkare	Tillverkar fordon som är ändamålsenliga för kundens transportbehov.
Företag	Tar beslut kring inskaffande av fordon.
Installatör	Installerar de olika tekniska komponenterna i elsystemet som behövs för att möjliggöra elektrifiering av fordon.
Intresse- och branschorgan	Driver frågor för specifika aktörer (t.ex. Drivkraft Sverige, Sveriges åkerier, Transportföretagen, Mobility Sweden, Energiföretagen osv).
Kommun	Stadsplanerare och en viktig platsägare som ger markanvisningar för publika laddplatser. Är dessutom en stor transportköpare.
Laddboxtillverkare	Tillverkar laddboxar med adekvata funktioner och prestanda
Laddoperatör	Tillhandahåller laddning utifrån kundefterfrågan
Naturvårdsverket	Ansvarar för Klimatklivet som ger stöd till investeringar i laddinfrastruktur.
Offentlig aktör	Möjliggör laddplatser åt sig själv och åt andra.
Planeringstjänster	Ruttplanering med laddning av fordon inkluderad.
Privatperson	Har olika typer av transportbehov, i en del fall också platsägare. Beslutar kring införskaffande av fordon.
Riksdag / Politiker	Sätter mål, beslutar kring regelverk och styrmedel kopplat till fordon.
Svenska kraftnät	Systemansvarig för kraftsystemet och förvaltare av transmissionsnätet.
Tillverkare av elnätskomponenter	Tillhandahåller elnätskomponenter som exempelvis transformatorer, skydd och kabel
Trafikverket	Ger investeringsstöd för publik snabbaddning längs större vägar.

Aktör	Roll
Transportstyrelsen	Ansvarar för reglering kring nya fordon.
Åkerier	Har till uppgift att leverera gods enligt kunders önskemål. I en del fall också platsägare. Beslutar om andel el i sin fordonspark.

4.3 LADDINFRASTRUKTUR OCH LADDUPPLEVELSEN

Utifrån ett kundperspektiv är det avgörande att det finns god och tillförlitlig tillgång till laddning för att våga/kunna investera i elfordon. Här uppstår ett problem då de som tillhandahåller laddning samtidigt har ett behov av att det finns en tillräcklig utnyttjningstid på laddplatserna för att nå tillräcklig lönsamhet. Just bristande lönsamhet för laddplatser lyfts ofta fram som en utmaning i de fallstudier som har genomförts inom ramen för projektet (Williamsson, m.fl., 2023). Denna problematik blir lite av "hönan och ägget". Åkerier anser sig dessutom ha svårt att använda den publika laddinfrastruktur som byggs upp då man tycker att taxan som laddoperatören behöver ta ut för att få lönsamhet i affären är för hög, vilket bidrar till att bromsa elektrifieringen av den tunga fordonsflottan. Detta är en anledning att icke-publik laddinfrastruktur kan bli viktigt att få till stånd.

Vad gäller hur väl elfordon och laddinfrastruktur behöver gå i takt verkar dock skilja sig åt en del mellan aktörer. Ser man på elektrifieringen av personbilsflottan inleddes den med laddhybrider som inte är så starkt beroende av en väl utbyggd publik laddinfrastruktur för snabbaddning. I takt med bättre batteriprestanda och räckvidd, samt en mer utbyggd laddinfrastruktur har elektrifieringen tagit fart och idag säljs främst rena elbilar framför laddhybrider. Nu ser man att det också kommer en del lättare ellastbilar på vägarna, vilket indikerar att det åtminstone i vissa delar av landet nu finns adekvat laddinfrastruktur för deras behov. När det gäller tunga fordon som i större utsträckning kräver snabbaddare, vilket innebär betydligt större investeringar och högre elnätskapacitet, återstår ännu en del innan elektrifieringen kan ta fart.

En viktig skillnad som lyfts när det gäller olika elfordon är att olika fordonsägare har olika drivkrafter och incitament. Privatbilister utgör t.ex. en relativt heterogen grupp med stora skillnader vad gäller förutsättningar och motiv för att köpa ett elfordon.¹⁵ Ett åkeriföretag har i egenskap av företagsverksamhet andra incitament och behov som måste uppfyllas jämfört med privatbilister. För ett åkeriföretag är det mer av en investering i något som ska vara lönsamt¹⁶, vilket sällan är fallet för en privatbilist. Ur företagarnas perspektiv behöver det, innan de kan och vill investera i ett elfordon, finnas en tillräcklig laddinfrastruktur på plats för att de ska vara säkra på att kunna fullgöra sina transportåtaganden åt sina kunder. Ytterligare en utmaning vad gäller tunga fordon är att investeringarna är betydligt större både vad gäller själva elfordonet och laddinfrastrukturen som krävs. Det

¹⁵ Privatbilister kan exempelvis ha stora skillnader i ekonomiska förutsättningar, villaägare kan ha möjlighet till laddning vid eget hus medan lägenhetsinnehavare kan ha svårare med tillgång till laddning, körmönster och därmed laddbehov kan skilja sig mycket åt.

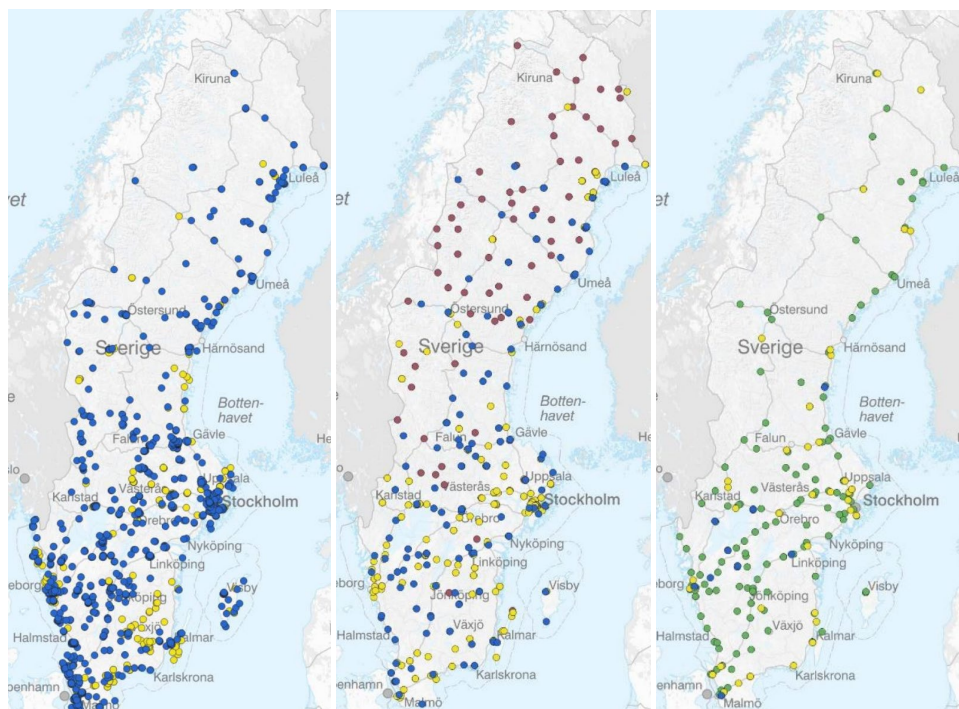
¹⁶ Kan även uttryckas som hållbarhetskrav ifall man har det som en konkurrensstrategi

kan dock skilja sig åt betydligt vad gäller laddbehov och körmonster beroende på vilken typ av transportföretag det handlar om.

Även laddoperatörer behöver dock ha lönsamhet i sin verksamhet för att överleva. Svårigheten i att nå lönsamhet beror i stor utsträckning på två faktorer: hög investeringskostnad och/eller låg utnyttjandegrad. Ett sätt att få ned kostnaden för laddinfrastruktur kan vara att i högre grad samverka kring eller dela på infrastrukturen än vad som görs idag. Detta lyfts som en möjlighet av flera aktörer i dialog under projektets gång, och några säger sig också vara villiga att göra detta även om man i vissa fall är konkurrenter (t.ex. åkare som delar med sig av sin laddinfrastruktur). Denna typ av delning genom semi-publika laddplatser ökar utnyttjningstiden och är resurseffektivt då fler har möjlighet att utnyttja befintlig infrastruktur. Utöver detta lyfter flera aktörer att man försöker finna sätt att öka lönsamheten exempelvis genom att bidra med stödtjänster.

Det finns dock vissa utmaningar med semi-publika laddplatser. Ett exempel för lastbilsdepåer är att de ofta ägs av flera åkerier som har korta avtal med fastighetsägaren. De korta avtalen kan göra det svårt för åkerier att hinna få en investering i laddinfrastruktur återbetalad, och på samma sätt för fastighetsägaren om en ny kund saknar behov av laddning. Ett annat exempel är att restriktioner kring skalskydd runt en depå eller anläggning kan göra det svårt för en organisation att ge aktörer utanför organisationen fysisk tillgång till semi-publika laddplatser som finns inne på verksamhetsområden.

För helt publika laddplatser finns möjlighet till ekonomiskt stöd från Trafikverket, Naturvårdsverket och Energimyndigheten, där laddplatser som fått stöd ses i Figur 4.2. Inom ramen för Klimatklivet har Naturvårdsverket under 2022 beviljat stöd om 392 miljoner kronor till 320 laddplatser med utrymme för 2 800 lätta och tunga fordon. I Trafikverkets utlysning 2022 fokuserades det på laddkapacitet om 150 kW eller mer då det bedöms följa dagens utveckling. Energimyndighetens stöd till publik laddinfrastruktur fokuserar på tunga transporter via de så kallade regionala elektrifieringspiloterna. Vid första utlysningen beviljade Energimyndigheten stöd till 140 laddplatser, 12 vätgastankstationer och en kombinerad ladd- och vätgastankstation för totalt 1,4 miljarder kronor.



Figur 4.2: Regional fördelning (i mars 2023) av publik laddning för lätta fordon med effekter upp till 50 kW (till vänster), från 50 kW och högre (i mitten) och för tunga fordon (till höger). Blå punkter visar uppförda laddplatser som blivit beviljade stöd av Klimatklivet, medan gula punkter visar laddplatser under uppförande. Lilaröda punkter visar laddplatser som beviljats stöd från Trafikverket och gröna punkter visar laddplatser som beviljats stöd från Energimyndigheten (Naturvårdsverket, 2023).

Något som efterfrågas från alla typer av fordonsanvändare är möjligheten att få en översikt över alla laddmöjligheter i exempelvis en enda app, samt att man på ett smidigt sätt får tillgång till "alla" laddplatser som finns. Från operatörernas sida lyfter man vikten av att få till stånd väl fungerande roamingtjänster¹⁷ för att kunna erbjuda de möjligheter som kunderna efterfrågar. Så sent som 2021 ansåg Europeiska revisionsrätten att det inte fanns roamingsystem med enhetligt harmoniserade minimikrav som gör det möjligt för fordonsägare att använda de olika laddsystem som finns inom EU (Europeiska revisionsrätten, 2021). Möjligheterna till roaming ökar dock ständigt.

Sedan dess har dock EU fått till stånd AFIR som dels syftar till att det ska bli enklare att betala för laddning exempelvis via kredit- eller betalkort, dels att det ska finnas tillräckligt med laddningsstationer och tankstationer för alternativa bränslen för fordon inom EU. Detta anses nödvändigt för att minska användningen av fossila bränslen inom transportsektorn (Europaparlamentet, 2023). Det ställs krav på att det för lätta fordon (<3,5 ton) ska finnas laddplatser tillgängliga var sjätte mil längs viktiga vägar (TEN-T) med en effekt om minst 400 kW till senast slutet av 2025 för lätta fordon och 700 kW år 2027. För tunga fordon (>3,5 ton) är motsvarande krav en laddplats minst var tolfte mil och minst 1 400 kW till 2025, samt 2 800 kW till 2027. År 2030 är kravet en laddplats var sjätte mil om 3 500 kW.

¹⁷ Innebär att man kan ladda på andra laddoperatörers laddplatser utan att ha eget avtal med dem.

För att en storskalig elektrifiering av fordonsflottan ska fungera väl och upplevas positivt vilar det även ett ansvar på användarna själva. Det handlar om att förbättra användarnas beteende vid laddning, t.ex. att man laddar upp till en acceptabel nivå om det finns en kö. Därför behövs utbildning och attitydförändringar för att skapa en bättre "laddetik". Detta torde också bidra till att öka lönsamheten för laddoperatörer, då batterier många gånger laddar snabbare upp till 80 % än däröver¹⁸, samtidigt som en bättre laddupplevelse genom kortare väntetider vid de publika laddarna skapar förutsättningar för fler elfordon och att fler laddar (Kostopoulos, m.fl., 2020). Användare anses också behöva vara beredda att tidvis acceptera lägre effekter men fler laddare, genom lastbalansering, när fordonsflottan växer.

4.4 TILLGÅNG TILL OCH LEDTIDER FÖR LADDPLATSER

När det gäller möjligheter för laddoperatörer att finna lämpliga platser för publik laddning framhålls ofta att det tar för lång tid att få besked av elnätsbolagen om anslutning. Laddoperatörerna efterfrågar över lag bättre insyn i anslutningsprocessen och önskar att elnätsbolag samt myndigheter arbetar för att processen för anslutning ska gå snabbare. Man upplever att dagens processer sker sekventiellt och efterfrågar möjligheterna till att så långt som möjligt låta en större del av anslutningsprocessen löpa parallellt.

Från laddoperatörernas sida lyfts också vikten av att få till en koordinering mellan kommuner och elnätsbolag för att få kunskap om lämpliga markytor med tillräcklig nätkapacitet i syfte att snabbare få till publika laddplatser. Ett exempel på problem som nämns är när en kommun ger en laddoperatör ett platsförslag med utgångspunkt i sina detaljplaner som laddoperatören sedan tar vidare in i en förfrågan till berört elnätsbolag om anslutning. Om elnätsbolaget sedan kommer fram till att det inte finns tillräcklig nätkapacitet på denna plats måste laddoperatören börja om processen med kommunen igen. Det finns även praktiska aspekter som påverkar tid och kostnader för att få laddpunkter på plats, som exempelvis att det kan skilja sig åt mellan olika kommuner om grävning tillåts på vintern eller ej, samt vilket grävdjup som krävs (Sveriges Kommuner och Landsting, 2019). Det finns alltså ett behov av kartläggning och koordinering, så att laddoperatörer kan fråga efter anslutning där det finns både nätkapacitet och markyta som är lämplig. Det underlättar också om det finns likartade förutsättningar hos kommuner och elnätsbolag i olika delar av landet. Laddoperatörerna efterfrågar också en strukturerad och tydlig ärendehantering hos elnätsbolagen som en del i en ökad transparens i anslutningsprocessen. Det upplevs av laddoperatörerna över lag som svårt att veta var i processen man befinner sig och därmed oklarheter när man kan/ska beställa utrustning m.m. för att kunna sätta igång arbetet när man väl får besked om anslutning.

Från elnätsbolagens sida framhåller man problemet med att tillståndprocesserna för att bygga ut och förstärka elnätet generellt tar lång tid. Som förslag till att snabbare möta behoven lyfter man möjligheterna med att höja spänningsnivåerna

¹⁸ Rekommenderas också att hålla batterinivån mellan 20 % och 80 % för batteriets prestanda.

för områdeskoncessioner.¹⁹ Elnätsbolagen pekar också på resursbrist, främst vad gäller personal, som ett skäl till att det tar tid. Elnätsbolagen behöver och vill använda alternativa lösningar till nätutbyggnad som exempelvis förbrukningsflexibilitet för att det ska gå snabbare, men även vad gäller alternativen råder både personal- och kompetensbrist (Lidström, m.fl., 2022).

Om man bortser från tillståndprocessen är en förklaring till att det tar tid för anslutningsprocesserna att många elnätsbolag får in väldigt många förfrågningar om nya anslutningar, inte bara gällande laddinfrastruktur utan även från många andra aktörer. Elnätsbolagen framhåller i detta sammanhang problemet med att vissa aktörer, både laddoperatörer och övriga typer av aktörer, frågar efter anslutning för samma ändamål på flera platser, något som leder till längre köer och ökade handläggningstider.

4.5 MÅLKONFLIKTER OCH UTMANINGAR

Utifrån vad som har framkommit i dialogen med olika aktörer under projektet upplevs de flesta sträva efter samma mål, i detta fall att nå en resurseffektiv infrastruktur för laddning av elfordon. Trots detta uppstår det ändå vissa målkonflikter mellan olika aktörer, kanske främst beroende på att det i viss mån är oklart vilken roll respektive aktör har eller ska ha i värdekedjan runt elfordonsladdning.

En av de mest tydliga målkonflikterna kopplar till konkurrensen mellan olika mål och intressen vad gäller tillgång till kommunal mark för laddplatser. Inte minst i större städer kan det vara svårt att få kommuner att upplåta markyta för laddning av elfordon eftersom det finns konkurrens med andra användningsområden. En kommun kan exempelvis ha mål för att främja elektrifiering av transporterna inom kommunen genom utbyggd laddinfrastruktur, samtidigt som man har mål om att minska antalet parkeringsplatser (t.ex. med syftet att generellt minska biltrafik i stadsmiljö), främja kollektivtrafikanvändning och/eller att öka gaturummets attraktivitet för gång- och cykeltrafikanter eller att utöka grön- och rekreationsområden.

På liknade sätt är det för elnätsbolag som har det trångt i sitt elnät. Idag hanteras nyanslutning främst genom att den som frågar först behandlas först, enligt en köprincip. I framtiden kan det finnas en poäng i att prioritera mellan olika aktörers effektbehov då en omfattande elektrifiering förväntas framgent, men det skulle kräva förändringar i reglering. Det kan dock vara kontroversiellt att utmåla vissa intressen som högre prioriterade än andra.

Ett annat exempel på en utvecklingshämmande målkonflikt handlar om kommuner som å ena sidan önskar att externa laddoperatörer etablerar sig och tillhandahåller laddtjänster i kommunen, men som å andra sidan själva tillhandahåller laddtjänster. Det finns flera exempel på kommuner som har tillhandahållit publika laddtjänster gratis vilket innebär att man dels agerar konkurrensrättsligt begränsande, dels frångår den kommunalrättsliga

¹⁹ Det är lättare att få tillstånd inom ramen för en områdeskoncession. Om spänningsnivån ligger högre än områdeskoncessionen gäller krävs en betydligt längre tillståndprocess i form av linjekoncession.

likställighetsprincipen²⁰ (som gäller för samtliga kommunala aktörer, oavsett verksamhetsform). Konkurrensverket har vid ett flertal tillfällen uppmanat kommuner som fortfarande erbjuder gratis el vid publika laddstolpar att upphöra med detta (Konkurrensverket, 2023). De har även pekat på riskerna för att denna typ av agerande från kommuner kan hämma investeringsviljan hos privata aktörer och därigenom bromsa utbyggnadstakten av laddinfrastruktur.

Samtidigt finns utmaningen med att få laddinfrastruktur på plats även i områden där det kan vara svårt att få lönsamhet, där man använder begreppet "vita fläckar". Från statligt håll har man försökt åtgärda problemet med vita fläckar genom bland annat riktade stöd till publika snabbbladdare i glesbygd, vilket har skyndat på utbyggnaden. Dock finns det alltså kvar delar av vägnätet där laddinfrastruktur saknas, och det är en utmaning att få laddoperatörer intresserade av att investera i och driva laddinfrastruktur på vägsträckor där lönsamheten idag är låg eller till och med obefintlig. Energimyndigheten och Trafikverket föreslår därför i sitt handlingsprogram för Laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas (Energimyndigheten, m.fl., 2023a) att man fortsätter med ett riktat stöd till publik snabbbladdning för lätta fordon inom dessa vita fläckar längs de stora vägarna. Nyligen meddelade Trafikverket också att de, som en åtgärd, sänker kraven på publika snabbbladdare i glesbygd bland annat genom att ta bort kravet på att de alltid ska kunna leverera en effekt på 150 kW.

När det gäller främst elbilar och fastighetsägare för boende i flerbostadshus är en utmaning eller målkonflikt att många vill ha egen plats. För de boende är det attraktivt med en egen laddplats, men ur ett systemperspektiv är det inte alltid effektivt.

4.6 SAMVERKAN, KOORDINERING OCH STANDARDISERING

Generellt anses det finnas mycket att vinna på en ökad grad av transparens och koordination mellan aktörer. Det första steget är att öka förståelsen för varandras behov och förutsättningar på ett övergripande plan. Flera aktörer lyfter behovet av starka branschorganisationer inom alla områden som berör elektrifieringen av fordonsflottan. Detta då man anser att det mest effektiva vore att branschorganisationer för talan för respektive grupps förutsättningar samt bedömer vilka förutsättningar som finns för ökad transparens, koordination och samverkan.

Vikten av standardisering inom flera områden anses av många som avgörande för en lyckad elektrifiering av fordonsflottan, vilket också har nämnts tidigare. Exempelvis nämns roaming som en avgörande förutsättning för att det ska bli enklare att äga och köra elfordon, då det ger möjlighet att enklare få tillgång till "all" laddinfrastruktur. Även standarder när det gäller laddkontakter (hårdvara och protokoll) är viktig för att ge rätt förutsättningar, och internationellt pågår arbete för att höja laddeffekter och gå mot en standard (InsideEVs, 2023; Interchargers, 2023). Bland elnätsbolagen ser man det i stället som viktigt att ta fram standardiserade metoder alternativt riktlinjer, gällande framtida

²⁰ Kommunalrättsliga likställighetsprincipen innebär att kommuner inte får särbehandla kommuninvånare (i detta fall gynnas de med elbil framför de som kör på konventionella bränslen).

dimensionering av elnätet eftersom man anser att dagens befintliga metodik för dimensionering är föråldrad. Det handlar främst om tillämpningen av Velanders formel som anger hur sammanlagringen ser ut för olika kundgrupper, men då sammanlagringen börja förändras är inte dessa antaganden giltiga längre.

