

LIGHTHOUSE REPORTS

Laddning av elbilar på färjor och terminaler



En förstudie initierad av Lighthouse, publicerad juni 2022

www.lighthouse.nu

Published Augusti 2021

Genomförbarhetsstudie – Laddning av elbilar på färjor och terminaler

Författare

Henrik Kloo IVL, Svenska Miljöinstitutet AB

Jon Williamsson Göteborgs universitet

I samarbete med

Martin Carlsson, Stena Teknik

Summary

The increasing number of electric vehicles and shortcomings in charging infrastructure calls for an attempt to see how the ferry industry can contribute to electrification of car fleet and at same time provide an attractive offer to clients.

This report attempts to illuminate sustainability aspect and business aspects of charging of vehicles onboard and in terminals.

Business models

Long range travels with electric cars are characterized by a hen and egg situation between car purchase and establishment of charging infrastructure, where an underdeveloped infrastructure slows down electrification and vice versa.

Capital costs dominate the charging facility business case at the same time as investment costs increase fast with charging power. This means that the system should be dimensioned with only just the needed power and that the operator should seek maximum utilization.

Business models and customer values are important to establish beforehand to get maximum value from a charging service. Due to the challenge to reach profitability based on direct charges only, it is important to try to maximize indirect revenue.

The price model is an important part of the business model. Alternatives could be to charge per delivered energy, per time used or fixed price (separate or embedded into package products). Providers can also make selective offers to specific client groups or provide service free of charge.

In the near future, charging services may be seen as a hygiene factor, naturally expected by clients, creating disappointment if not provided for or if service does not meet expectations.

Client values to consider are range anxiety, convenience, accessibility, and sustainability.

Sustainability

Sustainability impact from providing charging on ferries and in terminals may be seen from different perspectives, on one side considering the origin of the provided energy, on the other side the willingness to use electric cars for long distance travel and for long term contribution to electrification of car fleet.

Today the origin of energy onboard is to a high degree fossil. Future development of energy sources should be accounted for, such as onshore renewable energy or onboard impact of shore power, alternative fuels, hybrid solutions and all-electric vessels.

For the example trip Örebro - Hamburg air travel has the largest CO₂ footprint followed by use of a fossil fuelled car. For the electric car, onboard charging show somewhat higher footprint than terminal charging, more or less difference depending on what auxiliary power system is used onboard.

Sammanfattning

Andelen laddbara personbilar i den svenska rullande fordonsparken förväntas öka från 6% år 2020 till 35-50% år 2030. För Europa som helhet är motsvarande utveckling 0,2% år 2020 till 30-40% år 2030.

Andelen laddbara tunga fordon i Sverige väntas på motsvarande sätt öka från nära noll till 5-15%. Elektrifieringen av fordonsflottan började för de mindre fordonen och för kortare körsträckor men inom kort kommer elektrifieringsgraden att vara mer jämnt fördelad över alla fordonsklasser.

Utbyggnaden av laddinfrastruktur för elfordon är en helt avgörande fråga för att nå uppsatta miljömål. Idag släpar infrastrukturen efter behovet, särskilt för fjärrtrafik.

Denna rapport belyser hållbarhets- och affärsmodellspekter på laddning i färjeterminaler och ombord i passagerarfartyg.

Affärsmodell

Långfärd med elbil karaktäriseras av en hönan-eller-ägget situation mellan elbilsinköp och etablering av laddinfrastruktur, där en underutvecklad infrastruktur bromsar tillväxten av elbilsflottan och vice versa.

Kapitalkostnaden är avgörande för en investering samtidigt som kostnaden för laddsystemet ökar mycket snabbt med ökande effekt. Detta gör att man bör dimensionera systemet endast för det verkliga behovet och söka maximal beläggning.

Affärsmodell och kundvärden är mycket viktigt att etablera på förhand för att få maximal nytta av en laddningsservice. Då det är svårt att nå lönsamhet i den direkta försäljningen av energi bör man se till sekundära effekter och försöka maximera nyttan.