4.7 BEHOV AV SYSTEMSYN

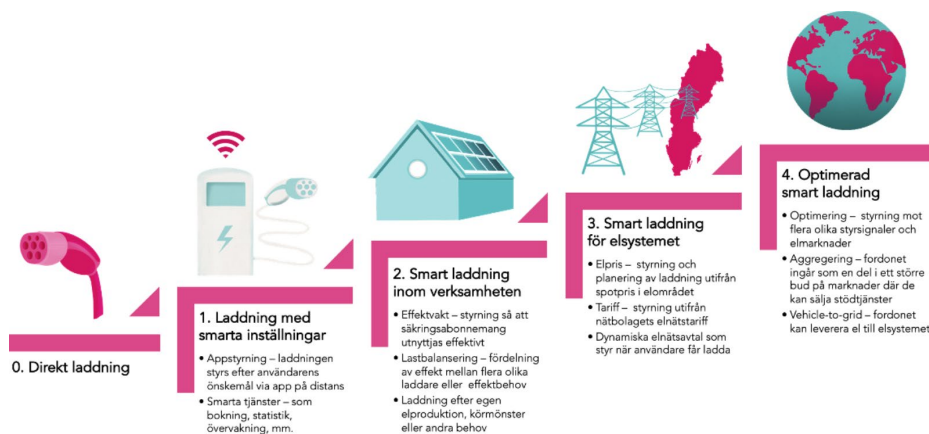
Då elektrifieringen av fordonsflottan berör flera nivåer och delar i elsystemet och involverar många olika aktörer, vilket gör det lätt att fastna i en mängd potentiella problem något som är ett problem i sig. Det behövs dels en god systemsyn hos flera aktörer i värdekedjan, dels att man finner sätt att komma vidare och gör det tillräckligt bra i stället för att fastna i svårigheter.

För elnätsbolag och laddoperatörer blir det exempelvis viktigt att förstå hur olika aktörers behov ser ut, t.ex. att tunga fordon kan ha vitt skilda körmönster baserade på regelverk som ska följas jämfört med privatbilism och med vitt skilda laddbehov. Dessutom behöver man bättre förstå hur efterfrågan och laddbehov kommer att utvecklas i förhållande till övrig stadsutveckling för att kunna planera bättre. Idag är det tidvis stora skillnader i elpris mellan prisområden och mellan nättariffer i olika nätområden vilket leder till stora variationer i kostnaderna för laddning i olika delar av landet. Detta är något som påverkar konkurrensförutsättningar för åkerier och andra elfordonsanvändare.

Behovet av systemsyn gäller från det lilla, som att förstå hur laddmönstret skiljer sig om det antingen finns en 100 kW-laddare eller två 50 kW-laddare. Men även på en högre systemnivå som hur olika laddmönster sammanlagrat påverkar olika delar i systemet från belastning i nätstationer till effektsituationen regionalt och i Sverige nationellt.

Sist men inte minst är det viktigt att förstå att elförsörjningen för elfordon i första hand handlar om att effekt och inte energi, dvs. att få tillgång till tillräcklig effekt vid rätt tid. För att allt detta ska bli bra behövs insatser på flera olika nivåer och för att få infrastrukturen att hänga ihop. I Figur 4.3 visas en illustration över olika grad av smart²¹ laddning (Power Circle, 2021) där fler aspekter behöver beaktas ju högre upp i systemet vi kommer.

²¹ Begreppet smart laddning är vanligt använt, men det är viktigt att vara medveten om att det finns olika perspektiv och att det i vissa fall handlar om att göra avvägningar mellan mål. I denna rapport används begreppet i perspektivet att laddning sker för att uppnå valda mål.



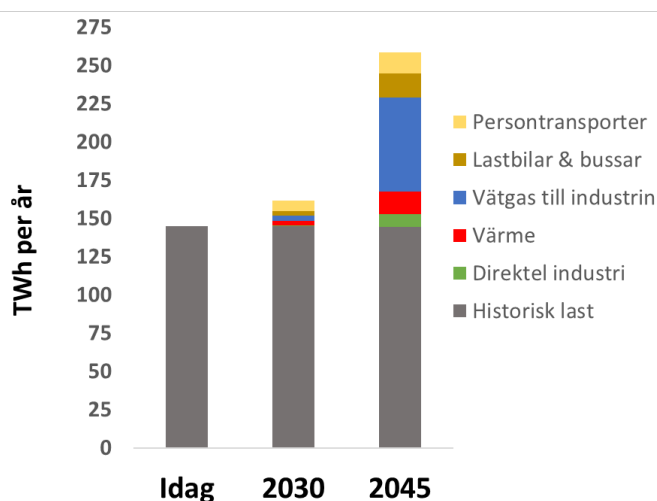
Figur 4.3: Exempel på nivåer av smart laddning (Power Circle, 2021).

5 Analys av elsystemet och elnätet

I detta avsnitt sammanfattas en del av projektets analyser av hur en storskalig elektrifiering påverkar elsystemet och elnätet i Sverige. Detta omfattar det arbete som har genomförts inom ramen för arbetspaket 3 (Taljegård, m.fl., 2024), vilket fokuserar på hur elsystemet påverkas nationellt och lokalt, samt potentialen med genomtänkta laddstrategier. I avsnittet inkluderas även resultat från fallstudien för Skövde Energis nätområde (Blomqvist, m.fl., 2023) där fokus ligger på potentiell utveckling av effektuttaget i ett lokalnät vid en elektrifiering av fordonsflottan, samt hur mycket förändrade laddstrategier kan minska effektbehovet.

5.1 ELSYSTEMETS UTVECKLING MED EN ELEKTRIFIERAD TRANSPORTSEKTOR

Elbehovet i Sverige har under de senaste decennierna legat på ca 140 TWh per år (Energimyndigheten, 2022a). Fram till 2045 pekar det mesta mot en storskalig elektrifiering, inte bara av transportsektorn utan också av industrisektorn. Flera olika bedömningar som har genomförts de senaste åren visar att det totala elbehovet i Sverige kan komma att öka med 90 – 250 TWh. Som utgångsläge för de modellanalyser som har gjorts inom projektet har ett scenario använts där elbehovet fram till 2045 ökar med 114 TWh (Göransson, 2023). Av denna ökning av elbehovet bedöms fordonsflottans elbehov uppgå till 30 TWh per år, där det är antaget att både tunga transporter och persontransporter elektrifieras och står för ca hälften av energibehovet vardera, se Figur 5.1. Till 2030 uppskattar vi att elbehovet kommer att öka med ca 16 TWh varav elektrifierade transporter står för en stor andel av ökningen (10 TWh) baserat på elektrifieringstakten i högscenariet i arbetspaket 1 (Barr, m.fl., 2022) I närtid (2030) kommer alltså transportsektorn i vårt scenario utgöra ca 6% av totala elbehovet medan på längre sikt (2045) ca 12% av det totala elbehovet.



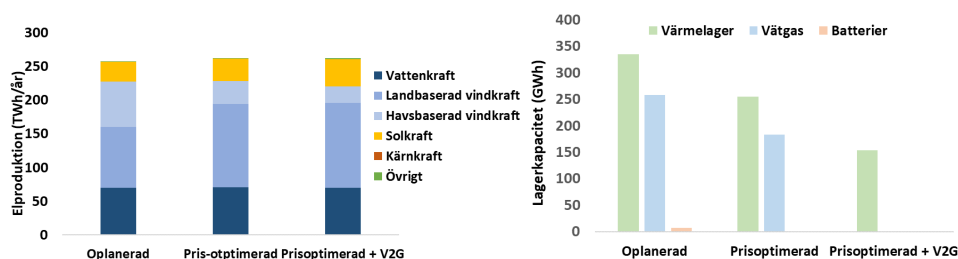
Figur 5.1: Uppskattad årlig efterfrågan på el (TWh) i Sverige idag, år 2030 och 2045. Källa: (Taljegård, m.fl., 2024).

En elektrifiering av personbilar kan komma att öka enskilda hushålls elkonsumtion med storleksordningen 20–50 % främst beroende på boendeform, uppvärmningssystem och körsträcka. Laddning av elbilarna utgör därmed en stor del av hushållens elkonsumtion. En genomtänkt integrering av elbilar i det lokala elnätet kan därför antas bli viktig för att klara av en elektrifiering av persontransporter i närtid utan att kraftigt behöva förstärka elnätet.

För att undersöka hur elsystemets utveckling påverkas av hur elfordonsflottan laddas har fyra olika fall med laddstrategier för personbilar analyserats:

- Oplanerad laddning där elbilsägarna laddar batteriet så fort de kommer hem
- Prisoptimerad laddning där elbilsägarna laddar mot ett lågt elpris
- Prisoptimerad laddning + V2G där elbilsägarna laddar mot ett lågt elpris men också kan återmata el till elnätet vid högt elpris
- Prisoptimerad laddning + lokal elnätstarriff där elbilsägarna laddar mot ett lågt elpris men där det också finns begränsning på tillgänglig laddeffekt vissa kritiska timmar i lokalnätet

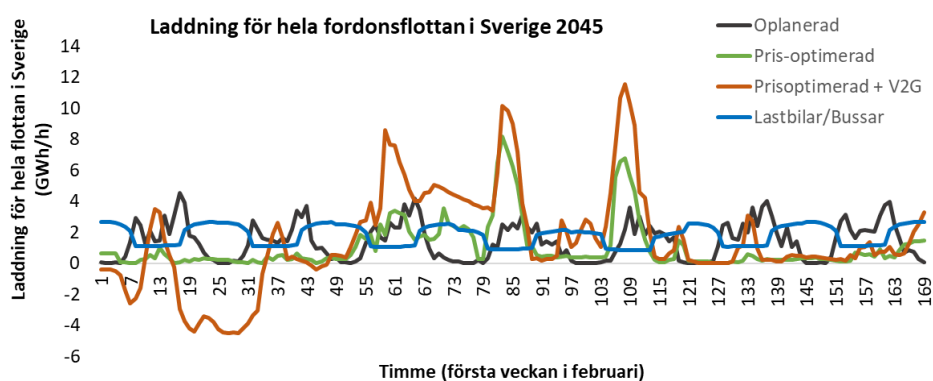
I projektet har elsystemets utveckling till 2045 modellerats givet de tre laddstrategierna beskrivna ovan. En kostnadsoptimerande modell över Norra Europas elsystem, som heter Multinode, har använts. Se (Taljegård, m.fl., 2024) för en mer detaljerad beskrivning av modellen. Resultat visar att det ökade elbehovet i Sverige till 2045 med 114 TWh, från bland annat elfordon, huvudsakligen möts av en ökad investering i sol- och vindkraft oavsett laddstrategi hos elbilarna, se Figur 5.2. Olika laddstrategier påverkar alltså investeringar i produktionskapacitet mycket lite i Sverige. Främst ökar andelen landbaserad vindkraft med färre fullasttimmar i stället för dyrare havsbaserad vindkraft, då elbilarna tillhandahåller kostnadseffektiv flexibilitet vid prisoptimerad laddning. Däremot kan elbilarna bidra med flexibilitet genom att flytta laddning till timmar med mycket elproduktion och om V2G är möjligt, också ladda tillbaka till elnätet under kritiska timmar, med låg produktion av vindkraft och solenergi. På så sätt kan elbilars batteri med en prisoptimerande laddstrategi drastiskt minska behovet av investeringar i annan lagerkapacitet så som stationära batterier och vätgaslager, se Figur 5.2 (till höger).



Figur 5.2: Årlig elproduktion 2045 för Sverige (till vänster) och storleken på lager (till höger) från investerings- och dispatchmodellen Multinode givet tre olika laddstrategier (Taljegård, m.fl., 2024).

Elbilarna laddar med väldigt olika laddprofiler i de tre definierade laddstrategierna, vilket illustreras i Figur 5.3. I fallet med ”oplanerad laddning”

kommer laddning av elbilarna att i hög grad korrelera med övrig last, vilket därmed ökar topplasten i elsystemet. Det ger ett ökat behov av flexibilitet i elsystemet, till exempel från vattenkraft, vätgaslager eller stationära batterier. I de två laddstrategierna där elbilar laddar när elpriset är lågt kommer elbilarna i stället att dels ladda när det är mycket produktion från sol- och vindkraft, dels undvika att ladda då det korrelerar med annat elbehov. En prisoptimerad laddstrategi (med eller utan V2G) innebär att behovet av investeringar i annan flexibilitet i elsystemet minskar, så som behovet av stationära batterier och till viss del även storskaliga vätgaslager och värmelager, se Figur 5.2. Vätgas- och värmelager tar hand om längre variationer som sträcker sig över 2–3 dagar. Elbilar kan till viss del även bidra med dessa längre variationer beroende på batterikapacitet, körmönster och acceptansnivå för styrning av laddningen och V2G.

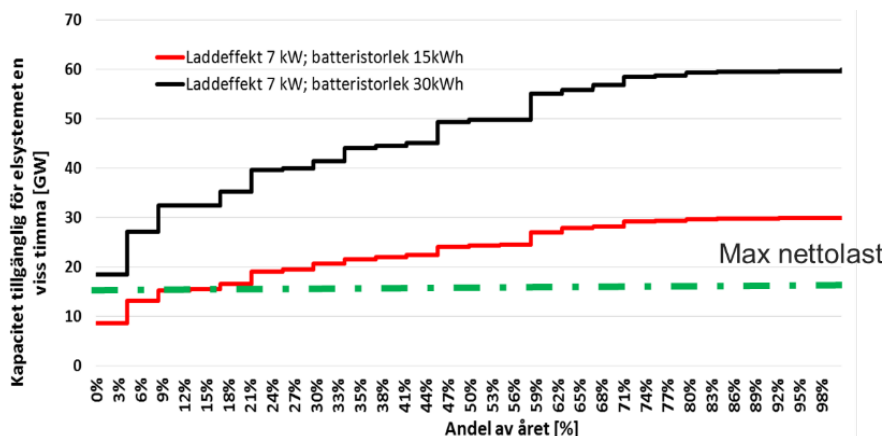


Figur 5.3: Laddning av hela fordonsflottan i Sverige 2045 (GWh/h) beroende på laddstrategi för en vecka i februari (Taljegård, m.fl., 2024).

Potentialen att styra laddning av bussar och lastbilar är mer begränsad eftersom de kör mer och har ett större batteri, och därmed behöver ladda med högre effekt eller under längre tid. Om lastbilar kan ladda mer nattetid och med lägre effekt under längre tid är det dock fördelaktigt både med hänsyn till elnätet och batteriets livslängd. Analyserna av ett antal körmönster för lastbilar inom projektet visar att ca. 70 % av laddningen kan schemaläggas nattetid medan ca. 30 % utgör tilläggsaddning dagtid, se Figur 5.3. Att åstadkomma mindre laddning under dagen kräver dock större fordonsbatterier, varför det beror på lastbilarnas körmönster och den geografiska kontexten där de ska ladda avgör huruvida denna typ av laddstrategi fungerar på ett fördelaktigt sätt eller inte.

Den totala mängden tillgänglig batterikapacitet i hela fordonsflottan är enorm (i storleksordningen 600 GWh varav personbilar utgör 400 GWh vid en full elektrifiering). Figur 5.4 visar den maximala batterikapaciteten, för 2 miljoner bilar, som finns tillgänglig under årets alla timmar i prisområde SE3. Figur 5.4 visar två olika fall, 15 kWh respektive 30 kWh, i batteristorlek för de enskilda bilarna. I båda fallen antas att vissa elbilar kör eller behöver ladda för att tillgodose sitt körbehov och är därmed inte tillgängliga för elnätet. I fallet där man antar att fordonen har en batteristorlek på 15 kWh (motsvarar ungefär dagens laddhybrider) finns en tillgänglig effekt, en viss timma, på 9–30 GW. Om man dock laddar ur elbilarna en

viss timma minskar möjligheten att ladda ur nästa timma. I fallet med 30 kWh-batterier i fordonen finns en tillgänglig effekt på hela 18–60 GW och med 60 kWh-batterier uppemot 200 GW. Detta är mycket stora kapacitetspotentialer (även under de timmar då många bilar är ute och kör) med tanke på att toppnettolasten i prisområde SE3 maximalt ligger på cirka 18 GW. Men det är inte bara den totala mängden batterikapacitet i systemet som spelar roll, utan det kommer även bli viktigt hur den geografiska fördelningen ser ut av batterier. Dels för att balansera elnätet, dels för att integrera mer produktion av sol- och vindkraft.



Figur 5.4: Aggregerad batterikapacitet tillgänglig i batterierna för fordonsflottan vid 60% elbilar i SE3 (dvs. 2 miljoner elbilar) en specifik timma. Sorterad från timmen med lägst till högst tillgänglig kapacitet (Taljegård, m.fl., 2024).

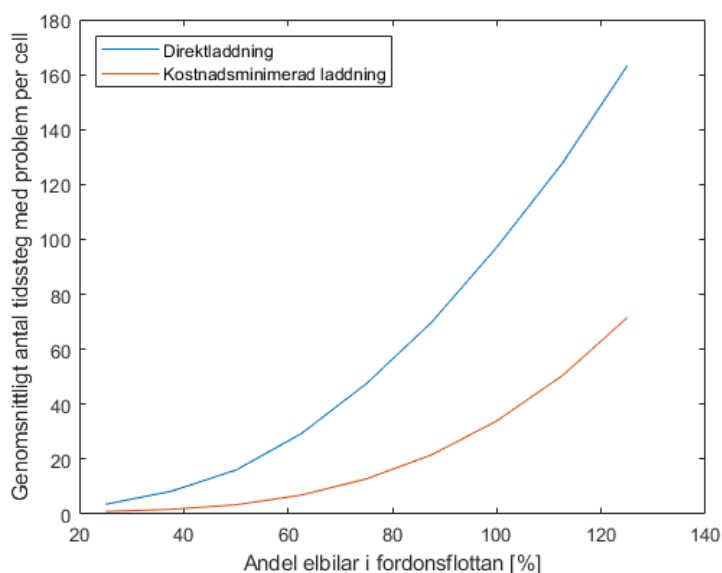
Analysresultat beskrivna i detta avsnitt har visat på möjligheter att använda elbilar för att bidra med flexibilitet i form av att antingen flytta last eller att lagra elproduktion på tidskala större än 1 timme. Men elbilar skulle också kunna bidra med flexibilitet i systemet på mindre tidsskalor, t.ex. till frekvensreglering och för elkvalitetsaspekter även om det inte fokuserats i detta projekt. Elbilar kan också bidra till att minska behovet av en effektreserv, genom att avstå laddning vissa timmar. En risk är att om många elfordon styr mot ett elpris (dvs. att den enskilde fordonsägaren väljer att ladda vid ett lågt elpris och undviker att ladda vid ett högt elpris) så kan nya effekttoppar uppstå som behöver hanteras i det lokala elnätet (se avsnitt 5.2).

5.2 TRANSPORTSEKTORNS PÅVERKAN PÅ LOKALNÄTET

Fler och fler skaffar elbilar, och frågan är om det lokala elnätet är redo för det? För att undersöka denna fråga har projektet analyserat konsekvenserna av en storskalig integration av elbilar på lokal nivå, dvs. i lågspänningsnätet (400V). I Sverige finns idag ca 150 elnätoperatörer i det lokala elnätet, var och en med information om endast det egna lågspänningsnätet. Data om elnätskapaciteter är dessutom ofta sekretessbelagd och svår att få tillgång till. Inom ramen för projektet har därför en fiktiv elnätsmodell tagits fram över Sveriges lågspänningsnät med hjälp av öppna data från bland annat SCB. Detaljer om modellen finns i rapporten från arbetspaket 3 i detta projekt (Taljegård, m.fl., 2024) och artikeln (Lundblad, m.fl., 2024). Kalibrering och validering visar att elnätsmodellen ger en god representation av större geografiska områden (t.ex. kommunnivå). Modellen har

en geografisk upplösning på 1x1 km, så kallad "cell". I varje "cell" har vi analyserat hur elnätet kan hantera elbilsladdning. I varje "cell" har vi statistik på antalet bilar i trafik idag. I modellen har 10-minuters profiler för elbilsladdning givet tre olika laddstrategier adderats till profiler för hushållslast för att se hur stora problem modellen ger i form av överbelastade transformatorer och kablar samt spänningsfall. Vi räknar antal problem i elnätet i tidssteg om tio minuter, vilket ger att det maximala antalet problem som kan uppstå är 52 000 per år.

Resultat från modellering med elnätsmodellen visar att antalet problem i elnätet först ökar i en långsam rakt, men sedan allt snabbare när andelen elbilar i fordonsflottan ökar, se Figur 5.5. Figur 5.5 visar resultat för två laddstrategier, direktladdning (oplanerad) och kostnadsminimerad laddning. Fördelningen av problem mellan celler är dock inte jämn, utan vissa celler har fler tidssteg med problem, medan andra celler inte har problem ens vid höga andelar elbilar.



Figur 5.5: Genomsnittligt tidssteg med problem per cell (1x1 km) och år givet andelen elbilar i nuvarande fordonsflotta (Taljegård, m.fl., 2024).

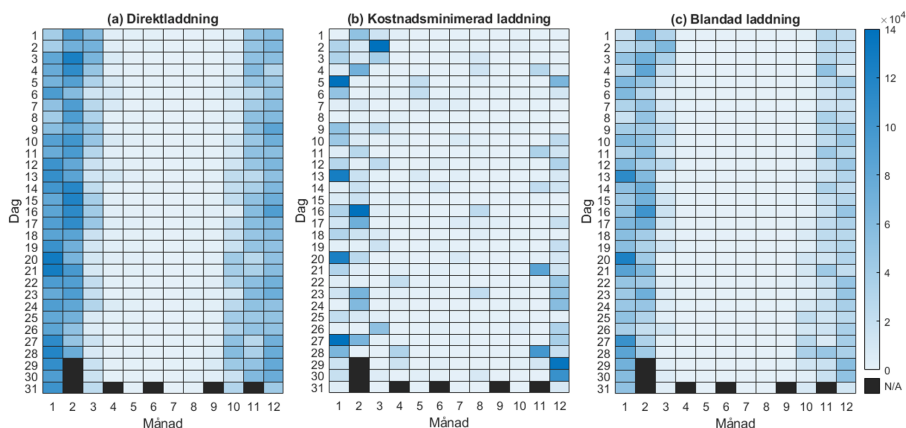
Tabell 5.1 visar hur stor andel av lågspänningsnäten (1x1 km celler) som får problem med överbelastning på transformatorn eller spänningsfall. Från Tabell 5.1 kan man konstatera att problem med transformatorn är vanligast i storstäder samt mindre städer medan problem med spänningsfall främst förekommer på landsbygden. På landsbygden är det få lågspänningsnät (celler) som får problem överhuvudtaget (Tabell 5.1). Anledningen är att 400 V-nätet på landsbygden ofta blir överdimensionerat även om minsta transformatorstorleken väljs. Däremot i storstäder får vi större problem med elbilsladdning, främst överbelastning av transformatorn (Tabell 5.1). Modellen visar att en fullskalig elektrifiering av dagens fordonsflotta med direkt laddning (oplanerad) kan i storstäder leda till problem i 94 % utav lågspänningsnäten (dvs. 1x1 km cellerna) någon gång per år. I 64 % av lågspänningsnäten (1x1 km cellerna) i storstäder blir det problem med elbilsladdning i minst 1 000 tidssteg av 52 000 per år. Behovet av åtgärder för att

klara elbilsladdning i lågspänningsnäten beror också på hur långvariga problemen i nätet är, vilken magnitud och vid vilken årstid de inträffar.

Tabell 5.1: Andel celler i lågspänningsnätet där specificerat antal tillfällen med spänningsfall eller överbelastning transformatorn överskrider, vid 100% elektrifiering av personbilsflottan och direktladdning av elbilar.

	Överbelastning av transformatorn		Spänningsfall	
	>1 problem per år	>1000 problem per år	>1 problem per år	>50 problem per år
Landsbygd	0%	0%	55%	2%
Mindre städer/förorter	89%	33%	33%	13%
Storstäder	94%	64%	20%	9%

Figur 5.5 och Tabell 5.1 visar problem i elnätet givet att alla elbilar laddar oplanerat, dvs. direkt när de kommer hem. Men projektet har även analyserat vilka problem som uppstår i elnätet givet att elbilsägare väljer att ladda när det är lågt elpris. Därför jämförs tre laddscenarier, ett där alla bilar laddar direkt när de kommer hem, ett när alla elbilar styr sin laddning efter elpriset och ett tredje där vi ser en mix av de två föregående strategierna, så att 30 % av fordonsflottan styr efter elpriset medan resten laddar när de kommer till hemmet. Figur 5.6 visar graden av problem, som exempelvis överbelastning och spänningsfall, i elnätet givet olika dagar på året. Varje cell i Figur 5.6 är en dag, och ju mörkare blå färg desto fler problem i elnätet med elbilsladdning. Figur 5.6 visar resultatet för tre olika laddstrategier. En oplanerad laddstrategi ger främst problem under kvällstid på vintern (se Figur 5.6 till vänster). En strategi där elbilsägarna optimerar sin laddning utifrån elpris (med eller utan V2G) ger lite färre problem i nätet och de är fördelade på olika dagar utspridda över hela året (Figur 5.6 mitten). Trots att antalet problem minskar i snitt, ser man att dagarna som har flest antal problem har många problem eftersom bilarnas laddning är mer koordinerad. Dagar då det blir problem med en prisoptimerad laddstrategi i Sverige är främst dagar då det blåser mycket. Om man har en blandning av de två strategierna (Figur 5.6 till höger), ser vi ett mönster som liknar det för direktladdning, men med färre problem över året. Tidigare modellering av liknande system där en lokal tariff införs för att styra om laddning från de timmar då flest problem uppstår har gett stor effekt för att minska antalet problem i elnätet.



Figur 5.6: Antal problem i elnätet per dag, där en cell i värmekartan motsvarar en dag, för tre olika laddstrategier. Direktladdning (till vänster), laddning optimerad på elpris (mitten), en blandning av de två där 70 % har direktladdning och 30% minimerar sin laddkostnad med avseende på elpris (till höger).

Slutsatsen från modellering av det lokala elnätet är att det är viktigt att integrera elbilar med hjälp av en laddstrategi för att undvika problem med överbelastade transformatorer, speciellt i mer tätbefolkade områden. En laddstrategi där elbilsägare både laddar mot ett lågt elpris kombinerat med en lokal effekttariff kan ge stor effekt både på elbilars möjlighet att bidra med flexibilitet till systemet och integrering i det lokala elnätet så att behovet av att förstärka elnätet minskar.

Projektets modellering av elsystemet och elnätet visar sammanfattningsvis att elbilar har potential att:

- Ersätta stationära batterier för att hantera solvariationer och till viss del även vätgaslager om vi antar en batterikapacitet på 60 kWh per elbil.
- Minska behovet av vätgas- och värmelager (speciellt med allt större elbilsbatterier).
- Integrera mer solenergi i elsystemet och elnätet (t.ex. i städer som har problem med överföringskapacitet).
- Bidra till effektreserven genom att avstå laddning när systemet kräver det.
- Minska behovet av ett utbyggt lokalt elnät vid en hög andel elektrifierade persontransporter, om vi antar att elbilsladdningen planeras utifrån när det idag finns tillgänglig kapacitet i elnätet. Projektet har visat att detta är möjligt och ändå tillgodo se elbilsägarnas körbehov.

5.3 POTENTIALEN FÖR OPTIMERAD LADDNING

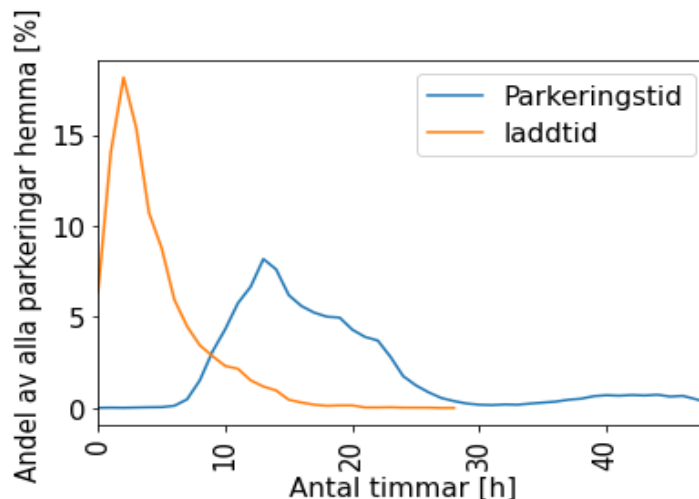
Resultaten från arbetspaket 3 visar att det finns en stor nytta i att optimera elbilars laddning och återmata el från elbilsbatterier till elnätet genom V2G för att balansera både elsystemet och elnätet. Av resultaten framgår att elbilar har möjlighet att balansera en ökad mängd sol- och vindkraft i elnätet genom att både undvika att ladda vissa kritiska timmar och att ladda vissa timmar med hög produktion av vind- och solenergi. Men hur ser potentialen och acceptansen ut hos elbilsägarna för att styra laddningen till vissa timmar? För att realisera denna möjlighet kommer det krävas att elbilsägaren aktivt går med på en styrning av laddningen.

Inom ramen för projektet har det samlats in data under ca ett års tid för ungefär 220 slumpvis utvalda elbilsägare i Sverige. Detaljer om elbilsloggningen och fler resultat kopplat till den finns att fördjupa sig i rapporten från arbetspaket 3 i detta projekt (Taljegård, m.fl., 2024) och artikeln (Kobayashi, m.fl., 2023). Elbilsägarna är fördelade i hela Sverige, mellan stad och landsbygd, i olika åldrar, med olika bilmodeller och batteristorlekar. Data som kontinuerligt har samlats in från elbilarna är bland annat:

- Körsträcka och energiförbrukning
- Laddenergi och effekt
- Tidpunkt för laddningen och laddningens längd
- SOC (laddnivån) på batteriet

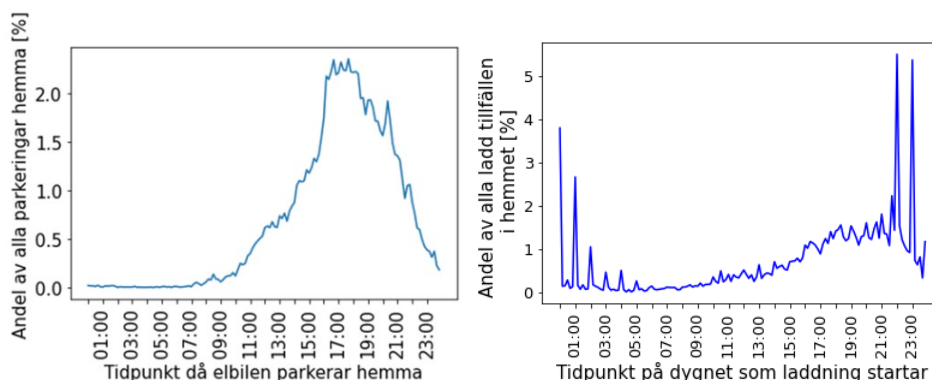
Insamlingen av kör- och ladd-data har också kompletterats med en enkätundersökning utskickad till samma elbilsägare. I undersökningen ställdes 56 frågor relaterade till elbilsägarna själva, deras elbil, tillgång till laddinfrastruktur och frågor om deras elbilsanvändning. Insamlade data och svar på enkäten har analyserats ur perspektivet *"vilken potential finns det för styrning av laddning och återmatning till elnätet?"*. En styrning av laddningen kräver till exempel att man som elbilsägare har tillgång till laddning i hemmet, ett relativt stort batteri i förhållande till sina dagliga körbehov och att elbilen inte behöver ladda under hela tiden den står parkerad för att uppfylla sitt körbehov.

Figur 5.7 visar hur lång tid elbilsägares fordon står parkerade hemma och hur lång tid det tar att ladda. Som figuren visar står de allra flesta parkerade mer än 10 timmar medan laddningstiden endast utgör ca 2 timmar. Det finns därmed ett stort utrymme för att, under tiden som bilen är parkerad hemma, styra laddning till vissa timmar och återmata el till elnätet.



Figur 5.7: Längden på parkeringstiden och laddtiden för de 220 loggade elbilarna (Taljegård, m.fl., 2024).

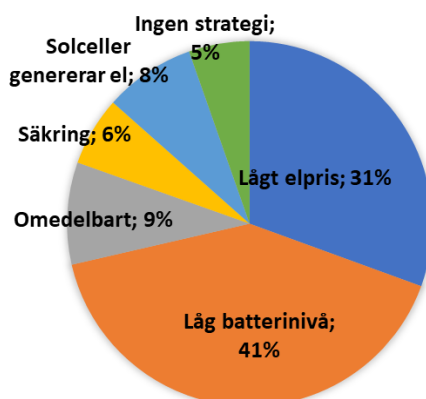
Figur 5.8 visar att de flesta startar sin laddning direkt när de kommer hem, dvs. kvällstid. Det finns dock vissa som startar sin laddning senare under natten genom att de styr laddning mot ett lågt elpris.



Figur 5.8: Tidpunkt då elbilsägarna kommer hem (till vänster) och tidpunkt då hemmaladdningen startar (till höger). (Taljegård, m.fl., 2024)

De 220 elbilsägarna som deltagit i studien har även fått frågan om vilken strategi de har för sin laddning idag, se Figur 5.9. Resultatet visar att 31 % laddar när det är lågt elpris, 41% laddar när det är låg batterinivå medan 9 % laddar omedelbart oavsett nivån på batteriet och/eller elpris. Endast 6 % behöver ta hänsyn till säkringen vid laddning av elbilen hemma, se Figur 5.9.

VILKEN ÄR DIN HUVUDSAKLIGA LADDSTRATEGI VID BOSTADEN?



Figur 5.9: Fördelningen mellan olika laddstrategier hos de 220 elbilsägare som har studerats inom projektet (Taljegård, m.fl., 2024).

Resultaten från modellering av elsystemet och elnätet visar att det finns stora vinster i att flytta laddning till senare under kvällen/natten. Att minska laddeffekten och i stället ladda under längre tid innebär ytterligare fördelar. I enkäten tillfrågades elbilsägarna huruvida de var villiga att ladda med lägre effekt förutsatt att batteriet skulle vara fulladdat vid nästa resa. Majoriteten av elbilsägarna svarade att de var villiga att ladda med lägre effekt. De som inte var villiga att ladda med en lägre effekt än i dagsläget delade laddare med andra eller hade inte tillgång till privat laddare och laddade ofta vid en publik laddplats i anslutning till hemmet. Endast 8 av 220 svarade att de önskar ladda omedelbart vid parkering i hemmet. Endast 2 av 220 elbilsägare har teknisk möjlighet att återmata el till elnätet.

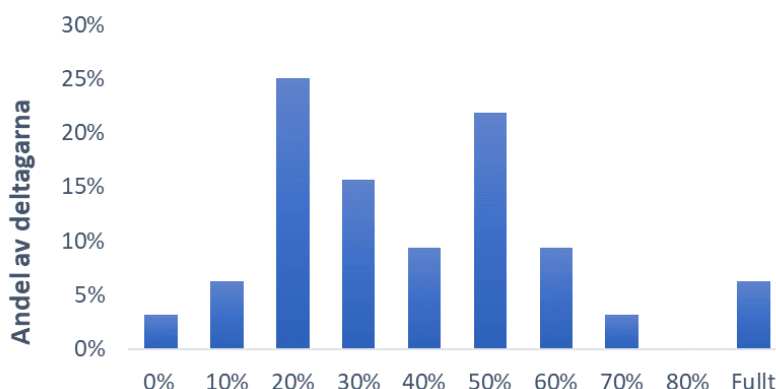
År 2022 har varit ett väldigt speciellt år med ovanligt höga elpriser i Europa. Det har också varit stora skillnader i elpriser över året och mellan timmar inom samma dygn. Det har, bland annat, berott på strypt naturgastillgång i Europa till följd av Rysslands fullskaliga invasion av Ukraina i januari 2022. Vid modelleringen av det framtida elsystemet, med större andel sol- och vindkraft, ses en stor skillnad i elpriser mellan olika timmar. Av de elbilsägare som deltagit i studien har nästan hälften (44%) svarat att de höga elpriserna har påverkat var och/eller när de laddar sin elbil. Svaren indikerar att det finns en stor potential att styra laddningen via elpriset. Det är ungefär 25 % av elbilsägarna i studien som har timprisavtal på el, medan ungefär 11 % av Sverige elunder hade det våren 2023 (Energimyndigheten, 2023). Det är också ca 24 % av elbilsägarna som har möjlighet att styra sin laddning och utnyttjar det ofta, se Figur 5.10. Figur 5.10 visar andelen som har möjlighet att styra sin laddning i hemmet med en laddbox. Av de som styr laddningen gör de allra flesta det med sin app eller via laddboxen, endast 10 % styr manuellt. Nära hälften, 47 %, saknar dock möjligheten att styra sin laddning med sin laddbox.

FINNS DET MÖJLIGHETER ATT STYRA LADDNINGEN I HEMMET MED EN LADDBOX?



Figur 5.10: Andel elbilsägare med möjlighet att styra sin laddning i hemmet med en laddbox (Taljegård, m.fl., 2024).

Frågan om acceptansen hos elbilsägarna om återmatning till elnätet (V2G) har också ställts, även om nästan ingen idag har tekniska möjligheter till det. En fråga är vilken lägsta batterinivå som elbilsägarna kan tänka sig vid återmatning till elnätet, under förutsättning att elbilsbatteriet kommer vara fulladdat vid nästa resa och att de får en mindre ekonomisk kompensation per kWh. Om batteriet ska vara fulladdat förutsätter det att elbilsägaren uppgett för den som optimerar effektuttaget i elnätet när nästa resa kommer ske. Figur 5.11 visar den lägsta batterinivån som elbilsägarna kan tänka sig om de nyttjar V2G. Omkring 80 % av deltagarna kan tänka sig låna ut 50 % av batteriet eller mer.



Figur 5.11: Lägsta batterinivå som elbilsägarna kan tänka sig vid återmatning till elnätet givet att batteriet är fulladdat vid nästa resa och att de får en mindre ekonomisk kompensation (Taljegård, m.fl., 2024).

En slutsats är att ganska många elbilsägare har möjligheten att styra elbilsladdningen utifrån elpris, och redan idag utnyttjar denna möjlighet. Det är dock fortfarande en stor andel, nästan hälften, som av olika skäl ej har möjlighet att styra laddningen. Förutsättningarna i form av egen laddbox och mycket tid parkerad utan att ladda ger också stora möjligheter till styrning av laddningen. Många deltagare har också en hög batterinivå när de kommer hem och parkerar (dvs. ett stort batteri i förhållande till den dagliga körsträckan), vilket ger möjligheter till återmatning av el till elnätet. Acceptansnivån hos elbilsdeltagarna i studien visar också att det finns en potential för styrning av laddning och V2G.

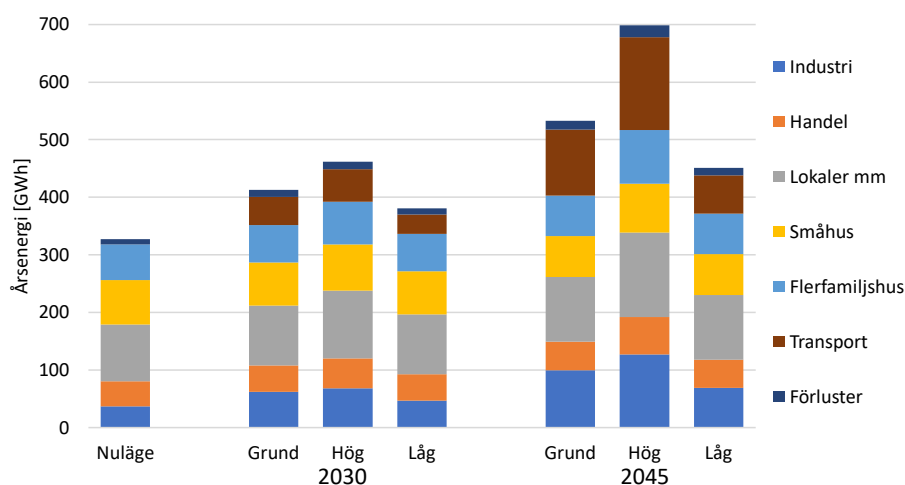
5.4 FALLSTUDIE SKÖVDE

Fallstudien kompletterar ovanstående arbete genom att fokusera på hur det sammanlagda effektbehovet i lokalnätet för Skövde utvecklas över tid. Analyserna baseras på timvis mätdata för samtliga nära 22 000 anslutna anläggningar i Skövde Energi elnäts nätområde. Utifrån denna data har 3 scenarier, specifika för Skövde, tagits fram (ett grund-, ett hög- och ett lågsenario) gällande utvecklingen av elanvändningen hos dagens kundgrupper och den tillkommande elanvändningen från elfordon. Utvecklingen beror på faktorer så som befolkningsutveckling, elektrifieringsgrad och elektrifieringstakt i fordonsparken och energieffektivisering med mera. Givet scenarierna för existerande kundgruppers förbrukningsprofiler och antaganden kring framtida laddningsprofiler för elfordonen genomfördes en analys av hur elfordonsladdningen påverkar det totala elbehovet och det totala effektbehovet inom nätområdet. Fokus har varit på att analysera hur toppeffekten påverkas av olika beteende vid laddning av elfordonen. I Tabell 5.2 visas antalet abonnenter samt årsenergibehov för respektive kundgrupp, exklusive förluster.

Tabell 5.2: Antal abonnenter och årligt elbehov för respektive kundgrupp (Blomqvist, m.fl., 2023).

Kundgrupper	Antal [st]	Energi [GWh]
Industri	120	36,5
Handel	410	43,5
Lokaler mm	1 600	98,7
Småhus	6 600	77,6
Flerfamiljshus	13 200	61,3

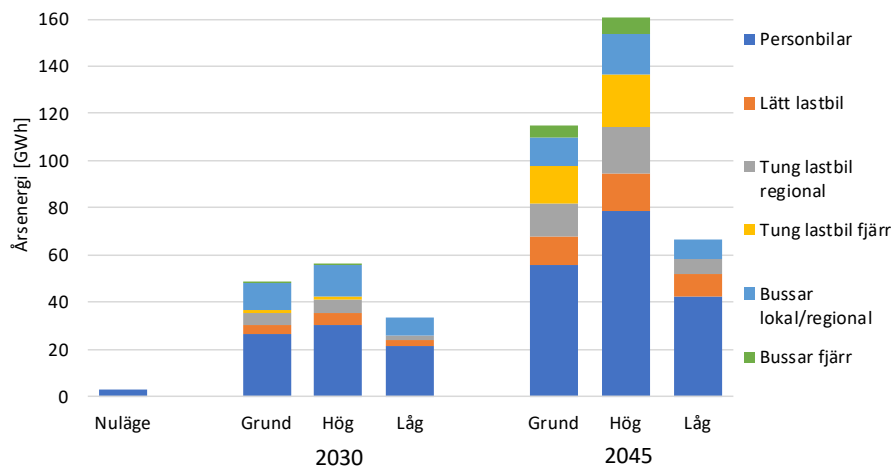
När det gäller årligt elbehov är det ganska stora skillnader mellan scenarierna som visas i Figur 5.12.²² Jämfört med startläget 2021, 327 GWh inklusive förluster, ökar elbehovet enligt scenarierna med mellan 16 % (54 GWh) och 41 % (135 GWh) till 2030 och med 38 % (124 GWh) till 113 % (371 GWh) till 2045. Det är alltså ganska stora skillnader mellan scenarierna, men i samtliga fall visar de på en betydande ökning av elbehovet över tid. Elfordonens/transporters andel av totalt elbehov skiljer sig främst mellan lågsceariot och de övriga som har ungefär samma andel. I lågsceariot utgör elfordon ca 9 % av totalt elbehov medan de utgör dryga 12 % i grund- och högsceariot år 2030. År 2045 har andelen stigit till dryga 15 % i lågsceariot och runt 23 % i grund- och högsceariot.