Prismodellen är av betydelse som del i helheten, alternativt att beakta kan vara att ta betalt per levererad energimängd, per tid, eller fastpris antingen separat eller inbakat i paket. Man kan också göra riktade erbjudanden till utvalda kundgrupper eller låt tjänsten vara gratis.

Laddning håller också på att bli en hygienfaktor, något som kunder förväntar sig, och besvikelse uppstår om inte tjänst erbjuds eller inte motsvarar förväntningar. Kundvärden att beakta kan vara räckviddsångest, bekvämlighet, tillgänglighet och miljönytta.

Hållbarhet

Miljökonsekvensen av att erbjuda laddning på färjor och terminaler kan betraktas i flera nivåer, från den direkta källan till den erbjudna elenergin, påverkan på vilja att använda elbil för resan och till bidraget till elektrifieringen av transportnäringen i stort.

Idag är el-energikällan ombord dominerande fossil. Framtida utveckling av energikällor bör tas i beaktande, iland kan det vara etablering av vindkraft eller solceller och ombord påverkan av landström, effektiviseringar, alternativa bränslen, hybridlösningar och eldrift.

För exempelresan Örebro-Hamburg har flyg den största miljöbelastningen uttryckt i CO₂, följt av färd med diesebil. För elbilsfärd har alternativet med laddning ombord en något högre miljöbelastning än laddning iland. Denna skillnad beror på energikällan ombord och minskar ner mot potentiellt noll med ovan nämnda miljöåtgärter.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	6
1.1	Syfte.....	6
2	Omvärldsbild.....	7
2.1	Prognoser om utvecklingen av elfordon	7
2.2	IVL:s prognos.....	7
2.3	Summering utifrån olika scenarier.....	7
2.4	Fordonstillverkarens strategier	8
2.5	Utfasning av fossildrivna bilar i Europa.....	9
2.6	Slutsats – har elbilen kommit för att stanna?	10
2.7	Tunga fordon.....	10
2.8	Batterityper och laddteknik.....	11
2.9	Säkerhetsaspekter	12
2.10	Demonstrator för laddning ombord.....	12
3	Utveckling av laddinfrastruktur i Europa	13
4	Uppskattning av effekter och energibehov vid laddning av fordon på färjor.....	14
4.1	Elbehovet för laddning av fordon	14
4.2	Energikällor ombord och förväntat behov	15
5	Analys av klimatpåverkan av laddning av elfordon på färjor	16
5.1	Emissioner från fartygets motorer vid laddning.....	16
5.2	Jämförelse med emissioner från diesebil	16
5.3	Jämförelse av CO2-ekvivalenter för en resa mellan Örebro och Hamburg.....	17
5.4	Slutsats miljöeffekter.....	19
5.5	Källor.....	19
6	Affärsmodeller för laddning av elfordon ombord och i terminal.....	20
6.1	Introduktion.....	20
6.1.1	Metod.....	21
6.1.2	Läsinstruktioner.....	22
6.2	Litteraturgenomgång – affärsmodeller för laddinfrastruktur.....	22
6.3	Forskningslitteratur om laddinfrastruktur	25
6.3.1	Erbjudande och Kund.....	25
6.3.2	Infrastruktur	25
6.3.3	Ekonomisk bärkraft.....	26
6.4	Övriga publikationer och medierapportering.....	28
6.4.1	Erbjudande och Kund.....	29

6.4.2	Infrastruktur	29
6.4.3	Ekonomisk bärkraft.....	30
6.5	Marknadsinventering av laddtjänster ombord och i terminal.....	31
6.5.1	Perspektiv på laddinfrastruktur ombord och i terminal.....	34
6.6	Analys och diskussion.....	35
6.6.1	Förutsättningar för affärsmodeller för laddning i terminal och ombord	36
6.6.2	Erbjudande och Kund.....	37
6.6.3	Infrastruktur	38
6.6.4	Ekonomisk bärkraft.....	39
6.7	Ansvarsfördelning och systemgränser	40
6.8	Inkluderande av säkerhetsaspekter i investeringsbeslutet	40
6.9	Möjlig kannibalisering laddtjänster emellan.....	41
6.10	Slutsats.....	41
6.11	Källor.....	42
7	Bilagor.....	45
7.1	Bil Swedens färdplan för lätta fordon.....	45
7.2	Bil Swedens färdplan för tunga fordon	46
7.3	Energimyndighetens elektrifierings-scenarier	47
7.4	IVL Svenska Miljöinstitutets underlag till Trafikanalys.....	50
7.5	Trafikverkets scenarier.....	53
7.6	Global EV Outlook om Europa-marknaden.....	53
7.7	Energiåtgång exempelfartyg Stena Scandinavica	55