Figur 5.12: Årsenergi per kundgrupp och scenario år 2030 och 2045 (Blomqvist, m.fl., 2023).

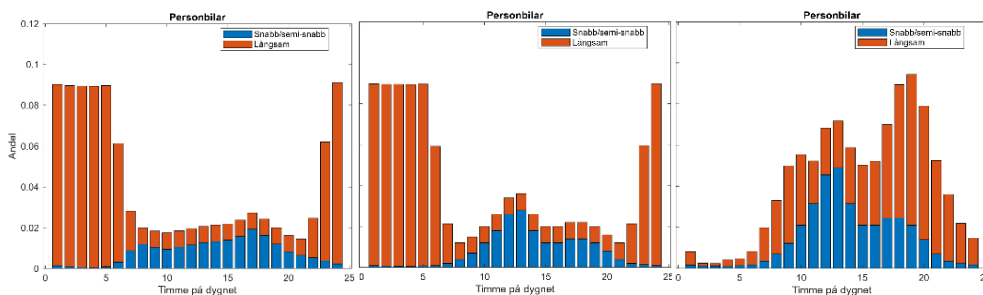
Figur 5.13 visar hur elfordonens elbehov delas upp mellan de olika segment som undersökts. De två segment som dominerar till 2030 är elbilarna och den lokala/regionala busstrafiken. Tillsammans utgör de mellan 77 – 89 % av elbehovet från elfordonen beroende på scenario. Till 2045 ökar andelen för de resterande segmenten betydligt, då dessa segment förväntas elektrifieras långsammare. Detta medför att lastbilar, både lätta och tunga, i större utsträckning bidrar till ett ökat elbehov i grund- och högscearierna för 2045. Dessa utgör 36 % av energibehovet för elfordon i båda scenarierna. Personbilar utgör dock fortsatt det överlägset största segmentet 2045 med mellan 48 – 64 % av det totala elbehovet för elfordonen beroende på scenario.

²² Befintlig laddning av elfordon sker i stor utsträckning inom ramen för de andra kundgrupperna. All tillkommande fordonsladdning är dock i egen grupp för att tydliggöra elfordonens andel.



Figur 5.13. Årsenergi per segment för elfordon-och scenario i nuläget, år 2030 och 2045. Nuläget (2021) bygger på en beräkning och inte faktiskt uppmätt data.²³

Tre olika laddprofiler²⁴ har testats för fordonsflottan som ska ladda inom Skövdes nätområde, där ett exempel på skillnader visas i Figur 5.14. Längst till höger visas profilen med så kallad oplanerad laddning som utgår från att man laddar när man kommer till lämplig laddplats. I mitten visas en laddningsprofil där man försöker skjuta en hel del av laddningen till nattetid, vilket är fallet längst till vänster men där man också försöker minska laddning under förmiddagen ytterligare. Liknade profiler har tagits fram för alla i analysen inkluderade fordonsslag, men anpassat efter respektive fordonsslags förutsättningar.



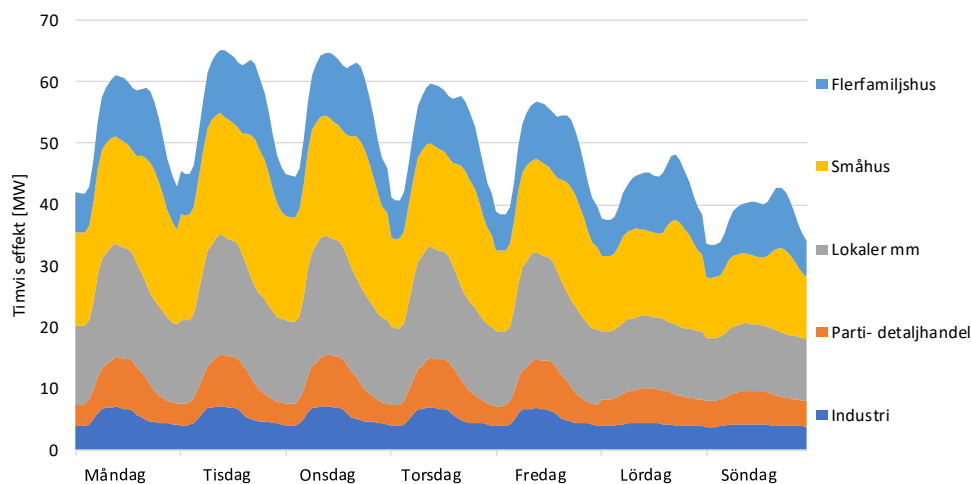
Figur 5.14: Exempel på laddprofiler som tillämpats för personbilar. Från vänster till höger, justerad planerad laddning, planerad laddning och oplanerad laddning.

Då effektbehovet är som högst när det är kallt visas elbehovet en kall vintervecka i Figur 5.15, då toppeffekten är ca 67 MW för 2021. Som ses av figuren är effektbehovet högst under vardagar på förmiddagen kl. 8-12. Orsaken till detta är att kundgrupperna industri, handel och lokaler utgör en stor andel av totalt elbehov, och att dessa grupper har sitt högsta elbehov under förmiddagar på vardagar. Det framgår därmed att skillnaden i effektbehov mellan dag och natt är dryga 20 MW, vilket ger utrymme för flexibilitet.²⁵

²³ Posten elfordon är inkluderad under de olika kundgrupperna i nulägesstapeln i Figur 5.12 medan den visas separat år 2030 och 2045.

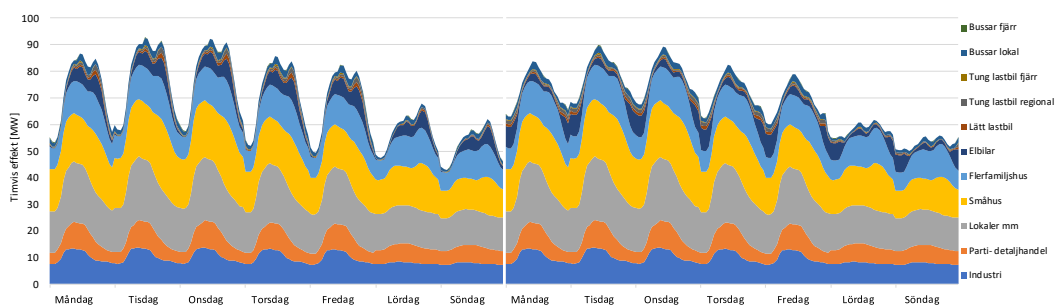
²⁴ Profilen för oplanerad laddning är samma som i tidigare avsnitt medan planerad laddning och justerad planerad laddning är framtagna för att minska sammanlagda effekttoppar för lokalnätet.

²⁵ Notera att förluster exkluderats i diagrammen, men inkluderas i siffrorna för totalt effektbehov.



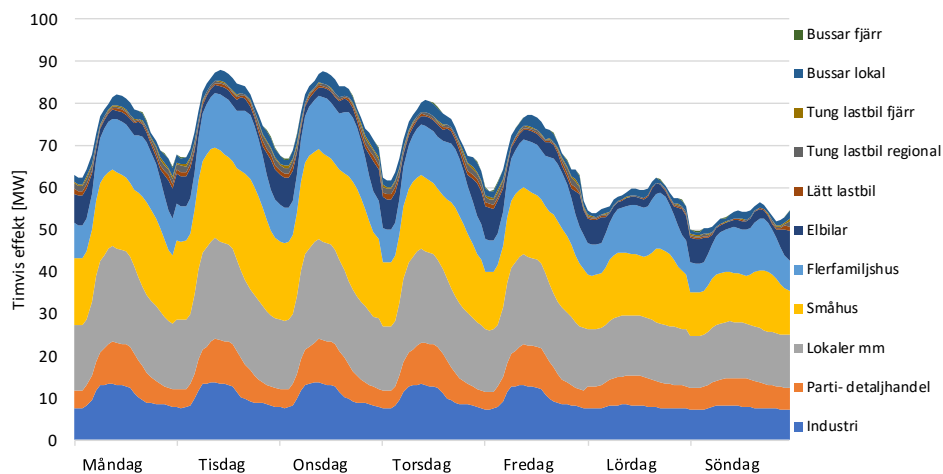
Figur 5.15: Elbehovet en kall vintervecka år 2021.

Till vänster i Figur 5.16 visas hur oplanerad laddning påverkar elbehovet för samma vintervecka år 2030 i högscenariot, medan diagrammet till höger visar utfallet vid planerad laddning. Vid oplanerad laddning ökar toppeffekten med ca 42 % (till ca 95 MW) samtidigt som det uppstår två effekttoppar, en på förmiddagen som tidigare och en eftermiddagstopp då en stor andel av laddningen sker under eftermiddag/kväll. Vid oplanerad laddning ökar också skillnaden mellan dag och natt något till drygt 34 MW. Vid planerad laddning minskar toppeffekten så att ökningen är 38 % (till ca 92 MW) där skillnaden mellan dag och natt är ca 25 MW. Det kvarstår dock en effekttopp under förmiddagen, vilken är tydligare och spetsigare än utan elfordon.



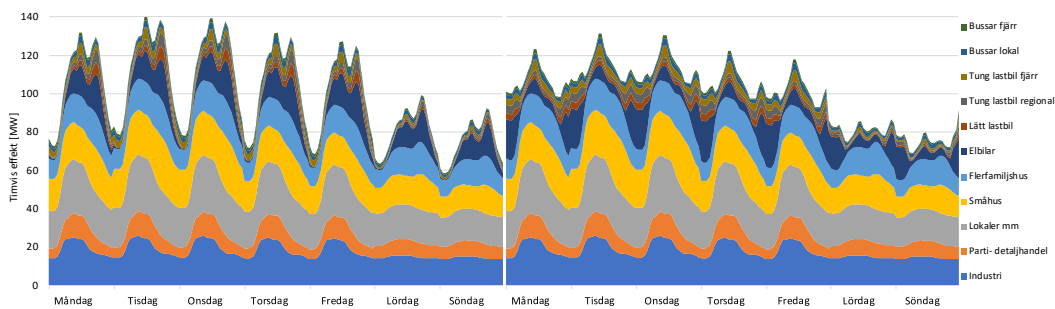
Figur 5.16: Elbehov i högscenariot en vintervecka år 2030 vid oplanerad laddning (till vänster) och planerad laddning (till höger).

I fallet med justerad planerad laddning där laddning under förmiddagen minskas så sjunker toppeffekten ytterligare så att ökningen mot 2021 är ca 35 % (91 MW), se Figur 5.17. Effekttoppen inträffar fortfarande under förmiddagen då det förekommer laddning om ca 6 MW, vilket innebär att en aggressivare neddragning av laddeffekten på förmiddagen skulle kunna bidra ytterligare.



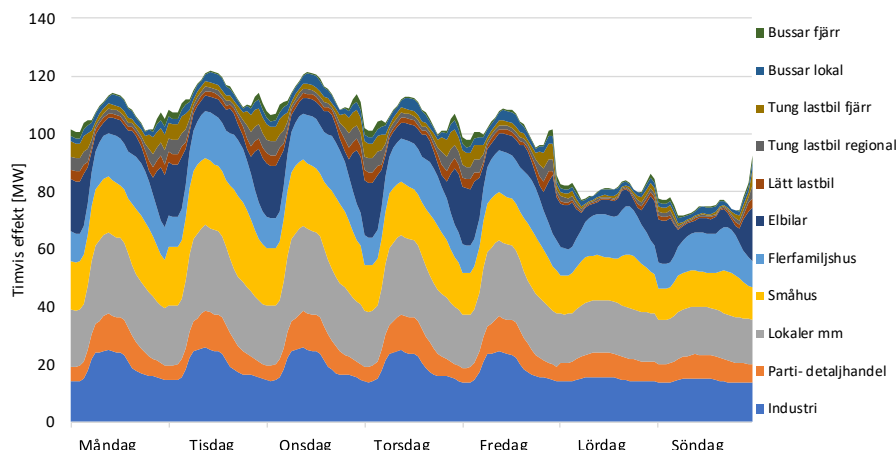
Figur 5.17: Elbehov i högscenari en vintervecka år 2030 vid justerad planerad laddning.

På längre sikt, år 2045, har elfordonens andel av totalt elbehov ökat väsentligt, så som tidigare visades i Figur 5.12. I Figur 5.18 visas hur detta elbehov påverkar effektbehovet en kall vintervecka vid oplanerad laddning (till vänster) och vid planerad laddning (till höger). Vid oplanerad laddning blir effektbehovet väldigt högt och skillnaden mellan dag och natt blir betydligt högre än tidigare. En laddningsstrategi som utjämnar effektbehovet reducerar effekttoppen med drygt 6% (ca 9 MW), men på förmiddagen kvarstår effekttoppen i stor utsträckning.



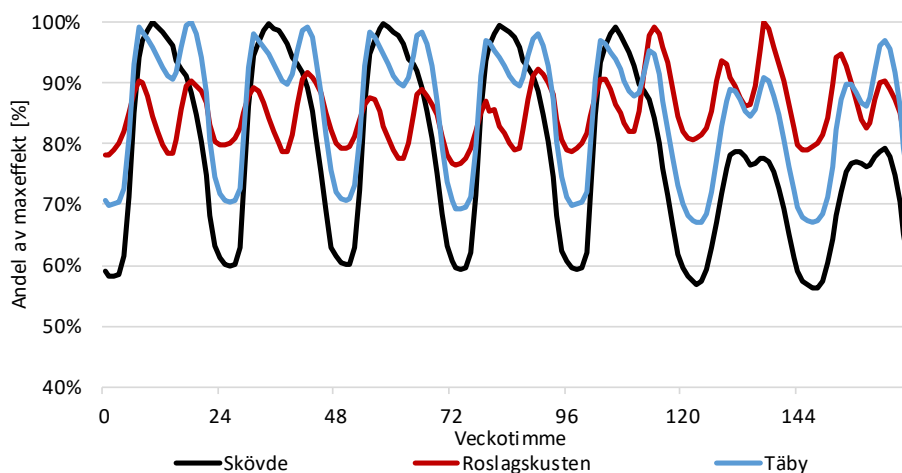
Figur 5.18: Elbehov i högscenari en vintervecka år 2045 vid oplanerad laddning (till vänster) och planerad laddning (till höger).

Vid justerad planerad laddning som visas i Figur 5.19 reduceras effektbehovet med nära 13 % (ca 19 MW), tack vare att man minskar laddning under förmiddagen.



Figur 5.19: Elbehovet i högscenari en vintervecka år 2045 vid justerad planerad laddning.

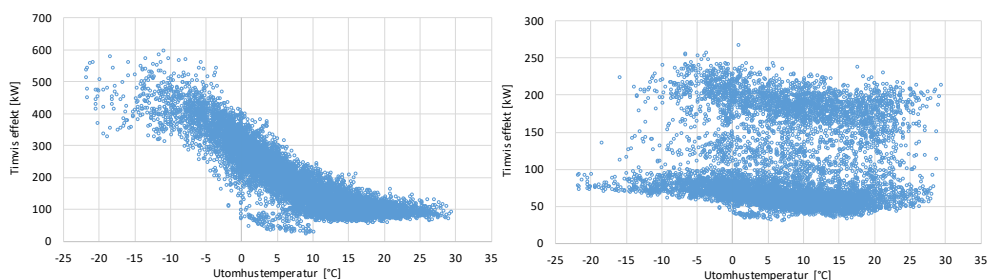
Resultaten från Skövde har stor relevans även för andra lokalnät i Sverige, även om resultaten kan inte direkt tillämpas på andra nät. Sammanlagrad förbrukningsprofil för nätområden kan nämligen skilja sig relativt mycket åt mellan olika lokalnät, beroende på vilket kundunderlag man har. Exempel på detta visas i Figur 5.20 där elbehovet över veckan för Skövdes nätområde jämförs med Täbys och Roslagskustens nätområden. Som ses av figuren har Skövde en effekttopp under förmiddagen på vardagar, eftersom man har en stor andel industri, handel och lokaler i sin totala förbrukning och dessutom en relativt stor andel fjärrvärme. Täby har i stället två effekttoppar, på morgonen och på kvällen, där förbrukningen under helgen endast är något mindre än vardagar då man har en större andel boende i sin totala förbrukning. Roslagskusten har också två effekttoppar, på morgonen och på eftermiddagen, där förbrukning under nattetid inte är särskilt mycket lägre än förmiddagen samtidigt som effektbehovet är högre på helg än vardag. Förklaringen ligger sannolikt i att man har en stor andel boende i sitt nätområde och att uppvärmning främst sker med el.



Figur 5.20: Elbehov per veckotimme år 2019 för Skövde, Roslagskusten och Täby.

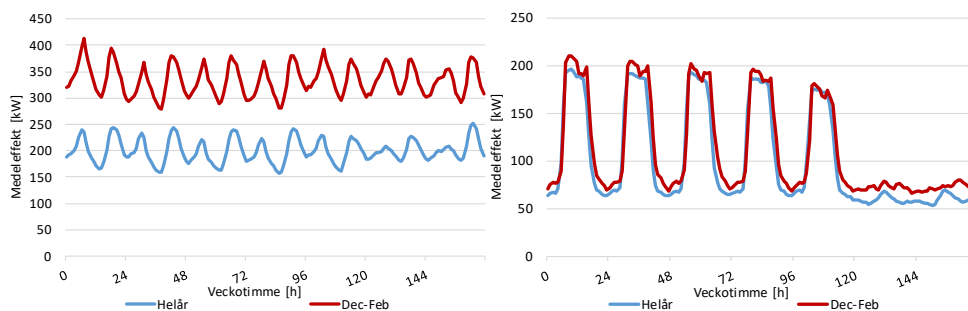
En annan aspekt som lokalnätsägare behöver beakta är att det kan förekomma ganska stora skillnader inom lokalnätet. I Figur 5.21 visas timvis elbehov i

förhållande till utomhustemperatur för två olika nätstationer, nätstation A som främst förser villor med elvärme och nätstation B som har industri och handel. Det blir tydligt att i nätstation A är elbehovet beroende av utomhustemperaturen medan kopplingen mellan elbehov och utomhustemperatur är nästan obefintligt för nätstation B. Detta stärker också resultaten från modellering med REGAL, dvs. att det kan förväntas bli stora lokala skillnader avseende antal problem i lokalnätet.



Figur 5.21: Timvis elbehov som funktion av utomhustemperatur för nätstation A (till vänster) och nätstation B (till höger) år 2021.

I Figur 5.22 visas samma stationer fast elbehov per veckotimme för helår och vintermånaderna (december-februari). Figuren visar tydligt hur stora skillnader det är i elbehov även vid olika tidpunkter under veckan. Nätstation A har typisk hushållsanvändning med en effekttopp på morgonen och en på eftermiddagen, medan nätstation B har en typisk verksamhetsprofil med högt effektbehov under arbetstid på vardagar. Dessa exempel påvisar att det kan föreligga stora skillnader inom lokalnätet som påverkar förutsättningar för elfordonsladdning.²⁶

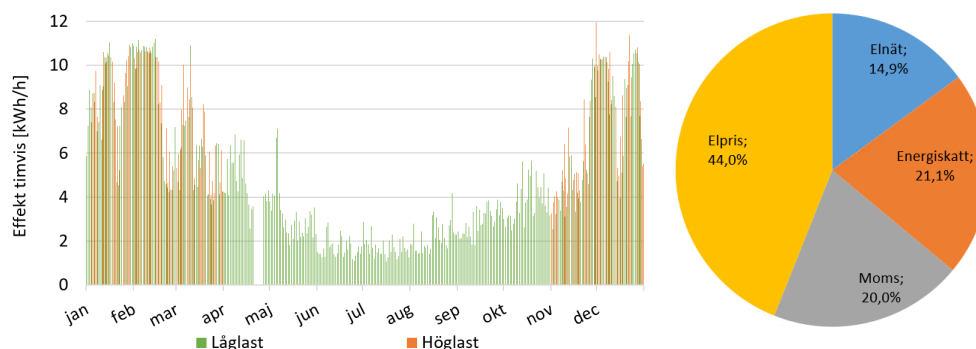


Figur 5.22: Elbehov per veckotimme för nätstation A (till vänster) och nätstation B (till höger) år 2021.

I fallstudien illustreras också hur slutkundens incitament att planera sin laddning ser ut genom att tillämpa aktuellt elpris år 2021, nättariff och skatter på ett specifikt fall. Exemplet visar en villakund med elvärme där timvis elanvändning (till vänster) och fördelning av kostnader (till höger) framgår i Figur 5.23.²⁷ Totalt elbehov är ca 27 600 kWh och elkostnaden är 51 200 kr, där elnätets andel endast utgör 14,9 %.

²⁶ Ei har föreslagit att införa undantag i ellagen som möjliggör lokaliseringssignaler där det behövs för att främja ett effektivt nätutnyttjande (Energimarknadsinspektionen, 2020)

²⁷ Hög- och låglasttid gäller elnätets tariff, där höglasttid är november-mars under vardagar kl. 06-22.



Figur 5.23: Timvis elbehov för en exempelkund (till vänster) och fördelning av kostnader (till höger) år 2021.

Exempelkunden antas ladda sitt fordon med 3,7 kW för två olika fall (laddenergi ca 5 400 kWh per år). I det första fallet direkt vid hemkomst klockan 17–20 varje dag och i det andra fallet klockan 01–04 varje natt, dvs. en ganska enkel form av smart laddning. Trots enkelheten i att endast flytta laddningen till natten finns det en hel del pengar att spara, ca 43 % vid natlladdning, som visas i Tabell 5.3. Som ses av tabellen sker den största relativa besparingen på elnätstariffen, men i absoluta termer sker största besparingen på elpriset då det utgör den största kostnaden.

Tabell 5.3: Kostnader för fordonsladdning per år för fallen oplanerad laddning och natlladdning.

Kostnadspost	kl. 17-20	kl. 01-04	Diff.
Elnätstariff [kr]	1 373	281	1 092
Elpris [kr]	4 423	2 102	2 321
Energiskatt [kr]	2 118	2 118	0
Moms [kr]	1 979	1 125	854
Totalt [kr]	9 893	5 626	4 267

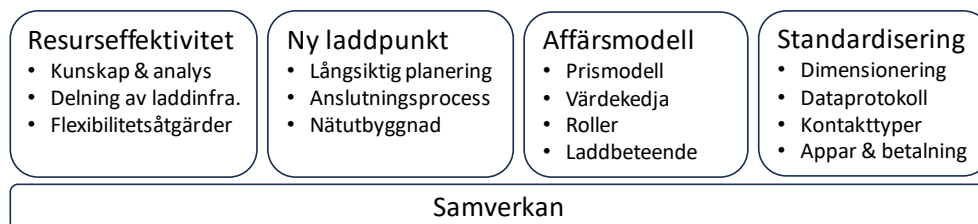
Fallstudien påvisar att rätt laddstrategier kan ge ett väsentligt bidrag till att reducera effektbehovet vid höglastsituationer, under förutsättning att elfordon utgör en betydande andel av elbehovet. Samtidigt kan elfordon öka maximalt effektuttag rejält om laddningen sker då effektbehovet redan är högt, vilket i Skövdes fall främst är på förmiddagen. Med en prissättning i Skövde, elpris och effekttariff, som den ser ut idag får kunder redan ett tydligt ekonomiskt incitament att ladda under tider med låg last.

6 Åtgärder för en resurseffektiv elektrifiering av fordonsflottan

Detta kapitel omfattar ett antal åtgärdsförslag för att åstadkomma en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. Förslagen baseras på resultat från de workshoppar som har genomförts inom ramen för projektet, analysresultat från arbetspaketen och extern litteratur.

Att åstadkomma en storskalig elektrifiering av fordonsflottan är som nämnts en stor och komplex utmaning. I detta projekt har fokus legat på samspelet och interaktionen mellan elsystemet, elnätet och laddinfrastrukturen, en konstellation som inbegriper många aktörer och olika typer av systemgränser, vilket gör utmaningen än mer komplex. Ambitionen med detta avsnitt är att översiktligt föreslå och beskriva vilka åtgärder som kan vidtas för att elektrifieringen av fordonsflottan ska ske så resurseffektivt och snabbt som möjligt.

Vi har delat in föreslagna åtgärder i fem områden, vilka ses i Figur 6.1, i syfte att göra det hela mer överskådligt. Notera att det finns kopplingar mellan flera av åtgärderna, vilket innebär att de kan påverka varandra.



Figur 6.1: Områden som projektets föreslagna åtgärder delats in i.

Vi har även valt att dela upp föreslagna åtgärder i två typer, dels sådana som utgör konkreta förslag på hantering, dels sådana som innebär att vidare analys, utredning eller utveckling krävs. Främsta fokus ligger på de senare, alltså förslag på åtgärder som innebär vidare analys, utredning eller utveckling. Anledningen till detta är att det finns aktörer, exempelvis Energiföretagen Sverige, Energimyndigheten och Energimarknadsinspektionen (Ei), som tagit fram flera konkreta förslag på hantering i exempelvis anslutningsprocessen och nybyggnation av elnät.

Vad gäller prioritering av åtgärder har bedömningar gjorts inom ramen för projektet, men då det finns flera typer av åtgärder och aktörer är bedömningen att många åtgärder kan genomföras parallellt. Detta är också något som efterfrågas bland medverkande aktörer för att utvecklingen ska gå snabbare.

6.1 RESURSEFFektivITET

För att nå våra uppsatta klimat- och miljömål är det av stor vikt att vi snabbt och resurseffektivt kan åstadkomma en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. En fördel är att resurseffektivitet och snabbhet i stor utsträckning hänger ihop, dels för

att tid är pengar, dels för att ett effektivare nyttjande av befintliga resurser gör att en omställning kan ske snabbare.

6.1.1 Kunskap och analys

En viktig aspekt som kommer upp inom flera olika områden är behovet av ökad kunskap och analysförmåga. Även om kunskap kommer in som en aspekt i flera av de efterföljande avsnitten får det här inledningsvis ett eget avsnitt.

En stor mängd analyser, utredningar och forskning har nyligen genomförts eller pågår, vilket är bra. Flertalet deltagare i de workshoppar som har genomförts inom ramen för projektet har dock påpekat att det behövs någon form av konsolidering, dvs. någon aktör som kan syntetisera och skapa helhetsbilder av vad som har gjorts och vad som behöver åstadkommas. Detta projekt är ett försök att bidra till en sådan konsolidering. Det behövs dock ett långsiktigt ansvar av någon aktör att samordna så att detta sker fortlöpande. En återkommande aspekt är också att kunskapsnivån behöver höjas hos många aktörer, samt att graden av dialog och samverkan behöver öka. Ett förslag som baserats på de inspel som inkommit under projektets gång är att utveckla en portal/plattform där aktörer kan få en så god helhetsbild som möjligt och som innehåller konkret information och tips på hur olika aktörer kan gå till väga i sitt arbete inom området. Energimyndigheten som nedan redan har ett visst ansvar på området, bedöms vara en lämplig aktör för att utveckla och förvalta denna plattform i samverkan med andra aktörer. Notera att samverkan är viktigt, varför en avgörande framgångsfaktor är att definiera samverkande parter roller och bidrag kopplat till denna plattform.

Även Energimyndigheten och Trafikverket har, i ett gemensamt regeringsuppdrag, kommit fram till att det är viktigt med ett samlat ansvar för information, kunskap, statistik, uppföljning och investeringsstöd för att öka tydligheten samt förbättra och förenkla processer (Energimyndigheten, m.fl., 2023a).²⁸ Energimyndigheten anses lämplig myndighet för detta ansvar, vilka redan har ett regeringsuppdrag som innebär att de ska samordna stöd till laddinfrastruktur och informera om laddplatsers placering. De har även ansvaret för myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering (Energimyndigheten, 2023b).

Ett genomgående råd från projektet är också att lära av de aktörer i Sverige som har kommit långt i sitt arbete, samt från länder som Norge och Nederländerna, vilka har kommit längre än Sverige på många sätt. Nederländerna hade exempelvis drygt 150 000 laddpunkter och 529 000 elfordon, medan Sverige hade ca 35 000 laddpunkter och 500 000 elfordon vid utgången av 2022.²⁹ Viktiga anledningar till att Norge har kommit långt i utvecklingen är att de vidtagit flera åtgärder för att göra det attraktivt att använda elfordon, som att ge incitament till elfordonsägare i form av skattebefrielse, befrielse från vägtullar och gratis laddning på allmänna laddningsstationer, utöver att Norge har satsat på att bygga ut laddinfrastrukturen. Notera att en hel del av aktörerna som arbetar med elfordon är internationella, vilket bidrar till en naturlig spridning av kunskap och lösningar. Det finns dock organisationer som har en mer lokalt begränsad

²⁸ Redan 2013 föreslogs en nationell samordnare för laddinfrastruktur (Regeringskansliet, 2013)

²⁹ Country comparison | European Alternative Fuels Observatory (europa.eu), 2023-12-04.

verksamhet, exempelvis myndigheter, kommuner och elnätsbolag där dialog och samverkan för att lära sig av varandra torde ha större betydelse, där en nationell plattform utgör en pusselbit (se även avsnitt 6.5).

Inom ramen för detta projekt har det framför allt fokuserats på elnätsbolagens kunskapsbehov. För att få en uppfattning om vilka kunskaper elnätsbolagen behöver har analysen utgått dels från vad de gör för åtgärder idag, dels vad de behöver göra framgent. Fram till idag har mycket handlat om att genomföra nätförstärkningar, men många elnätsbolag planerar också för åtgärder som exempelvis förbrukningsflexibilitet, villkorade avtal, nya tariffer och energilager, se Figur 2.3. Dessa nya typer av åtgärder kräver nya kunskaper som inte alltid finns internt inom elnätsbolagen idag, vilket har lyfts som en stor utmaning. Det behövs fler människor i elnätsbolagen med delvis nya kompetenser, där en nationell plattform och ökad samverkan kan bidra till att höja kunskapsnivån.

För att kunna vidta rätt åtgärder, på rätt plats och vid rätt tidpunkt är det viktigt att förstå hur behoven kommer att förändras över tid. Flera aktörer, som elnätsbolag och laddoperatörer, behöver förstå hur laddmönster kommer att se ut, något som styrs av körmönster, vilotider, batteristorlekar, elpriser etc. Exempel på hur olika laddstrategier påverkar har illustrerats i kapitel 5. Det behövs också mer kunskap om vilka kombinerade lösningar som kommer, exempelvis laddplatser med solceller och batterilager, samt hur dessa kommer att påverka elnätet. Utöver elektrifieringen av fordonsflottan förväntas industrin efterfråga allt mer el de kommande decennierna, något som också måste hanteras av elnätsbolagen. Kunskapen om samhällets samlade behov av el och effekt behöver därför höjas och följas upp lokalt, regionalt och nationellt av myndigheter och marknadens aktörer.

6.1.2 Delning av laddinfrastruktur

Höga investeringskostnader tillsammans med låg nyttjandegrad är de främsta anledningarna till att nya laddplatser är kostsamma och har svårt att nå lönsamhet (Williamsson, m.fl., 2023). Att öka användandet av befintlig laddinfrastruktur, alltså att göra den publik i så hög grad som möjligt, innebär möjligheter till reducerade investeringskostnader och därmed ökade möjligheter att skapa lönsamma laddplatser. Delning av infrastruktur kan exempelvis handla om att nyttja befintliga elnät, laddplatser eller fysiska platser på ett bättre sätt. Tyvärr är det inte alltid enkelt att åstadkomma delning av infrastruktur då det kan finnas praktiska problem som behöver lösas, något som varierar från fall till fall. Exempel på hinder kan vara okunskap, hantering av skalskydd, arbetsmiljöfrågor, regelverk eller att man vill ha full tillgång till egna laddplatser. För exemplet skalskydd kan det vara så att en organisation har tillgång till laddplatser i ett garage, men att krav på skalskydd för garaget gör det svårt att göra dessa laddplatser publikt tillgängliga. Det behövs därför göras kartläggningar för olika typer av områden om möjligheten till att dela infrastruktur och att åstadkomma publik eller semi-publik laddning.

Det finns dock fall där aktörer, som inte varit typiska laddoperatörer, erbjuder publik eller semi-publik laddning. Exempelvis finns vissa publika laddare vid buss- och lastbilsdepåer i både Sverige och Norge (Bussmagasinet, 2023; Falkenklev logisitk, 2023). Som beskrivet ovan är det värdefullt att lära från denna

typ av goda exempel och sprida information om vad som är viktigt att beakta och hur lösningar kan se ut i verkligheten. Det är vanligt att aktörer börjar med att erbjuda laddning endast för verksamhetens egna fordon, då det är enkelt och förknippas med en låg kostnad. De finns exempel på de som senare väljer att öppna upp laddplatserna till publik eller semi-publik laddning, något som ställer krav på högre funktionalitet på laddplatserna. Det torde här finnas plats för laddoperatörer som kan erbjuda tjänster för att hjälpa till med att öppna upp befintliga privata laddplatser för semi-publik laddning. För att semi-publik laddning ska bli lyckosamt blir det viktigt med exempelvis bokningssystem som ger information om platsstillgång, tider och kapacitet.

För att uppmuntra till att göra flera laddplatser publika eller semi-publika finns ett behov av att se över stödsystemen och förtydliga vad som gäller eftersom det upplevs som otydligt, dvs. vem som får stöd för vad (dvs. privat, semi-publik och publik laddning). För lättare fordon finns stöd att få för icke publik laddning via Klimatklivet (Naturvårdsverket, 2023) och Ladda bilen (Naturvårdsverket, 2023), men det är inte tillåtet att ge statsstöd till semi-publika laddplatser för tunga fordon enligt EU. Då EU saknar en definition av semi-publik laddning behöver det antingen förändras eller så får Sverige ansöka om notifiering om undantag ifall man vill ge investeringsstöd (Energimyndigheten, 2023).

I rapporten *Handlingsprogram för Laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas* definieras semi-publik laddning som: "Laddningspunkter som enbart är tillgänglig för en avgränsad målgrupp men som inte är tillgänglig för allmänheten. Det som skiljer den semi-publika laddningen från den icke publika laddningspunkten är att den är tillgänglig för personer eller organisationer utanför den egna organisationen." (Energimyndigheten, m.fl., 2023a). Denna definition av semi-publik laddning skulle kunna ses över, likaså möjligheterna att ge investeringsstöd. Det är dock svårt att skapa en entydig definition för semi-publik laddning, då det finns många olika möjliga grader mellan privat och helt publik laddning. En kortfattad definition av semi-publik laddning skulle kunna innehålla skrivningar om att laddning ska i någon utsträckning vara tillgänglig för personer utanför egen organisation, och åtminstone under vissa tider. Att nyansera hur publik denna typ av laddning är skulle kunna sätta semi-publik laddning i ett nytt ljus och öppna för ett möjligheten för investeringsstöd, som beror av hur publikt tillgänglig den är. Generellt kan det finnas behov av att se över regelverk som skapar hinder för att dela laddinfrastruktur. Det faktum att bostadsrättsföreningar blir momsskyldiga ifall de vill erbjuda publik laddning har nämnts som ett exempel på regelverk som kan utgöra hinder för delning av laddinfrastruktur.

Data- och informationsdelning kan bidra till att utveckla system för delning av laddinfrastruktur på ett effektivt sätt, främst genom bättre styrning av laddning för att åstadkomma ökad flexibilitet. Mer om data- och informationsdelning beskrivs i avsnitt 6.5. Föreslagna åtgärder att vidta för att främja fler laddpunkter där man nyttjar befintlig infrastruktur framgår av Tabell 6.1.

Tabell 6.1: Åtgärdsförslag gällande delning av laddinfrastruktur i fallande prioritet.

Beskrivning	Ansvarig
Se över regelverk så att det inte hindrar satsningar på ny laddinfrastruktur.	Ei, Skatteverket mfl.
Kartlägg vilken infrastruktur som kan delas. Utforska värden (lägre investeringskostnad, ökad utnyttningstid, ökad lönsamhet, fler laddpunkter etc.) och hinder (t.ex. skalskydd, funktionalitetskrav och regelverk).	Forskare, flera aktörer
Utred hur stöd för all (semi)publik laddning bör se ut.	Energimyndigheten
Ta fram goda exempel och sprid information om vad man ska tänka på för att lyckas med att dela infrastruktur och erbjuda (semi)publik laddning, exempelvis regelverk och funktionalitetskrav på laddare.	Energimyndigheten
Se över möjligheten att erbjuda samverkan eller att sköta affären kring semi-publik laddning.	Laddoperatörer
Ta fram riktlinjer kring skalskydd och möjliga lösningar för olika anläggningar och verksamhetsområden.	Berörda branschorganisationer
Se över möjligheterna att dela data, vilket kan bidra till ökad kunskap och bättre tjänster.	Forskare

6.1.3 Flexibilitetsåtgärder för ett effektivt nyttjande av elnät och elsystem

Ett annat sätt att nyttja befintlig infrastruktur på ett effektivare sätt, i detta fall elnät och elsystem, är genom så kallade flexibilitetsåtgärder. Hur potentialen till detta ser ut, i form av olika laddstrategier, beskrivs i kapitel 5. I detta avsnitt ligger fokus på åtgärder som möjliggör ett effektivare nyttjande av elnätet och elsystemet.

”Smart laddning” har blivit ett nyckelbegrepp när det gäller elektrifiering av fordonsflottan, eftersom det är en viktig åtgärd för att skapa utrymme i elnäten och kan därmed leda till både snabbare anslutning och ökad resurseffektivitet. I AFIR förkunnas det också att laddplatser som byggs efter 13 april 2024 eller renoveras efter 14 oktober 2024 ska ha möjlighet till smart laddning.³⁰ Det finns dock behov av ökad kunskap om utifrån vilket/vems perspektiv som systemet optimeras, dvs. för vem som styrningen av laddningen görs. Exempelvis kan man styra mot lägsta totalkostnad för kund, för att minska kapacitetsproblem i elnätet, eller för att minska risken för nationell effektbrist. På sikt bedöms det bli allt viktigare att beakta risken för kapacitetsbrist i elnätet samt risken för nationell effektbrist på grund av samhällets ökande elbehov. Det finns därför ett generellt behov av kunskap om hur olika delar av systemet påverkas beroende på val av laddstrategi, vilket illustrerats i detta projekt. Samtidigt behöver man förstå hur incitamenten för förbrukningsflexibilitet påverkar användarna, även om det är svårt att isolera påverkan av elpris respektive elnätstariff. Det behövs nog en kombination av intervjustudier och analys av mätdata för att förstå hur kunder faktiskt agerar.

³⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023R1804>

Det alltså finns ett flertal möjligheter för att nå ett effektivare nyttjande av elnätet, där skillnaderna främst ligger i hur avancerade dessa lösningar är och vem/vilka som ska vara flexibla. I närtid är den enklaste åtgärden är att få dem som ska ladda att göra detta på nätter och helger i större utsträckning, eftersom elbehovet normalt sett är lägre då. Som visades i fallstudien för Skövde (avsnitt 5.4) kunde exempelkunder åstadkomma en betydande kostnadsminskning genom en sådan enkel åtgärd (ca 40 % i båda exemplen), men att förutsättningarna kan skilja mellan olika lokalnät (Blomqvist, m.fl., 2023). I andra fall kan det handla om en betydligt mer avancerad styrning där hänsyn tas till både elpris och elnätsavgift och optimerar laddningen utifrån detta, vilket kan reducera både effektbehov och nätproblem väsentligt (Taljegård, m.fl., 2024). En förutsättning är dock att elnätsbolag ger incitament för styrning, antingen via elnätstariffen³¹ eller genom en flexibilitetsmarknad. Det är dock viktigt att intäktsreglering också ger incitament för alternativ till nätutbyggnad, något som flera aktörer inte anser att den gör i tillräcklig utsträckning idag, se även (Naucler, m.fl., 2023).

Ytterligare möjligheter till flexibilitet i elsystemet ges om batterilagring kan nyttjas, antingen via stationära batterier eller via V2G. Lokala, stationära eller mobila batterier ger också möjlighet för laddoperatörer att erbjuda snabbaddning på ställen som annars inte hade varit möjligt.³² Det finns några piloter där man testat V2G tekniskt där fordonstillverkare ser att de kan tillåta ett visst utnyttjande av batterikapaciteten inom ramen för garantier. V2G är dock fortfarande i ett tidigt skede där flera aspekter, som garantier och affärsmodeller, behöver utredas innan tekniken kan nyttjas i stor skala. V2G ger elfordon³³ ökad möjlighet till lagring, att bidra med eller minska behov av reservkraft, samt att medverka på stödtjänstmarknaden, se även (Naucler, m.fl., 2023).

Idag innebär ett elnätsabonnemang normalt att kunder enligt ellagen alltid har rätt att utnyttja sitt abonnemang fullt ut.³⁴ Villkorade avtal är ett avsteg från detta och innebär att ett elnätsbolag kan begränsa kundens uttag eller inmatning då elnätet riskerar överbelastning. Villkorade avtal utgör därför en möjlighet för att snabbare få till anslutning av nya laddplatser, vilket redan har testats i viss uträkning.³⁵ Enligt Ei får villkorade avtal användas om förutsättningar för marknadsbaserade mekanismer saknas. Metoder som används för att utforma avtalsvillkoren måste dock godkännas av Ei (Energimarknadsinspektionen, 2023). Även om Ei har utrett förutsättningar för villkorade avtal är bedömningen att det behövs vidare arbete för att tydliggöra de villkorade avtalens roll och när de är lämpliga att tillämpa. Det behöver också tas fram praktiska råd för tillämpning av villkorade avtal på kort och lång sikt.

För att få med fler aktörer som kan bidra med flexibilitet har aggregatorer en roll att spela, något som har blivit mer aktuellt inte minst i samband med att flexibilitetsmarknader testats. EU:s regelverk anses behöva harmonisera för att

³¹ Ei har tagit fram föreskrifter som kräver att detta införs senast 1 januari 2027. EIFS 2022:1

³² Elnätsbolag får idag inte äga batterier för denna typ av ändamål.

³³ Vilken aktör beror på typ av avtal, dvs. om det är en laddoperatör eller fordonsägare etc.

³⁴ Ellagen SFS nr: 1997:857. <https://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=1997:857>

³⁵ <https://www.ellevio.se/privat/energismart/elbil-laddning/mora-satsar-framat-med-mer-kraft-i-ledningarna/>

förenkla aggregering av mindre resurser. Samtidigt anses det viktigt att det finns metoder för hur man kompenserar för obalanser.