1 Inledning

Andelen hel-elektriska personbilar i fordonsflottan ökar och väntas öka än mer dramatiskt närmaste åren. Detta betraktas av samhället som en starkt önskvärd utveckling.

Laddinfrastruktur för långdistanstrafik är ännu omogen och måste utvecklas i takt med fordonsbeståndet. Detta är av avgörande betydelse för att elbilen ska vara ett attraktivt alternativ för längre körsträckor. Färjesjöfarten kan bidra till detta genom att inom sitt område tillse att kundernas laddbehov kan tillgodoses. Detta skulle stärka el-bilens och färjesjöfartens konkurrenskraft och öka hållbarheten i transportsystemet.

1.1 Syfte

Förstudiens syfte är att:

- Kartlägga utveckling av laddinfrastruktur för fjärrtrafik på land, typ av tjänster och aktörer
- Påvisa total miljöeffekt av att erbjuda elbilsladdning ombord och på terminaler. Utvärdera (från andra projekt) föreslagna laddsystem och säkerhetsåtgärder för ombordladdning
- Belysa komplett affärsmodell, beaktandes förväntade behov, investeringar, hållbarhet, framtida energikällor ombord och intäktsmöjligheter.
- Bidra till beslutsunderlag för introduktion av laddning i begränsad skala ombord och/eller på terminaler.
- Ge en grund för fortsatta studier mot framtida fullskalig implementation.

2 Omvärldsbild

2.1 Prognoser om utvecklingen av elfordon

Övergången till elfordon styrs i hög grad av internationella regler för utsläpp och energiåtgång av fordon. EU-regleringar är viktigast för utvecklingen i Sverige och övriga Europa. Men även regelverk i Asien och USA påverkar fordonstillverkarna och därmed indirekt även utbudet på Europamarknaden.

På nationell nivå har också miljöpolitik, styrmedel, subventioner och liknande stor betydelse. Det märks bland annat på att det finns stora skillnader mellan andelen elbilar i olika västeuropeiska länder, trots att det är samma regelverk för fordon i alla EU-länder. Politiska beslut på detta område kommer utvecklas framöver och de kan vara svåra att förutsäga.

Hur fordonstillverkare och batteriproducenter agerar på olika marknader spelar också stor roll. Vilka produkter som tas fram, hur de prissätts och hur aktörerna arbetar med marknadsföring. Givetvis spelar också köparnas kunskap och intresse viss roll, liksom hur olika aktörer som arbetar med laddinfrastruktur kommer att agera.

2.2 IVL:s prognos

IVL Svenska Miljöinstitutet gjorde år 2020 ett underlag till Trafikanalys med prognoser om elfordon i Sverige utifrån hittills fattade beslut. Rapporten sammanställde ett antal olika underlag och gav en siffra för olika fordonstyper.

Tabell 1 Prognos för elfordon 2030

Andel fordon i flottan	År 2030
Personbil el	17 %
Personbil laddhybrid	16 %
Lätta lastbilar	10 %
Tunga lastbilar	7 %

2.3 Summering utifrån olika scenarier

IVL:s uppdrag ovan var att ange ett specifikt värde. Med tanke på att utvecklingen ännu är osäker kan det vara bättre att utgå från ett spann. Nedan finns summerat några relevanta rapporter om utvecklingen till 2030 i Sverige och Europa. Vissa presenterar förutsägelser om andelen elektrifierade fordon, medan andra prognosticerar andelen eldrift. Detta är inte samma sak. Notera också att en del av de laddbara personbilarna är laddhybrider som körs både på el och flytande drivmedel.