Dynamisk belastningsförmåga för elnätsledningar ger också en möjlighet till flexibilitet i elnätet. Svenska Kraftnät har gjort bedömningar som tyder på att man kan öka kapaciteten på stamnätsledningar avsevärt (Svenska Kraftnät, 2023). Det finns dock anledning till vidare studier och tester även på lägre spänningsnivåer.

I Tabell 6.2 visas ett antal åtgärdsförslag som bör vidtas för att nyttja den potential som ges av ökad flexibilitet.

Tabell 6.2: Åtgärdsförslag gällande flexibilitet i elnätet i fallande prioritet.

Beskrivning	Ansvarig
Inför incitament för kunder att bidra till ett effektivare nyttjande av elnätet.	Elnätsbolag
Se över incitament i intäktsreglering för att främja alternativ till nätutbyggnad	Ei
Analysera hur kunders motivation och agerande påverkas av incitament som (effekt)tariffer, elpris och skatter.	Forskare
Utred och konkretisera regelverk för villkorade avtal.	Ei
Undersök hur lokala flexibilitetsmarknader kan bidra till ett effektivare nyttjande av elnätet i förhållande till effekttariffer.	Forskare
Undersök lokala energilagars roll, ägande och tjänster	Forskare
Harmonisera regelverk med EU-direktiv och förenklad aggregering av mindre resurser	Ei
Utred värde av och förutsättningar för V2G och V2X, inklusive garanti som fordonstillverkare kan ge.	Fordonstillverkare och forskare
Utred möjligheter för dynamisk belastningsförmåga att bidra till ett effektivare nyttjande av elnät på olika spänningsnivåer	Forskare

Det pågår en hel del arbete kopplat till att öka möjligheterna för olika typer av flexibilitet. Inte minst det arbete som Svenska Kraftnät, Ei, Energimyndigheten, Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll har gjort där man sett över förutsättningarna för att främja och realisera potentialen för flexibilitet i elsystemet. De har tillsammans gett ut 5 rapporter som behandlar olika aspekter av frågan:

- Främja förutsättningar för flexibilitet på marknader inom Svenska kraftnäts ansvarsområde (Svenska Kraftnät, 2023)
- Främja flexibilitet på slutkundsmarknaden (Energimarknadsinspektionen, 2023c)
- Främja flexibilitet på lokal nivå, behov av att elnätföretag använder flexibilitet på kort eller lång sikt vid drift av elnät (Energimarknadsinspektionen, 2023a)
- Främja smart styrning av elanvändning (Energimyndigheten, 2023c)
- Främjande av ett mer flexibelt elsystem, kartläggning av pågående arbete inom flexibilitetsområdet. (Energimarknadsinspektionen, 2023b)

6.2 ANSLUTNING AV LADDKAPACITET

När det kommer till själva anslutningen av ny fordonsladdning behövs det en uppdelning i tidsperspektiv för att kunna redogöra för möjliga åtgärder på ett tydligt sätt. Vi har valt att dela upp det i långsiktig planering och anslutningsprocessen, men beroende på tidsperspektiv kan dessa flyta ihop i viss utsträckning.

6.2.1 Långsiktig planering

Den långsiktiga planeringen är avgörande för att anslutningsprocessen ska underlättas och bli effektivare. I stor utsträckning handlar det om att höja kunskapen om framtida utveckling, där ökad transparens mellan aktörer är en nyckelfaktor, för att kunna vidta åtgärder i tid.

Det är viktigt att förstå att elnätsbolagen enbart har ansvar för och kontroll över nätinfrastrukturen och inte för elproduktion eller elbehov. Elnätsbolagen behöver alltså ha koll på befintlig och framtida elförbrukning och elproduktion för att kunna tillhandahålla en nätinfrastuktur som kan hantera överföringen av el. När det gäller tillkommande elproduktion och elbehov är det dock marknadens aktörer som tillsammans sitter på den informationen. Därför blir det viktigt med dialog och transparens som går åt båda hållen. Det blir här centralt att få in uppgifter som är så trovärdiga som möjligt för att kunna förbättra planering. Det är inte säkert att kunder som behöver ha anslutning har kunskap om sitt framtida elbehov eller har rätt incitament för att ta fram korrekta uppgifter.

Nätutvecklingsplanen är ett initiativ som avser bidra till denna transparens, vilket elnätsbolag blir skyldiga att ta fram vartannat år med en planeringshorisont upp till tio år (Energimarknadsinspektionen, 2020). Från EU gäller kravet för elnätsbolag med över 100 000 kunder, men nationellt ska nätutvecklingsplanerna gälla samtliga elnätsbolag. Ei arbetar med att ta fram föreskrifter, men har tagit fram ett utkast på vägledning till inrapportering (Energimarknadsinspektionen, 2023d). Nätutvecklingsplanen ska innehålla information om behov av effektöverföring i nätet, och planerade åtgärder som nätutbyggnad, förbrukningsflexibilitet och energilagring.

En aspekt som elnätsbolag torde inkludera i arbetet med nätutvecklingsplanen är att se över både de abonnerade effekter som befintliga kunder har i förhållande till verkligt uttag och de effekter som efterfrågas i nyanslutningar. Luleå Energi genomförde ett antal möten med aktörer som bokat effekt för framtida anslutning och lyckades "frigöra" 1 000 MW elnätskapacitet för framtida anslutningar, då många bokningar innehöll stora marginaler.³⁶ Egentligen förändras inte förbrukningen i nätet, men om en kund bokar kapacitet tar den utrymme för andra potentiella anslutningar. Det behövs dels att elnätsbolag ställer frågor för att få bättre svar om verkligt behov, dels torde det finnas behov av att ta fram metodik och incitament för att göra adekvata bedömningar från kunder.

Kopplat till nätutveckling och reglering upplever elnätsbolag en osäkerhet om vad det innebär att bygga elnät på prognos. Det efterfrågas tydligare riktlinjer om hur

³⁶ <https://www.energi.se/artiklar/2023/oktober-2023/sa-frigjorde-lulea-energi-1000-mw-i-elsystemet/>

man ska hantera detta, dvs. var gränsen går mellan att bygga på prognos och spekulation. Det behövs även en tydlighet gällande hur kostnader ska fördelas, dvs. hur tröskeleffekter ska hanteras så att man får rättvisa anslutningsavgifter och tariffer. Eventuellt kan staten gå in med separat stöd för denna typ av tröskeleffekter och eventuellt ge nätbolagen i uppdrag att proaktivt bygga ut nät för att möjliggöra framtida laddbehov. Det kanske behövs ifall staten vill främja transportelektrifieringen eftersom att vänta in att efterfrågan uppstår kan bromsa utvecklingen, åtminstone för tunga fordon.

Flera elnätsbolag har påtalat att det i sammanhanget vore värdefullt om det fanns krav på rapportering för privatpersoner som installerar laddning, då det skulle underlätta planeringen och prioritering av nätåtgärder. I dagsläget saknas denna information, i stället får förändrat elbehov hos privatpersoner upptäckas vid analys av mätdata. Då det kan vara svårt att få till ett sådant krav på rapportering. Sannolikt är en mer framkomlig väg att ta fram analysmetoder för att identifiera detta från timvis data från elmätare.

Tabell 6.3: Åtgärdsförslag gällande långsiktig planering i fallande prioritet.

Beskrivning	Ansvarig
Öka transparens och skapa forum gällande planering – region, kommun, elnätsbolag och slutkunder (nätutvecklingsplan)	Elnätsbolag
Skapa en tydlighet för vad som gäller kring att bygga elnät på prognos, inklusive fördelning av kostnader.	Ei
Utred hur man får bättre planering att ske i praktiken. Hur man får bättre uppskattningar om kundernas framtida behov.	Elnätsbolag Forskare
Riktlinjer för hur elnätsbolag ska ta fram effektbedömning som kan anpassas efter resurser, dvs. små / stora elnätsbolag.	Forskare
Utred möjlighet att inför krav på rapportering för privatpersoner som installerar laddning eller ta fram metod för att identifiera detta utifrån timvis data.	Ei Forskare

6.2.2 Anslutningsprocess

För anslutningsprocessen, dvs. hur det ska gå till när en konkret fråga om nyanslutning av laddplats inkommer, finns det ett flertal praktiska råd som Energiföretagen Sverige tagit fram för elnätsbolag och laddoperatörer, där ett urval framgår av Tabell 6.4.³⁷ Det handlar framför allt om att ha en process där aktörerna tidigt kommunicerar behov och tillgänglig kapacitet, vilket bör kopplas till en tydlig ärendehantering. Om man dessutom har lagt en god grund med arbetet vi benämner som långsiktig planering, delning av infrastruktur och flexibilitetsåtgärder så är mycket redan vunnet. När en kund vill ansluta finns i så fall redan en tydlig palett med åtgärder att vidta där elnätsbolaget kan erbjuda det som passar situationen bäst.

³⁷ <https://www.energiforetagen.se/fragor-vi-driver/listsida/e-mobilitet/>

Även om det finns många aktörer med olika förutsättningar och önskemål skulle just en standardiserad process för anslutning och att arbeta parallellt med vissa frågor kunna snabba på processen avsevärt. Då många laddoperatörer arbetar över hela landet anses det värdefullt om anslutningsprocesserna är så lika som möjligt mellan olika elnät, vilket också ökar möjligheten för elnätsbolag att samverka. Här kan branschorganisationer (som Energiföretagen Sverige) eller myndigheter (som Energimyndigheten och SKR) hjälpa till att ta fram riktlinjer och underlag för att underlätta för elnätsbolag och kommuner.

Tabell 6.4: Åtgärdsförslag gällande agerande i anslutningsprocessen i fallande prioritet.

Beskrivning	Ansvarig
Ta fram tydliga anslutningsprocesser, så harmoniserat som möjligt mellan olika elnätsbolag.	Elnät
Gör tidiga och löpande tidsuppskattningar under anslutningsprocessen för kunders planering, beställning av utrustning, testning etc.	Elnät
Informera om eventuell ändring i tidplan så tidigt som möjligt.	Elnät
Initiera en tidig och tydlig dialog (kontaktvägar, aktiviteter som kan samordnas, statusuppdateringar, rutiner och ändringar).	Elnät
Tillhandahålla system för ärendehantering.	Elnät
Ta en tidig dialog med elnätsbolag om placering och effektbehov då effekt som efterfrågas "läses" för kund först vid signerat avtal.	Laddoperatör
Ge mer underlag till elnätsbolag utifrån deras önskemål för en snabbare process (t.ex. effektbehov över tid, önskad tidplan, förväntad laddprofil)	Laddoperatör Elnätsbolag
Vid plats med kapacitetsbrist: undersök alternativ som lastbalansering, lägre effekt per laddpunkt, utbyggnad över tid, stationärt batteri, samt villkorat avtal.	Laddoperatör
Säkra rådighet över mark, ta samordningsansvar etc.	Laddoperatör
Meddela direkt om man inte ska ansluta	Laddoperatör

Även om effektprognoser med en 10-årig horisont tas fram vartannat år inom ramen för nätutvecklingsplaner, behöver uppdateringar göras mer frekvent eftersom nyanslutningar görs och kunder förändrar sina behov. Det kan alltså behövas mer frekvent koordinering mellan aktörerna som möjliggör att ha aktuella kapacitetskartor där förändring av kapacitet över tid framgår. Dessa skulle kunna koordineras med kommunens översikts- och detaljplaner, inklusive platser för laddning³⁸, vilket bedöms kunna underlätta hela processen för nyanslutning av laddning eller andra behov. Detta gör att aktörer har bättre möjlighet att fråga om platser som har rätt förutsättningar direkt och onödigt arbete undviks därmed. Om laddoperatörer dessutom kan vara nyanserade och/eller flexibla i sitt behov av effekt, dvs. när man behöver vilken effekt, kan processen underlättas ytterligare.

³⁸ Det är fördelaktigt att ha med laddplatser i översiktsplaner och detaljplaner då det underlättar möjlighet att få tillstånd.

Elnätsbolagen får idag många förfrågningar på elanslutningar, vilket förväntas öka och då behöver man fokusera på de förfrågningar som är mest konkreta. En bättre uppfattning om vilka förfrågningar som är konkreta skulle kunna erhållas genom att elnätsbolag tar ut en avgift, motsvarande kostnader för att ta fram underlag, för anslutningar där kund får tillgodoräkna sig avgiften vid anslutning. Som ett led i att korta ledtider har Ei föreslagit att elnätsbolag ska kunna ta en skälig avgift för att utreda en anslutning (Energimarknadsinspektionen, 2022a), vilket redan har tillämpats för anslutning av vindkraft. Samtidigt skulle en mer transparent process med effektkartor som beskrivits ovan minska behovet att söka anslutning på flera platser för laddoperatörer. Åtgärdsförslag för utveckling av anslutningsprocessen framgår av Tabell 6.5, se även (Naucler, m.fl., 2023).

Tabell 6.5: Åtgärdsförslag gällande utveckling i anslutning till anslutningsprocessen i fallande prioritet.

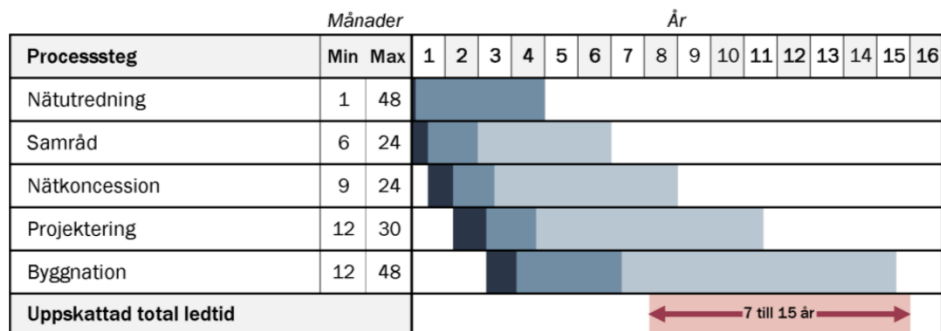
Beskrivning	Ansvarig
Skapa tidsatta kapacitetskartor så att det blir lättare för laddoperatör att planera för laddplatser (koordinera mot översikts- och detaljplan).	Forskare Elnätsbolag
Tydliggör hur effektbehovet ser ut över tid.	Elnätskunder
Ta fram platser för publik laddning i översikts- och detaljplan, med hänsyn till elnätskapacitet (koordineras mot kapacitetskartor).	Kommun
Ta fram exempel på aktiviteter som skulle kunna vara parallella	Elnätsbolag

6.2.3 Nätutbyggnad

Även om man i stor utsträckning lyckas åstadkomma laddning tack vare ett effektivare nyttjande av elnätet kommer man till slut att behöva bygga ut mer nätkapacitet. En viktig del i detta är den långsiktiga planering som redogjordes för i avsnitt 6.1.1. Med en god kunskap om kommande behov av nätutbyggnad kan elnätsföretagen tidigt planera för detta och starta processen i så god tid som möjligt. I sammanhanget är det värdefullt att få tydligare riktlinjer och möjligheter att bygga på prognos som nämndes under 6.2.1.

När det gäller nätutbyggnad där det krävs en större tillståndsprocess, så kallad linjekoncession, som krävs för regionnät och stamnät är processen betydligt omständligare än för nätområdeskoncession.³⁹ Det bedöms ta mellan 7 och 15 år från att ett elnätsbolag påbörjar en nätutredning till att en ledning som kräver linjekoncession är färdigbyggd (Energimarknadsinspektionen, 2023d), se Figur 6.2.

³⁹ Nätområdeskoncession gäller för lokalnät och omfattar vanligen spänningar upp till 20 kV, men kan i vissa fall vara högre.



Figur 6.2: Ledtider för byggnation av en ledning som kräver linjekoncession (Energimarknadsinspektionen, 2023d).

Ei har tillsammans med flera elnätsföretag, länsstyrelser och Lantmäteriet genomfört en utredning där man tagit fram ett antal förslag för att snabba upp processen (Energimarknadsinspektionen, 2023d). Ett urval av dessa förslag framgår av Tabell 6.6. Som ses i tabellen är en del av föreslagna åtgärder liknande som finns för anslutningsprocessen, exempelvis behov av en strukturerad och transparent process, samt tidig dialog i planering och ändringar. Förutom nedanstående finns också inspel om att det behövs mer resurser, särskilt till lantmäteriet i projekteringsfasen.

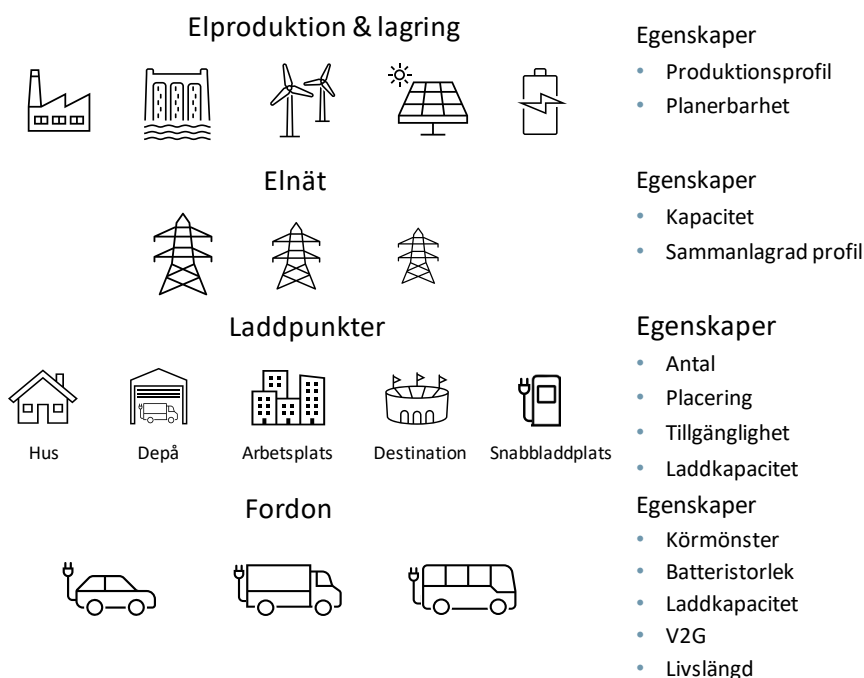
Ur ett lokalnätsperspektiv nämner elnätbolag relativt ofta möjligheten att höja spänningsnivån för områdeskoncession, vilket kortar ned tillståndsprocessen för att bygga nät då den är betydligt enklare än linjekoncession.

Tabell 6.6: Åtgärdsförslag gällande nätutbyggnad (Energimarknadsinspektionen, 2023d) i fallande prioritet.

Beskrivning	Område
Skapa en strukturerad och transparent process för alla involverade aktörer.	Generellt
Kommunicera så tidigt som möjligt om tidplan och om eventuella förändringar som uppstår.	Generellt
Samverka i den utsträckning som är möjlig.	Generellt
Skapa bättre datorstöd för effektivare hantering.	Nätutredning
Genomför en tidig naturvärdesinventering och fältbesök.	Samråd
Skapa tidsatt och förutsägbar handläggning, samt effektivare hantering av kommunernas remissrundor.	Nätkoncession
Möjliggör tillträde till mark för undersökning.	Nätkoncession
Möjliggör parallell koncessionshandläggning och ledningsrättsprocess, samt förenklad delgivning.	Nätkoncession
Tidigarelägg stolpprojektering och avstyckning av mark etc.	Projektering
Säkra tillgång till mark, sök tillstånd och dispenser som krävs samt detaljplanera och förbered för själva byggnationen.	Projektering

6.3 AFFÄRS- OCH PRISMODELLER

Affärs- och prismodeller är avgörande för utveckling av laddinfrastruktur då den handlar om hur aktörer ska finna lönsamhet och prissättning för laddtjänster. Även när det kommer till affärsmodeller blir det snabbt komplext. Som illustreras i Figur 6.3 finns det flera olika typer av laddplatser, vilka i sin tur kan ha flera typer av ägare som har olika mål och strategier. Dessutom påverkas de uppströms av elproduktionen med dess elpris, elnätets tariffer samt skatter, vilket illustreras i Figur 6.4. Egenskaperna för varje nivå behöver beaktas, inklusive att kundernas behov och betalningsvilja varierar beroende på situation. Under projektet identifierades sex generiska affärsmodeller för laddning: *kluster*, *snabbladdning*, *parkerings*, *subvention*, *lockvara* och *bundling* (Williamsson, m.fl., 2023).



Figur 6.3: Illustration av värdekedjan från elproduktion till fordonsladdning.

I en *klustermodell* dimensioneras laddplatsen för att nå skalfördelar i planering, byggnation och administration. Modellen ökar tillgängligheten, och för att öka nyttjandegraden kan den kombineras med bokningssystem och hög laddeffekt. Modellen har implementerats i städer som Helsingborg, Örebro och Strömstad. *Snabbladdning* erbjuder hög laddeffekt till specifika kundsegment som verksamhetskunder och långfärdsresenärer. På grund av den höga kostnaden för laddutrustningen krävs en hög nyttjandegrad för att vara lönsam.

Parkeringsmodellen delar på intäkter kopplade till parkeringstjänsten, men kan även inkludera en tilläggsavgift för laddning. Modellen använder oftast en lägre laddeffekt över en längre period för att vara kostnadseffektiv. Det finns dock en risk att icke-laddande fordon tar upp parkeringsplatserna.

Subventionsmodellen bygger på intäkter från andra källor, som reklam eller stationära batterier, för att subventionera laddningen. Beroende på vilka tjänster som förväntas subventionera laddningen ökar kraven på operatörens expertis när olika system kopplas samman, då komplexiteten medför ökade tekniska och affärsmässiga risker.