En ungefärlig summering av underlag om utvecklingen i Sverige till år 2030 visar att andelen laddbara personbilar då kan komma att vara 35-50 procent, med i storleksordningen tio procentenheter lägre andel eldrift eftersom många är laddhybrider. Andelen eldrivna godstransporter kan hamna mellan 3 och 10 procent. Utvecklingen i Europa som helhet kommer sannolikt hamna i nedre delen av det svenska intervallet.

Tabell 2 Laddbara fordon eller trafikarbete med el 2030

Bedömningar om laddbara fordon eller trafikarbete med el år 2030 i Sverige	Låg grad av elektrifiering	Hög grad av elektrifiering
Bil Sweden (låg-hög-scenarier)		
Andel lätta fordon	35 %	45 %
Andel tunga fordon	10 %	16 %
Energimyndigheten (bakåträkning för reduktionsplikt)		
Personbil el	14 %	53 %
Personbil laddhybrid	20 %	20 %
Lätta lastbilar laddbara	20 %	20 %
Tunga lastbilar laddbara	10 %	10 %
Trafikverket (bakåträkning för klimatmålet minus 70 %)		
Personresor på väg med eldrift	18 %	27 % - 36 %
Vägburna godstransporter med el	3 %	10 %

Tabell 3 Laddbara fordon som andel av nyförsäljning i Europa 2030

IEA om andelen laddbara fordon i nyförsäljningen i Europa år 2030	Prognos med nuvarande politik	Hållbarhets-scenario i linje med Parisavtalet
Lätta fordon el	c:a 18%	c:a 35%
Lätta fordon laddhybrid	c:a 10%	c:a 15%
Tunga lastbilar el	c:a 3%	c:a 3%
Tunga lastbilar laddhybrid	-	c:a 7%
Bussar	c:a 50%	c:a 50%

2.4 Fordonstillverkarens strategier

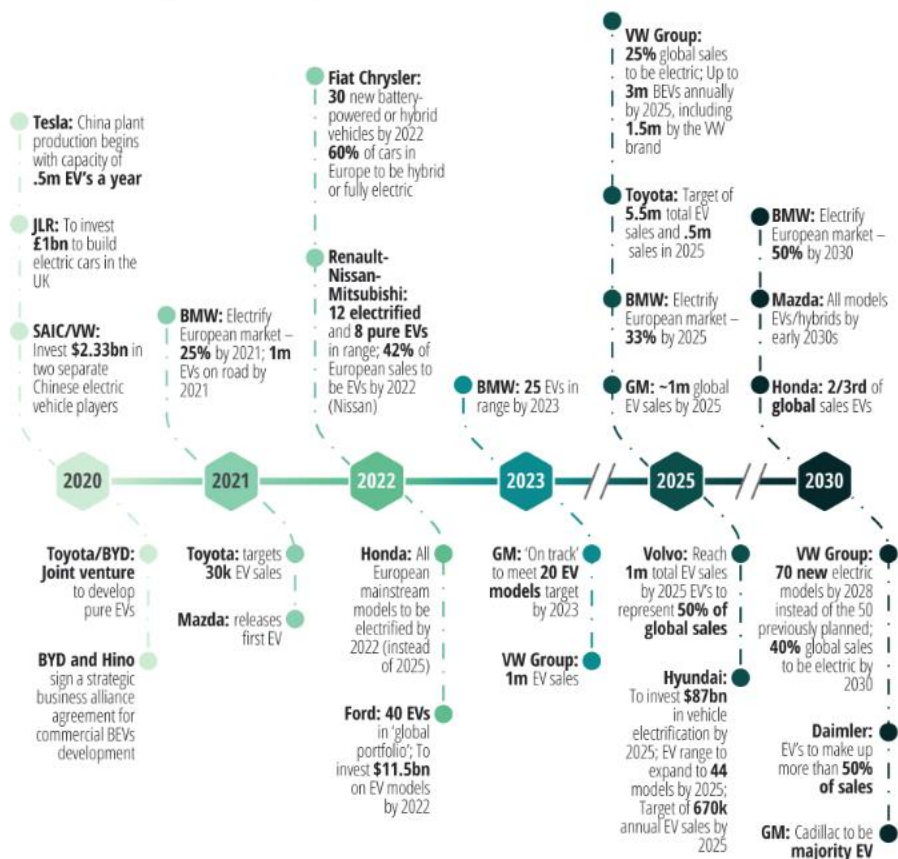
Det sker ett tydligt trendsifte bland fordonstillverkarna utvecklings- och marknadsplaner mot laddbara fordon. Många tillverkare har annonserat att man inte avser att fortsätta utveckling av förbränningsmotorer och allt fler modeller av såväl laddhybrider som fullelektriska fordon presenteras.

I figuren nedan, som är hämtad från en artikel från den 28 juli 2020 på Deloitte Insights på det brittiska konsultföretaget Deloitte's hemsida "Electric Vehicles – setting the course for 2030 (<https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/future-of-mobility/electric-vehicle-trends-2030.html>) finns en sammanställning av flera fordonstillverkarens presenterade planer och strategier.

Samtidigt presenteras nyheter från fordonstillverkarna kontinuerligt i samband med lanseringar, mässor, webinarier etc. Många ser också plugg-in-hybrider som en övergångslösning, som efterhand minskar till förmån för rena elfordon. T.ex. skriver Mercedes-Benz i ett pressmeddelande juli 2021 att samtliga nya lanseringar av plattformar kommer att vara fullelektriska efter 2025.

I en rapport från Bloomberg NEF från maj 2021 ”Hitting the EV inflection point – Electric vehicles price parity and phasing out combustion vehicle sales in Europe” (https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2021_05_05_Electric_vehicle_price_parity_and_adoption_in_Europe_Final.pdf) förutspår man att batterielektriska personbilar kommer att ha minskat i pris och kommit i samma nivå som fordon med förbränningsmotorer runt 2026-2027. Med tanke på elfordonens lägre driftkostnader kommer då totalkostnaden för kunden att ligga lägre, vilket bör påverka marknadsläget.

Timeline of strategic OEM targets for EVs



Source: Deloitte analysis²⁸

Deloitte Insights | deloitte.com/insights

Figur 1 Sammanställning av fordonstillverkares presenterade planer och strategier (Deloitte)

<https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/future-of-mobility/electric-vehicle-trends-2030.html>

2.5 Utfasning av fossildrivna bilar i Europa

I EU:s program Green deal, eller som den kallas ”Fit for 55”, som avser att minska klimatutsläpp med 55% till 2030, är målsättningen att emissioner från bilar och vans ska minska 50% till 2030. Nya bilar ska ha nollutsläpp från och med 2035. Detta innebär en stor utmaning för fordon som går på traditionella förbränningsmotorer. Från 2026 ingår dessutom transporter i utsläppshandelssystemet.

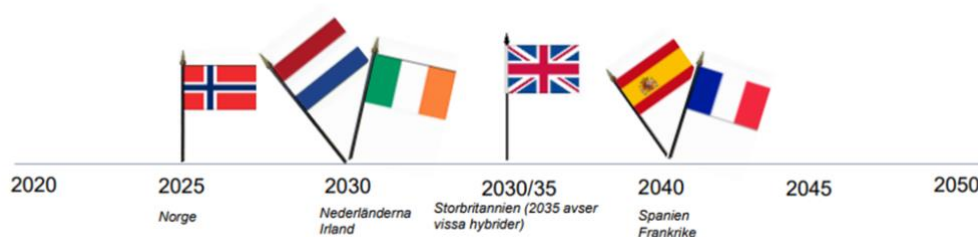
I Sverige fick den s.k. Utfasningsutredningen i uppdrag att utreda om och i så fall när Sverige kunde fasa ut fordon som drivs med fossila bränslen. Och möjligheten att införa ett nationellt förbud mot försäljning av nya bensin- och dieslbilar.

(”Utfasningsutredningen”: I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040, SOU 2021 48

https://www.regeringen.se/49bb6c/contentassets/3c895fca1e1641ff8591e6ec1d6ad996/sou_2021_48_del_1.pdf).