Lockvarumodellen innebär att laddning används för att locka kunder till specifika platser som bensinmackar eller varuhus, främst för att öka försäljningen av andra varor eller tjänster. Utformningen av laddtjänsten varierar beroende på förväntad kundvistelsetid, med snabbare laddning på platser som besöks kortvarigt och lägre effekt vid fler platser för platser med längre besökstider som varuhus eller restauranger.

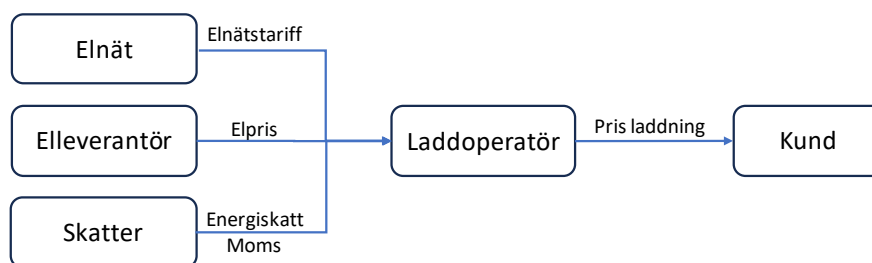
Bundlingmodellen innebär att antingen fordonstillverkaren eller en annan aktör tillhandahåller laddinfrastrukturen, vilket exempelvis Tesla har gjort för att erbjuda en högkvalitativ laddupplevelse för kunden. Genom att kombinera laddtjänsten med andra tjänster, som att erbjuda laddning som en del av ett fordonsköp, kan aktörer erbjuda laddning som en paketslösning.

Dessa affärsmodeller är exempel på typiska upplägg som identifierats i projektet, men egenskaper från olika modeller kan kombineras för att skapa nya varianter. Ingen av dessa modeller utgör en universallösning utan deras användbarhet beror på laddoperatörens roll och kundernas uppfattning av tjänstens värde. Därför ger vissa affärsmodeller mer utrymme flexibel laddning och kostnadseffektiv laddinfrastruktur än andra. För att skapa hållbara affärsmodeller är det viktigt att förstå kundernas behov och beteenden samt att utvärdera marknadsunderlaget. Det kan också krävas nya modeller för att göra laddningstjänsten attraktiv och ekonomiskt hållbar. Eftersom dessa affärsmodeller fokuserar på laddoperatören finns det också möjlighet att generera ytterligare intäkter genom kompletterande affärsverksamhet, som att delta i Svenska kraftnäts stödtjänstmarknad.

För övrigt identifierades det i studien att laddinfrastrukturens expansion begränsas av huvudsakligen två faktorer: totalkostnaden för laddlösningen och tillgången till effekt. Faktorerna påverkar varandra men det uppstår ofta situationer där effektbegränsningarna är svåröverkomliga. Effektbegränsningar kräver då integrerade lösningar som inkluderar solceller, batterier, flexibilitetstjänster eller framtida V2G-teknik. Integrerade lösningar kan bestå av olika nättjänster och gynna både laddoperatören och det omgivande nätet. Systemperspektivet betonas som viktigt och i fallstudierna betonas att när systemperspektivet missas, sänks byggtakten och lönsamheten skadas.

Samtidigt uppmuntras tidigt samarbete vid investeringar, inklusive öppen affärsmodellinnovation, då detta främjar innovativa och kostnadseffektiva lösningar. Exempelvis kan effektiva planeringsåtgärder, som att peka ut lämpliga platser för schaktning och kabeldragning, minska kostnaderna och öka hastigheten för utbyggnad. I detta perspektiv kan lokala plandokument som energiplaner vara viktiga, vilka lämpligen bör koordineras med arbete i nätutvecklingsplaner. Det finns alltså ett flertal möjliga affärsmodeller som beror av hur olika aktörers mål och strategier ser ut.

En viktig aspekt för att skapa förutsättningar för den resurseffektivitet som eftersträvas är att själva prissättningen (prismodellen) mot slutkund ger incitament till det. De underliggande kostnader som laddoperatören möter är elpris, elnätstariff och skatter som illustreras i Figur 6.4. Alternativt gör kunden det direkt vid exempelvis hemmaladdning och depåladdning. Om elnätstariffen och elpriset ska ge incitament för smart laddning måste deras prissignaler slå igenom mot den som laddar, annars får det ingen effekt. Alternativt styr laddoperatören vilken tillgänglig kapacitet som ges, men då behöver detta stämmas av mot slutkund. Som det visades i fallstudien för Skövde innebar laddning under natten jämfört med dagen en tydlig besparing, närmare 40 %, då man utgick från aktuellt elpris, elnätstariff⁴⁰ och skatter.



Figur 6.4: Förenklad värdekedja för elfordonsladdning.

Som en ytterligare faktor att beakta i affärs- och prismodeller är att underliggande priser kan skilja sig åt beroende på geografisk plats, vilket leder till skilda förutsättningar i olika delar av landet. Elpriset är uppdelat i fyra prisområden där priset tidvis kan vara samma för alla områden, medan det kan vara stora skillnader under delar av året då det förekommer flaskhalsar i stamnätet. När det gäller elnätet kan prisnivån skilja ganska mycket mellan olika nätområden och dessutom kan elnätstariffens uppbyggnad skilja sig åt. Själva uppbygganden av elnätstariffen ska dock harmoniseras i större utsträckning, enligt Ei:s föreskrift EIFS 2022:1 som nämnts tidigare. Utöver ovanstående har det i workshoppar också inkommit synpunkter om att man bör undersöka möjligheten att införa skattelättnader eller specialtaxor för tunga fordon. Åtgärdsförslag kopplat till affärs- och prismodeller framgår av Tabell 6.7.

⁴⁰ Skövde Energi har dock effekttariff mot alla kunder, vilket många elnätsbolag inte har än.

Tabell 6.7: Åtgärdsförslag gällande affärs- och prismodeller i fallande prioritet.

Beskrivning	Ansvarig
Utveckla hanteringen av laddinfrastruktur i lokala plandokument så som energiplaner.	Kommun
Se till att prissättning (priser och styrmedel) främjar eller åtminstone inte snedvrider incitament för effektivitet	Elnätsbolag Ei
Etablera lokala kontaktytor för aktörer som är intresserade av systemperspektivet vid utbyggnad av laddinfrastruktur.	Kommun mfl
Utveckla klassificeringar kopplade till elfordon, laddning och V2G för att möjliggöra flexibla lösningar.	Fordonstillverkare
Öka förståelsen för prissättning i hela värdekedjan och konsekvenser av detta.	Forskare

6.3.1 Värdekedjan och roller

I workshopdiskussionerna kommer man ofta tillbaka till frågan om vem som ansvarar för vad i värdekedjan. I avsnitt 4.2 beskrevs kortfattat olika aktörer och deras roller kopplat till en elektrifiering av fordonsflottan. Bedömningen är att fortsatt förtydligande och utveckling av de olika aktörernas roller och möjliga agerande i olika sammanhang är viktigt för att förbättra effektiviteten i den fortsatta elektrifieringen. Av denna anledning är det viktigt att varje organisation har en utpekad ansvarig som förstår frågan. Även regelverken behöver anpassas då behov föreligger, vilket i viss mån görs då Ei:s i sina utredningar ofta efterfrågar inspel från marknadens aktörer för att utformning ska bli så ändamålsenlig som möjligt.

I intervjuer och workshops lyfts det att regelverken inte alltid är ändamålsenliga, samtidigt som Ei menar att aktörerna måste vara specifika i vad som är problemet om de ska kunna förändra till det bättre. Bedömningen är att marknadens aktörer och myndigheter ibland pratar förbi varandra. Problematiken verkar i vissa fall inte handla om att regelverket direkt hindrar utan i stället om att det råder otydlighet, eller åtminstone osäkerhet hos berörda aktörer hur de ska tolka regelverket. Ett exempel på en sådan fråga, som redan föreslagits åtgärder för, är att klargöra hur elnätsföretagens möjligheter att bygga på prognos ser ut och hur dessa investeringskostnader ska hanteras.

Ett annat exempel där det kan behövas ytterligare tydlighet är hur så kallade vita fläckar ska hanteras, dvs. hur man ska lösa frågan med att bygga laddinfrastruktur där det inte bedöms som lönsamt med rådande marknadsvillkor. AFIR bidrar till en god spridning av publik laddinfrastruktur för olika elfordon längs större vägar, men det kommer fortfarande finnas platser där laddinfrastrukturen är otillräcklig. Att söka medel via Klimatklivet är en möjlighet, men det behövs en tydlighet i roller om vem, marknad eller kommun, som förväntas bygga laddplatser på landsbygd där lönsamhet kan vara svår att uppnå.

Värt att notera är att värdekedjan vanligen är lång, men att det i vissa fall kan vara väldigt kort ifall en användare har egen produktion. I Tabell 6.8 visas förslag på åtgärder kopplat till värdekedjan och de roller som finns.

Tabell 6.8: Åtgärdsförslag gällande värdekedja och roller i fallande prioritet.

Beskrivning	Ansvarig
Utred roller och behov av stödsystem för att få till stånd laddning på så kallade "vita fläckar".	Energimyndigheten
Utse en "laddansvarig" (i kommun eller företag) som ansvarar för att förstå laddinfrastrukturfrågan utifrån organisationens behov.	Kommun Företag
Etablera lokala kontaktytor för aktörer för att sprida kunskap om systemperspektivet vid utbyggnaden av laddinfrastruktur.	Elnätsbolag

6.3.2 Laddbeteende

Laddbeteende kopplar till att uppnå flexibilitet vilken i stor utsträckning förväntas bero av de affärsmodeller och de prismodeller som kommer därav. Exempelvis om prissättningen gör det billigare att ladda nattetid förväntas kunden i större utsträckning ladda under natten, än om det inte funnits något incitament för detta.

Ekonomiska incitament räcker sannolikt rätt långt i många sammanhang, t.ex. laddning vid hemmet eller på depå där man står relativt lång tid, och det under den tiden spelar liten roll för användaren när laddning sker. Det behövs dock utbildning om värdet för systemet med ett sådant agerande då det ger ytterligare incitament. I andra fall, främst vid publik laddning, för affärsmodellerna för *parkeringsladdning* eller *snabbladdning*, kan det dock uppstå målkonflikter. Vid sådana platser förväntas dock användaren vara beredd att betala för tjänsten snabbladdning varför denna typ av laddning kan vara dyrare.

Som lyftes tidigare finns det också ett ansvar hos de som ska ladda sina fordon att upprätthålla en viss etik för att få systemet att fungera på ett bättre sätt. Exempelvis behöver myndigheter, laddoperatörer och elnätsbolag informera om hur kunder bör agera och varför det är viktigt. Som exempel att endast ladda bilen upp till 80 % dels för att ta hänsyn till om det finns en kö för laddning, dels för att det är det bästa för batteriets hälsa och går snabbare att ladda upp till den nivån. Förslag kopplat till laddbeteende visas i Tabell 6.9.

Tabell 6.9: Åtgärdsförslag gällande laddbeteende i fallande prioritet.

Beskrivning	Ansvarig
Informera om värdet av genomtänkt laddstrategi direkt för kunden själv och för systemet.	Energimyndigheten Laddoperatör Elnätsbolag
Utbilda fordonsanvändare om laddetik och ge incitament för att skapa en positiv upplevelse.	Laddoperatör
Analysera olika laddplatser förutsättningar och anpassa erbjudanden därefter.	Forskare Laddoperatör

6.4 STANDARDISERING OCH GEMENSAMMA RIKTLINJER

Standardisering är en avgörande faktor för att kunna skapa all den "smarthet" och effektivitet som beskrivits i tidigare avsnitt. Det handlar främst om att underliggande struktur ska vara kompatibel med olika tjänster som ska möjliggöra föreslagna åtgärder som ska skapa effektivitet. Standardiseringen delas här upp i två delar. Den första handlar om standardiserade arbetsätt och metoder (som i viss utsträckning behandlats i tidigare avsnitt) som ses i Tabell 6.10 medan den omfattar standarder för kommunikationsprotokoll och liknande, se Tabell 6.11.

När det gäller standardiserade arbetsätt och metoder bedöms det viktigaste vara dimensionering av elnät. Historiskt och i dagsläget styr höga krav på leveranssäkerhet i stor utsträckning⁴¹, vilket bidrar till att försvåra anslutning av nya elbehov som exempelvis ny laddinfrastruktur. Vid dimensionering ska elnäten kunna klara n-1 kriteriet som innebär att nätet ska kunna hantera ett fel på en godtycklig komponent, men detta kan bland annat bidra till ökade kostnader och påverka anslutningsmöjligheter. Metoder som inkluderar sannolikhetsbaserad analys bör undersökas vidare då det kan ge ökad effektivitet (Hilber, m.fl., 2020).

En annan metod som används vid dimensionering av elnät är Velanders formel som innebär att det finns konstanter för hur olika kundgruppers elbehov sammanlagras till en viss toppeffekt. Då det kommer nya typer av elbehov och nya incitament för förbrukningsflexibilitet behöver dessa formler och konstanter sannolikt förändras, eller så behöver metodiken helt ses över och förändras.

Tabell 6.10: Åtgärdsförslag gällande standardiserade arbetsätt i fallande prioritet.

Beskrivning	Ansvarig
Analysera och ta fram riktlinjer för hur dimensionering av nät bör ske framåt.	Forskare
Ta fram nya metoder för hur man använder mätdata för att öka kunskap om sammanlagrat elbehov i elnäten.	Forskare

⁴¹ Annars finns straffsanktioner, hänvisning till Ei ref.

Från branschorganisationer och myndigheter har det pågått en hel del arbete senaste tiden för att få till ökad standardisering som ska underlätta utvecklingen av laddinfrastruktur och fordonsladdning.

På en principiell nivå har Energiföretagen Sverige, Drivkraft Sverige och Mobility Sweden tagit fram en branschöverenskommelse för att förenkla laddning vid publika laddplatser. Huvudpunkterna är att elbils kunder ska kunna spontanladda, utan avtalstecknande, och betala med ett vanligt betal- eller kreditkort; att pris tydligt ska framgå innan laddning, antingen på laddplatsen eller via ett digitalt gränssnitt; att pris anges per kWh plus eventuell minutavgift för att undvika köbildning. Som nämndes ovan kräver dessa åtaganden och andra möjligheter att det finns standardiserade protokoll för att det ska kunna genomföras effektivt. Roaming för laddning innebär just detta och det finns samverkan mellan laddoperatörer som möjliggör att man kan använda de laddplatser som de samverkar kring. Stiftelsen EVRoaming Foundation förvaltar en internationell öppen standard för roaming kallad OCPI (Open Charge Point Interface)⁴² som tillhandahålls kostnadsfritt och används i Europa och USA. Ambitionen är att elbils laddning ska kunna ske på vilken laddplats som helst i världen av vilken användare som helst.

Funktionskrav på elmätare har ställts av Ei, vilket ska vara implementerat senast 1 januari 2025 (EIFS2023:1). Exempel på funktionskrav är att mätaren ska ha ett kundgränssnitt som stöds av en öppen standard, registrera mätvärden varje kvart, samt mäta uttag och inmatning på varje fas.

Kopplat till införandet av villkorade avtal har Energiföretagen Sverige tagit fram en rekommendation för branschen att använda OpenADR⁴³ för kommunikation mellan elnätsföretag och kund⁴⁴. Ytterligare information om förutsättningar för villkorade avtal framgår även i arbetspaket 4 (Naucler, m.fl., 2023). I Tabell 6.11 visas åtgärdsförslag som kopplar till behov av standardiserade protokoll.

Tabell 6.11: Åtgärdsförslag gällande standardiserade protokoll i fallande prioritet.

Beskrivning	Ansvarig
Ta fram standard gällande underliggande data för appar, främst användande och utveckling av OCPI.	Laddoperatörer
Skapa och använd standarder för betaltjänster.	Laddoperatörer
Ställ funktionskrav på att elmätare ska ha kundgränssnitt som stöds av öppen standard.	Ei
Inför kommunikationsprotokoll för att implementera villkorade avtal, användande av OpenADR.	Elnätsbolag
Vidmakthåll standardisering för laddkontakter.	EU

⁴² <https://evroaming.org/ocpi-background/>

⁴³ <https://www.openadr.org/>

⁴⁴ <https://www.energiforetagen.se/medlemsnyheter/2023/oktober/ny-branschrekommendation-openadr-foreslas-for-villkorade-natavtal/>

6.5 TRANSPARENS OCH SAMVERKAN

Avslutningsvis är det viktigt att trycka på behovet av ökad transparens och samverkan, vilket förhoppningsvis har framgått i de tidigare avsnitten. I de workshoppar och intervjuer som genomförts har det många gånger kommit upp att det finns ett potentiellt stort värde av att samverka, eller åtminstone samtala och utbyta information i den utsträckning som det är möjligt. Det finns nämligen hinder för transparens genom till exempel GDPR och att information kan vara säkerhetsklassad eller affärskritisk. Det torde dock finnas en hel del som det faktiskt är möjligt att vara transparent eller samverka kring.

För att försöka nå ökad öppenhet behöver man börja samtala och vara medveten om att det finns olika grader av transparens och samverkan. Nedan ges ett antal exempel på olika grader av öppenhet och samverkan som är värdefull för en effektiv utveckling av laddinfrastrukturen.

- *Ökad dialog* är första steget för att nå transparens och samverkan. En bättre förståelse för varandras förutsättningar och mål ökar möjligheten till att skapa effektiva relationer som gör det möjligt att finna gemensamma vägar framåt.
- *Ökad transparens* betyder inte att aktörer måste vara helt transparenta om allt. Här föreslås forskare, branschorganisationer och företag identifiera vad som det finns värde att vara transparent kring, vilket vi i viss utsträckning gjort i detta projekt. Sedan får företag själva bedöma vad av detta man kan vara transparent med och vad som ligger utanför pga. restriktioner. Det är dock viktigt att motivera skälen till graden av sekretess, så att det inte sker av slentrian.
- *Delad infrastruktur* har behandlats relativt utförligt i avsnitt 6.1.2, vilket bedöms vara väldigt fördelaktigt för att snabbt bygga ut en resurseffektiv laddinfrastruktur. Olika typer av privat laddning behöver öppnas upp och bli publik i större utsträckning.
- *Standardisering* möjliggör, som nämnts ovan, en effektivare användning av resurser. Inte minst genom att vara en viktig förutsättning för delning av infrastruktur och att många elfordonsanvändare ska få tillgång till en stor del av laddinfrastrukturen.
- *Samverkan* är ett brett område då det finns så många olika typer av aktörer som är beroende av varandra och flera möjligheter inom varje område. Branschorganisationerna bedöms få en viktig roll i att öka samverkan där endast några exempel ges här. SKR skulle kunna ha en större roll för koordinering och informationsutbyte mellan kommuner då det finns mycket som är lika mellan dem, vilket underlättar för laddoperatörer om man får mer likartade förutsättningar.

I den kunskapsplattform som Energimyndigheten föreslås bli ansvarig för är rekommendationen också att man ska samverka mellan myndigheter och branschorganisationer för att öka transparensen och höja kunskapsnivån. Här bör alla relevanta aspekter och aktörer ges möjlighet att bidra, exempelvis så att

myndigheter som MSB och Elsäkerhetsverket i ett tidigt skede kan informera om vad som ska beaktas ur deras perspektiv.

Nätutvecklingsplanerna som blir ett krav från 2024 uppmuntrar också till ökat utbyte mellan elnätsbolag och deras kunder, då det blir svårt för elnätsbolagen att ta fram trovärdiga effektprognoser utan kundernas inspel.

7 Slutsatser och rekommendationer

Att åstadkomma en snabb och resurseffektiv elektrifiering av fordonsflottan är som nämnts en stor utmaning då det förväntas hända väldigt mycket i elsystemet på ganska kort tid. I denna studie har vi fokuserat på de viktigaste delarna i att åstadkomma möjligheter för laddning, samtidigt som vi beaktat helheten då de olika delarna växelverkar med varandra. Som visats i denna rapport finns många lösningar som ger möjlighet till fortsatt kraftig elektrifiering av fordonsflottan i både det korta och långa perspektivet. Samtidigt behövs också ett fortsatt kraftfullt arbete av många aktörer för att detta ska bli verklighet.

7.1 SLUTSATSER

Elektrifiering av fordonsflottan, inklusive etablering av laddinfrastruktur, har hittills gått snabbt för elbilar och utvecklingen börjar gå allt snabbare för tunga fordon. I projektet visar scenarierna att elektrifieringen av fordonsflottan sannolikt kommer att fortsätta gå snabbt, där takten i stor utsträckning beror på de policybeslut som tas inom EU och i Sverige. Det finns också en ganska stor spridning mellan olika regioner rörande hur fort utvecklingen kommer att gå.

På längre sikt, till år 2045, bedöms elfordon stå för ett årligt elbehov om ca 30 TWh. Detta samtidigt som en kraftig elektrifiering förväntas även i andra sektorer. Detta innebär att det totala elbehovet bedöms mer än fördubblas jämfört med idag. Om elfordonen i stor utsträckning laddar oplanerat, och korrelerar med övrig last, kommer detta att bidra till högre effekttoppar. För ett sådant scenario behövs mer flexibilitet i elsystemet som i form av exempelvis vätgaslager, vattenkraft, värmelager och stationära batterier. Om man i stor utsträckning i stället kan ladda elfordon när elpriset är lågt minskar behovet av annan flexibilitet. I vilken utsträckning detta kommer vara möjligt beror av batterikapacitet, körmönster och acceptansnivå för styrning av laddning för olika fordonsslag.