Utredningen föreslår att fossila drivmedel bör fasas ut till 2040 men inte tidigare, eftersom det skulle innebära svårigheter att möta upp med förnybara bränslen när fortfarande många fordon med förbränningsmotorer är i bruk. Det kan göras med en gradvis ökning av dagens reduktionsplikt. Det kan också göras genom att införa en nationell utsläppshandel för drivmedel som skärps gradvis. Man föreslår inte något nationellt förbud mot bensin- och dieslbilar, vilket skulle komma i konflikt med EU:s regelverk, men att Sverige i stället bör påverka EU mot att gå mot nollutsläpp, helst till 2030. Sverige kan, liksom andra länder, ha målsättningar att fasa ut fossilbränslefordon med olika styrmedel, t.ex. via bonus-malus-system etc. I rapporten finns nedanstående figur som illustrerar hur olika länders målsättningar ser ut.

Figur 4.1 Länders planer för utfasning av bensin-och dieseldrivna bilar i nybilsförsäljningen (urval)



Figur 2 Utfasning av bensin/ dieseldrivna bilar (Utfasningsutredningen)

2.6 Slutsats – har elbilen kommit för att stanna?

Det görs ständigt prognoser för hur fordonsflottans utveckling kan se ut och dessa förändras också för varje ny analys. Det står dock allt mer klart att förbränningsmotorns dagar går mot sitt slut och elektrisk drift blir det nya. Faktorer såsom klimathot, lagstiftning om utsläppskrav, sänkta kostnader för elfordon, tillverkarnas strategier och kundernas preferenser går i den riktningen.

En utmaning är dock laddinfrastrukturen. Idag är hemmaladdning den dominerande, men efterhand som elfordonen blir fler och kör längre sträckor, samtidigt som laddhybrider ersätts med fullelektriska fordon kommer efterfrågan på publik laddning att öka. Det är då frågan om länderna klarar den massiva utbyggnaden för att möta behovet. Annars kanske det är rätt att säga att ”elbilen har kommit för att stanna.”

2.7 Tunga fordon

Ingen av de som intervjuades eller de företag som kontaktades såg laddtjänster till tunga fordon som en möjlig tjänst. Två av de som intervjuades sa rakt ut att det inte kommer att vara aktuellt med laddtjänster till tunga transportfordon de närmaste åren. Undantaget är elbussar som redan är standard i upphandling idag men dessa körs inte långdistans. Med tanke på att det nästan inte finns några tunga fordon för långdistanskörningar och att de

långdistanskörningar som går in i Sverige är otroligt prispressade så är det inte troligt att laddning av tunga fordon kommer att vara attraktivt att erbjuda de närmaste 3-5 åren. Det är möjligt att tyngre lastbilar som körs i, omkring och mellan hamnstäder kan behöva laddning. Sådana fordon är lättare att räkna hem ekonomiskt i och med att de har mindre batterier och högre nyttjandegrad. Frågan är dock hur vanligt det är att sådana fordon tar färjor, möjligen till vissa destinationer så som Bornholm eller Åland. I de fallen kan det dock vara så att lastbilarna är så små att de går att ladda med en vanlig laddare utan problem. I sådana fall är det takhöjd och bredd på parkeringsrutan som är mer avgörande för användning än själva laddinfrastrukturen.

När det gäller tunga lastbilar är det lokal- och regional distribution (<30 mil) som ligger först med elektrifiering. Bilar laddas i depå eller vissa publika laddplatser. Dock rör det på sig även på fjärrsidan och både Volvo och Scania tittar på hur ett nät av laddstationer skulle kunna se ut och vilken kapacitet som krävs med hänsyn till vanliga stråk, kör- och vilo-tider etc. Som exempel på det var ett resonemang från en person från Scania, som jobbar med detta att när alla lastbilar kör av färjan i Trelleborg, så behöver de rast i Jönköpingstrakten ungefär samtidigt och finns det då kapacitet för laddning på rastplatser runt omkring? Så i ett 5-10-årsperspektiv är det inte helt otänkbart att laddning på färjor, som ju också är den del i kör-planeringen, kan bli efterfrågat. Nu finns ett ytterst fåtal tunga lastbilar som är fullelektriska, men de finns på marknaden och dieselpriiset rusar, så osvuret är bäst.

Powercircle hade ett seminarium i fjol, som finns sammanfattat här:

<https://press.powercircle.org/posts/blogposts/en-gemensam-agenda-for-logistik--och-energibr> De tog också fram ett faktablad, som kan hämtas via den sidan.

2.8 Batterityper och laddteknik

De flesta tillverkare, även nya etableringar, producerar batterier baserat på den vanligaste kommersiella tekniken NMC, vilket betyder att katoden innehåller nickel, magnesium och kobolt. Dock ökar intresset för LFP (litiumferrosulfat) drivet av lägre kostnad och en strävan att komma bort från resursknappa ämnen, framför allt kobolt. I ett nyhetsbrev från OmEV skriver Helena Berg:

”Trender inom kemival

De flesta celltillverkarna som vi gått igenom i denna serie jobbar med NMC-celler, och då främst med varianten NMC622 (dvs. 60% Ni, 20% Mn och 20% Co) och NMC torde dominera även 2030. Men trenden är att fler och fler använder LFP-celler. Orsakerna är olika, men helt koboltfria celler är en drivkraft, bättre effektprestanda en annan och den tredje är prislappen.

Andra koboltfria varianter börjar också få fotfäste, såsom LNMO och NMX (X=något annat än Co, t.ex. Al).

För de allra flesta kommer inte valet av cellkemi spela någon roll mer än att det kan bli billigare eller dyrare lösningar för OEM:erna och därigenom påverka fordonspriset. Alla kemier kommer kunna anpassas till fordonskraven på räckvidd, laddhastighet etc. men konsekvensen kan bli större och tyngre batterier om man väljer 'fel'.”

Solid state batterier ligger längre fram i tiden.

Angående laddteknik, vanligast nu är att man gått från 50 kW mot 100-150 kW, men trenden är att gå vidare och det dyker upp premiumvarianter för större fordon på 350 kW

om 10 år kan det bli än högre, men kostnaden ökar med det, så frågan blir var lönsamhetsoptimum hamnar. Men, såklart vill alla ladda så fort som möjligt.

2.9 Säkerhetsaspekter

Fordon med Li-Ion batterier medför nya typer av risker och beteenden vid instabilitet, Exempelvis kan överladdning av batteriet medföra termisk rusning med brand som möjlig konsekvens. Denna risk måste analyseras och mitigeras om laddning av elbilar ombord övervägs. Dessutom innebär varje nytt elektriskt system ombord i sig en adderad riskkvantitet.

Kunskapen om elbilars beteende, påverkan på fartyget inklusive eventuell laddning och vad som är rätt säkerhetsåtgärder, är under brant utveckling. Ett antal projekt och rapporter behandlar ämnet. Branchorganisationen Svensk Sjöfart har genomfört ett översiktligt orienterande arbete¹. Albero-projekt² genomfört av Schiffssicherheits Institut i Rostock har i ett antal arbetspaket studerat ämnet och presenterat insikter och förslag på säkerhetshöjande åtgärder.

Annat pågående arbete av betydelse är LASH FIRE³, med kontinuerlig spridning av resultat och slutligt färdigställande 2023.

Riktlinjer för laddning av elfordon i svenskflaggade fartyg är utgivet av Transportstyrelsen⁴, EU/EMSA utger i april 2022 ett vägledande dokument⁵ liksom UK/MCA⁶.

2.10 Demonstrator för laddning ombord

Som del i ovan nämnda Albero-projekt har Stena i samarbete med Chargenode, ABB och klassningssällskapet Lloyds Register etablerat en demonstrator-anläggning på en Ropaxfärja med syfte att utforska ett säkert sätt att ladda elfordon ombord.

Laddanläggningen erbjuder sex fordon AC-laddning och demonstrationen innefattar en uppsättning säkerhetsåtgärder avseende proaktiva rutiner, systemövervakning, detektion och brandbekämpning i linje med ovan nämnda styrande dokument.