Ur ett lokalnätsperspektiv ger oplanerad laddning som korrelerar med annan last ett "onödigt" högt effektbehov. I framför allt bostadsområden kan detta innebära risk för störningar eller avbrott i det lokala elnätet främst under kvällstid på vintern. Om laddning sker för att minimera kostnaden utifrån elpris leder det till ungefär samma antal störningar eller avbrott fast fördelat på andra dagar och utspridda över året, främst dagar då det blåser mycket. Då laddning begränsas utifrån ett lokalnätsperspektiv kan man minska antalet nätrelaterade störningar eller avbrott väsentligt utan allt för mycket högre kostnad kopplat till elpriset som illustrerades i kapitel 5.

Fallstudien för Skövde Energi nätområde visar på liknade resultat som den nationella lokalnätstudien. I Skövde uppstår dock den högsta effekttoppen på förmiddagen vid oplanerad laddning, vilket i stor utsträckning beror på det befintliga kunderunderlagets effekttoppar. Den sammanlagrade förbrukningsprofilen kan skilja relativt mycket mellan orter beroende på hur

kunderunderlaget ser ut, t.ex. om det är övervägande andel boende eller industri och handel. Varje elnätsbolag behöver därför förstå hur förbrukningen ser ut i det egna nätet för att kunna vidta rätt åtgärder. I Skövdes fall är det dock stor skillnad i storlek på effekttopp vid oplanerad jämfört med planerad laddning som syftar till att jämna ut effektbehovet.

Ur ett kundperspektiv kan kostnaden minska betydligt om man laddar under natten i stället för på dagen med aktuellt elpris för 2021 då Skövde Energi redan har en effekttariff med lägre kostnad under natten. Man bör dock ta i beaktande att elpriser skiljer mellan elprisområden, samt att de kan förändras i och med en växande andel vindkraft och solex i systemet. Det visades också att förbrukningsprofilerna kan skilja sig åt betydligt mellan nätstationer i lokalnätet, vilket elnätsbolag behöver beakta vid en fortsatt elektrifiering av fordonsflottan.

7.2 REKOMMENDATIONER

Som nämndes i inledningen av kapitel 6 har en viss prioritering av åtgärder genomförts men då det dels finns många aktörer som behöver bidra, dels finns flera olika typer av potentiella åtgärder kan mycket genomföras parallellt. Vi vill också poängtera att parallellt genomförda åtgärder bedöms vara nödvändigt för att utvecklingen inte ska hindras eller bli ineffektiv. Övergripande efterfrågar marknadsaktörerna en koordinering på nationell nivå i form av en elektrifieringsstrategi, där man också kan samla lagstiftning och ramverk. I detta avsnitt lyfts ett antal åtgärdsförslag som bedöms viktiga för att åstadkomma en snabb och resurseffektiv storskalig introduktion av elfordon.

Som framgick av prognoserna för elfordonsflottan är det många faktorer som avgör utvecklingen utöver tillgången till laddinfrastruktur. Om utvecklingen ska fortsätta i samma snabba takt behöver det finnas incitament som gynnar ägande av elfordon som ökar efterfrågan på dessa fordon. Exempel på hur ägande kan gynnas är att ge skatteincitament, subventioner, att elfordon undantas från trängselskatter och parkeringsavgifter, samt andra förmåner.⁴⁵ Särskilt viktigt är det för ägare av tunga fordon att få en tillräckligt bra investeringskalkyl. Utöver detta föreslås Energimyndigheten bli nationell samordnare för laddinfrastruktur, vilket inkluderar alla delar som bidrar till en snabb och effektiv utveckling. Inte minst samverkan med andra myndigheter och branschorganisationer för att skapa en plattform för kunskapsspridning och koordinering.

Laddinfrastruktur bedöms fortsatt vara avgörande för en snabb och kostnadseffektiv utveckling – inte minst samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystem och elnät – som varit fokus för detta projekt. De övergripande åtgärder som bedöms bli framgångsfaktorer är:

- Att *dela laddinfrastruktur* i den utsträckning som det är möjligt är en nyckelfaktor. För att möjliggöra detta behöver det dels kartläggas var detta är möjligt, dels skapas incitament för att bygga semi-publika laddplatser. Förutsättningar, regelverk och stöd till semi-publik laddning behöver tydliggöras av EU och Energimyndigheten. Lämpligen kan ett stöd öka ju mer

⁴⁵ Det finns redan flera styrmedel för olika fordonstyper idag (Energimyndigheten, 2023a).

tillgänglig laddningen är för allmänheten. Kartläggning av förutsättningar för att dela laddinfrastruktur för olika verksamheter bör tas fram av den som äger infrastrukturen⁴⁶ i samverkan med Energimyndigheten. Dessutom kan professionella laddoperatörer bidra till att göra privat laddning publik i större utsträckning, då kostnaden för detta bedöms bli låg.

- *Flexibilitetsåtgärder* anses generellt sett avgörande för att Sverige ska kunna hantera förväntad elektrifiering samtidigt som andelen förnybar elproduktion ökar. För flexibilitetsåtgärder bör pris på el och effekt vara den främsta styrsignalen. Elfordon bedöms ha god potential för flexibilitet, även om det kan förekomma skillnader mellan fordonslag. De flesta elfordon kan tillgodose huvuddelen av sin laddning nattetid medan vissa elfordon kan bidra med ytterligare flexibilitet, särskilt om V2G tillämpas. De som ska ladda behöver dock få incitament som korrelerar väl mot kostnaden för att producera och transportera el. Prissignalen för den som laddar behöver alltså spegla elpriset på timbasis⁴⁷, och elnätstariffen som bör ha en effektkomponent. Här vilar främst ett ansvar hos elnätsbolag att införa effektbaserade elnätstariffer, samt att laddoperatörer låter korrekta prissignaler slå igenom mot slutkund. Andelen kunder med timprisavtal är idag fortfarande relativt låg och bör öka för att fler ska få incitament av prissignalen från elpriset.⁴⁸
- *Affärsmodell- och prismodeller* har stor betydelse för att laddning ska kunna bedrivas på ett framgångsrikt sätt. Inte minst för att flexibilitetsåtgärder och delning av laddinfrastruktur ska bli verklighet. Det kommer dock finnas laddplatser och affärsmodeller där hög effekt efterfrågas och där kunderna kommer vara beredda att betala för denna typ av tjänst. Att förstå laddbehov kopplat till olika laddplatser är därmed en viktig faktor, varför marknadens aktörer bör utse ansvariga för att förstå organisations behov och roll. För att ge rätt förutsättningar behöver myndigheter ha en god systemförståelse och skapa regelverk som ger långsiktiga spelregler för marknadens aktörer att agera på. Analys gällande systemperspektiv torde främst ligga på forskare att ta fram.
- *Långsiktig planering* är en grundförutsättning för att minimera tidsfördröjning och onödiga kostnader. För att den långsiktiga planeringen ska fungera väl krävs dialog och transparens mellan berörda aktörer, särskilt elanvändare, kommun och elnätsbolag. Nätutvecklingsplanerna ger en ny möjlighet för elnätsbolag att öka samverkan kopplat till sin långsiktiga planering. Även kommuner och länsstyrelser bör öka samverkan kopplat till detta och få inspel till översikts- och detaljplaner, samt kommunala energiplaner. Som tidigare poängterats bör aktörerna se över och tydliggöra sina roller.
- *Anslutningsprocessen* behöver vara tydlig, transparent och gärna harmoniserade mellan olika orter. Det finns redan framtagna riktlinjer för elnätsbolag och laddoperatörer som möjligen kan kompletteras med råd för kommuner då de har en viktig roll för publika laddplatser. Aktörerna bör tidigt initiera dialog och upprätthålla den löpande för att informera om eventuella ändringar. Elnätsbolagen bör i relation till detta ha ett ärendehanteringssystem då det

⁴⁶ Lämpligen kan deras branschorganisationer bidra.

⁴⁷ På intradagmarknaden infördes handel på 15 minuter under 2023, något som förväntas införas även på dagen före marknaden.

⁴⁸ <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/ny-statistik-visar-pa-fler-aktiva-elkunder/>

ökar möjligheten till tydlighet och transparens. I den mån det är möjligt bör elnätsbolag ta fram kapacitetskartor, men här behövs stöd från branschforskare för att ta fram metodik.

- *Standardisering* är en grundförutsättning för att kunna åstadkomma mycket av den funktionalitet som föreslås, inte minst för att användare ska kunna få tillgång till alla laddplatser med adekvat information och stöd för att implementera genomtänkta laddstrategier. Aktörer föreslås därför i hög grad använda gemensamt öppna standarder som exempelvis OCPI som Stiftelsen EVroaming tillhandahåller. Kopplat till standardiserade metoder bör elnätsbolag se över sina metoder för dimensionering, så att de beaktar de nya förutsättningar som elnätet står inför.
- *Transparens och samverkan* kommer in som viktiga delar i flera åtgärdsförslag. Rådet är att klargöra vilken data och information som det finns ett värde av att dela och med vilka. Om det finns sekretesskäl till att inte dela data bör detta motiveras och möjliga lösningar sökas, vilket gäller samtliga aktörer. När det gäller värdeskapande ligger ansvaret dels hos aktörerna, dels hos Energimyndigheten som också bör utveckla och sprida kunskap via den kunskapsplattform som föreslagits.

Mognaden i de åtgärder som föreslås skiljer sig åt en hel del, där en del är redo att implementeras av marknadens aktörer, medan andra innebär att ytterligare analys och utredning behövs. Som nämnts så pågår en hel del arbete kopplat till elfordon och laddinfrastruktur men mycket relaterar till att förbättra elmarknaden generellt, vilket elfordon både kan bidra till och dra nytta av.

8 Referenslista

- Barr, Johanna och Topel, Monica. 2022. *Långsiktiga scenarier för introduktion av elfordon. Energiforsk rapport 2022:899.* 2022.
- Blomqvist, Peter och Nyholm, Emil. 2023. *Elektrifiering av fordonsflottan - Fallstudie av Skövde Energi Elnäts nätområde. Energiforskrapport 2023-970.* 2023.
- Boverket. 2021. *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om utrustning för laddning av elfordon. BFS 2021:2.* januari 2021.
- Bussmagasinet. 2023. *Bygger publika laddstationer för bussar och lastbilar.* <https://www.bussmagasinet.se/2023/01/bygger-publika-laddstationer-for-bussar-och-lastbilar> [2023-12-03]. 2023.
- Chademo. 2022. *Protocol Development.* <https://www.chademo.com/technology/protocol-development>. [2023-10-23]. 2022.
- Energimarknadsinspektionen. 2023a. *Flexibilitet i distributionsnäten - Förutsättningar för ett effektivt nätutnyttjande.* 2023a.
- . 2023b. *Främjande av ett mer flexibelt elsystem.* 2023b.
 - . 2023c. *Konsumenter och efterfrågefleksibilitet - En nulägesbeskrivning och åtgärdsförslag för ökad flexibilitet.* 2023c.
 - . 2022a. *Kortare ledtider för anslutning av nya laddningspunkter till elnätet. Ei R2022:08.* 2022a.
 - . 2023d. *Kortare ledtider för elnätsutbyggnad - Utveckla arbetssätt och parallella processer. Ei R2023:09.* 2023d.
 - . 2020. *Lokaliseringssignaler i elnätstariffer - Förslag till lagändring. Ei PM2020:03.* 2020.
 - . 2023e. *Nätutvecklingsplaner 2025–2034 - Vägledning till den första inrapporteringen - UTKAST.* 2023e.
 - . 2020. *Ren energi inom EU – Ett genomförande av fem rättsakter.* 2020.
 - . 2023. *Villkorade avtal. Ei R2023:08.* 2023.
- Energimyndigheten. 2023a. *Delrapport inom uppdraget om handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas. ER 2023:06.* 2023a.
- . 2022b. *Energiläget 2022 - Med energibalanser för år 1970-2020.* 2022b.
 - . 2023b. *Myndighetsgemensam uppföljning av samhällets elektrifiering - Rapportering 2022.* 2023b.
 - . 2023c. *Ny statistik visar på fler aktiva elkunder.* www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/ny-statistik-visar-pa-fler-aktiva-elkunder/ [2023-12-03]. 2023c.
- Energimyndigheten och Trafikverket. 2023. *Handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas. ER 2023:23.* 2023.
- Energimyndigheten. 2023d. *Scenarier över Sveriges energisystem 2023 - Med fokus på elektrifieringen 2050. ER 2023:07.* 2023d.
- . 2023e. *Smart styrning av elanvändning - Analys av tekniska förutsättningar för utrustning samt rekommendationer för ökad efterfrågefleksibilitet.* 2023e.
- Europaparlamentet. 2023. *Europaparlamentets och rådets förordning om utbyggnad av infrastruktur för alternativa drivmedel och om upphävande av direktiv 2014/94/EU.* 2023.
- Europeiska revisionsrätten. 2021. *Infrastruktur för laddning av elfordon: laddningstjänsterna har blivit fler, men den ojämna utbyggnaden gör det svårt att resa i EU.* <https://www.eca.europa.eu/>. 2021.
- Falkenklev logistik. 2023. *Vi bygger Sveriges största ladd- och batteripark.* <http://www.falkenklelogistik.se/> [2023-12-03]. 2023.

- Göransson, Lisa. 2023. *Balancing Electricity Supply and Demand in a Carbon-Neutral Northern*. <http://dx.doi.org/10.3390/en16083548>. 2023.
- Hajeforosh, Fatemeh och Bollen, Math. 2020. *Dynamisk belastningsförmåga av luftledning* - Överbelastningsskydd och tillförlitlighet. 2020.
- Hilber, Patrik, Dahlin, Carmen och Dahlgren, Linu. 2020. *Hybridmetod för riskbaserad värdering av driftsäkerhet*. *Energiforsk rapport 2020:675*. 2020.
- Holm, Johan, m.fl. 2023. *Visualisering av Sverige framtida elanvändning och effektbehov*. *Energiforskrappport 2023:913*. 2023.
- InsideEVs. 2023. *European CCS (Type 2 / Combo 2) Conquers World - CCS Combo 1 Exclusive To North America*. <https://insideevs.com/news/333637/european-ccs-type-2-combo-2-conquers-world-ccs-combo-1-exclusive-to-north-america/> [2023-11-16]. 2023.
- Interchargers. 2023. *CCS1 Vs. CCS2: Difference in EV Charging Standards*. <https://interchargers.com/ccs1-vs-ccs2-difference-in-ev-charging-standards/#What%20Is%20Ccs2?> [2023-11-16]. 2023.
- ISO 15118. 2019. *Road vehicles - Vehicle to grid communication interface*. [Online] 2019. <https://www.iso.org/standard/69113.html>.
- Jerker Sidén, Anna Carlén, Elias Carlsson, Hussein Abdirisak. 2022. *Kortare ledtider för anslutning av nya laddningspunkter till elnätet*. u.o. : Ei R2022:08, 2022.
- Kobayashi, Y, M, Taljegard och Johnsson, F. 2023. *A GPS logging and survey-based analysis of charging infrastructure requirements- a Swedish case study of electric vehicles*. *The 12th Annual Swedish Transport Research Conference - STRC 2023*. 2023.
- Konkurrensverket. 2023. *Kommunerna är skyldiga att inte begränsa konkurrensen vid utbyggnaden av laddinfrastruktur*. <https://www.konkurrensverket.se/konkurrens/samlad-kunskap-om-konkurrens/laddinfrastruktur/> [2023-11-23]. 2023.
- Kostopoulos, Emmanouil, Spyropoulo, Geogrg och Kaldellis, John. 2020. *Real-world study for the optimal charging of electric vehicles*. 2020, Vol. 6.
- Lidström, Erica, Jelica, Darijan och Blomqvist, Peter. 2022. *Elektrifiering av fordonsflottan - Kartläggning och nulägesbeskrivning av elfordon, laddinfrastruktur och elnät*. 2022.
- Lundblad, T, m.fl. 2024. *The REGAL model: An open data-based model for synthetic low-voltage grids to estimate hosting capacity*. *To be submitted for publication*. 2024.
- Naturvårdsverket. 2023. *Ladda bilen*. <https://www.naturvardsverket.se/bidrag/ladda-bilen/> [2023-12-03]. 2023.
- . 2023. *Lägesbeskrivning för Klimatklivet*. Ärendenummer NV-00692-23. 2023.
- . 2023. *Så mycket stöd kan du få*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/klimatklivet/sa-mycket-stod-kan-du-fa/> [2023-11-25]. 2023.
- Naucler, Catarina, Telin, Fillippa och Joelsson, Yuri. 2023. *Ett elsystem för elfordon - Åtgärder för att säkerställa en storskalig elektrifiering av fordonsflottan*. *Energiforskrappport 2023-967*. 2023.
- Power Circle. 2023. *Efterfrågeflexibilitet från kommersiella transporter*. 2023.
- . 2023. *Elbilstatistik*. <https://powercircle.org/elbilsstatistik/> [2023-12-10]. 2023.
- . 2021. *Vad är smart laddning?* 2021.
- Regeringskansliet. 2013. *Fossilfrihet på väg - Del 1*. SOU 2013:84. 2013.
- . 2023. *Undanröja hinder för elektrifieringen av transportsektorn*. <https://regeringen.se/rattsliga-dokument/kommittedirektiv/2023/06/dir.-202380> [2023-12-06]. 2023.
- Svenska Kraftnät. 2023. *Nätutvecklingsplan 2024-2033*. 2023.

- . 2023. *Strategisk handlingsplan för ökad. u.o. : Svenska Kraftnät*, 2023.
- Sveriges Kommuner och Landsting. 2019. *Gatuarbete i tätort - Handbok till stöd för planering*. 2019.
- Taljegård, Maria, m.fl. 2024. *Påverkan på elsystemet och elnätet av en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. Energiforskrappport 2023-966*. 2024.
- Trafikanalys, SCB. 2023. Sveriges nationella statistik för elbilar och laddinfrastruktur. [Online] 2023.
- Williamsson, Jon och Schaad, Gabriela. 2023. *Affärsmodeller för laddinfrastruktur*. 2023.

Bilaga A: Workshop deltagare

Deltagare i workshops inom projektet om behov, målkonflikter och lösningar.

Utmaningar	Möjligheter och lösningar	Åtgärder
Business Region Göteborg	2030-sekretariatet	2030-sekretariatet
Chargepoint	Allego	Business region
Drivkraft Sverige	Batteryloop	Checkwatt
Elinorr	BR Göteborg	Drivkraft Sverige
Energimarknadsinspektionen	ChargePoint	Energimarknadsinspektionen
EON	Drivkraft Sverige	Einride
Flower tech	Einride	Ellevio
Go2 Zero	Ellevio	Energiföretagen
Göteborg Energi	Energimarknadsinspektionen	Göteborg Energi
Lindholmen	Go2 Zero	IoT Nordic
Mobility Sweden	Göteborg Universitet	Jämtkraft
Power Circle	Jämtkraft	Lindholmen
Riksbyggen	Lindholmen Science Park	Mobility Sweden
Rise	Miljöförvaltningen Stockh.	Stockholm kommun
Sveriges allmännyttan	Mobility Sweden	Sveriges Allmännyttan
Södertälje kommun	Power circle	Tekniska Verken
Trafikkontoret Göteborg	Riksbyggen	Vasakronan
Trafikverket	Svenska kraftnät	Vialumina
Transportföretagen	Sveriges åkeriföretag	Åkeriföretagen
Vasakronan	Trafikverket	
	Transportföretagen	
	Tekniska verken Linköping	
	Via Lumina	
	Volkswagen	

Deltagare i workshops med 2030-pusslet om vad som är mest avgörande för elektrifiering av transportsektorn

Grupp 1	Grupp 2
Ellevio	Bring
Circle K	Einride
PostNord	Scania
Virta	Vattenfall eldistribution
Volvo Group	Volta trucks
	Vainio Sweden

ETT ELSYSTEM FÖR ELFORDON – SYNTESRAPPORT

Ambitionen med projektet "Ett elsystem för elfordon" har varit att – med fokus på samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystemet och elnäten – ge åtgärdsförslag som lägger grunden för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. Scenarier för etablering av elektriska fordon, som tagits fram inom projektet, visar att elektrifieringen av flottan sannolikt kommer fortsätta gå snabbt. Vad som påverkar takten är i stor utsträckning de policybeslut som tas inom EU och i Sverige.

Till år 2045 bedöms elfordon stå för ett årligt elbehov om ca 30TWh. Om dessa elfordon i stor utsträckning laddar oplanerat skapas effekttoppar och ökar behovet av flexibilitet i elsystemet som exempelvis vätgaslager, vattenkraft, värmelager och stationära batterier. Nya analyser från projektet har däremot kvantifierat och visat på potentialen för elbilar att bidra med flexibilitet för att balansera systemet. I projektet har man analyserat påverkan på nätet utifrån dagens överföringskapacitet där resultaten pekar på att det finns stor potential att resurseffektivt utnyttja nätet.

Med en laddstrategi där elbilsägare styr sin laddning mot både ett lågt elpris och en lokal nättariff skapas potential för flexibilitet i elsystemet och minskar behovet av investeringar i annan lagringskapacitet, så som vätgaslager. Även när det gäller lokalnätets samlade effektbehov från överliggande nät kan det reduceras väsentligt om man lyckas styra laddningen, men det kan skilja sig mellan orter beroende på hur kundunderlaget ser ut. Varje elnätbolag behöver därför förstå hur förbrukningen ser ut i det egna nätet för att kunna vidta rätt åtgärder.

Projektet föreslår ett stort antal åtgärder där många kan genomföras parallellt, vilket är nödvändigt för att utvecklingen inte ska bli ineffektiv. Marknadsaktörer som intervjuats och deltagit på workshops efterfrågar en nationell koordinering för att klara av detta, där Energimyndigheten föreslås bli nationell samordnare för laddinfrastruktur. En plattform för kunskapsspridning och koordinering bör vara centralt i detta.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.