Filosofin i demonstratorprojektet är att utforska tillämpbarheten för möjliga, och i styrande dokument, föreslagna säkerhetshöjande åtgärder. Aktiviteterna och resultatet delges löpande Lloyds Register som Albero-projektpartner och EMSA arbetsgrupp för transport av fordon med alternativa bränslen.

¹ Study of safety aspects of charging of electrical vehicles onboard RoPax vessels, Svensk Sjöfart, 2019

² Albero projekt, <https://alberoprojekt.de/>, 2019-2021.

³ LASH FIRE, <https://lashfire.eu>, 2019-2023

⁴ Charging electric vehicles on board Swedish Ropax vessels, Transportstyrelsen, 2018

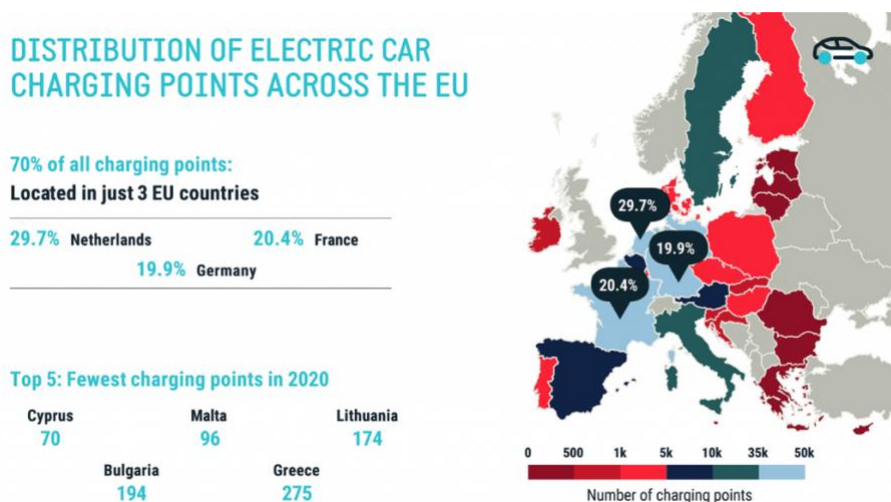
⁵ EU Guidance on carriage of AFVs in RoRo spaces, EMSA, 2022.

⁶ Electric Vehicles onboard Passenger Roll-om/Rolloff ferries, MCA, 2022

3 Utveckling av laddinfrastruktur i Europa

För att klara omställningen till elektrifierad fordonsflotta krävs att det finns ett väl utbyggt och tillförlitligt nätverk av laddmöjligheter, vilket innebär stora investeringar i laddinfrastruktur. Idag sker huvuddelen av laddning hemma, men mer publik laddning förutspås. I en rapport från Boston Consulting Group (BCG) räknar man med att antalet publika laddpunkter i Europa kommer öka från nuvarande 200 000 till 1,8 miljoner 2030, då alltfler bilägare laddar publikt över tid i Europa enligt deras analys. Idag laddas i Europa ungefär 4 TWh publikt per år, men på sikt är prognosen 86 TWh. BCG tror att publik laddning kommer vara nästan hälften av all laddning räknat i TWh i Europa 2030. (<https://www.bcg.com/publications/2021/the-evolution-of-charging-infrastructures-for-electric-vehicles> *Winning the Battle in the EV Charging Ecosystem* april 2021).

ACEA presenterar åtskillig statistik för försäljning laddinfrastruktur mm på sin hemsida (<https://www.acea.auto/reliable-data-statistics/>). Bland annat kan man se hur och var i Europa laddinfrastrukturen är som mest utvecklad. I figuren nedan visas läget 2020, den hittar man på: <https://www.acea.auto/figure/interactive-map-correlation-between-electric-car-sales-and-available-charging-points-2020-update/>



Figur 3 Utbyggnad av laddpunkter inom EU (ACEA)

I figuren visas att utbyggnaden av laddpunkter inom EU är mycket ojämnt fördelad mellan länderna och likaså försäljningen av elektriska fordon. Även icke-medlemsländerna Norge och Storbritannien ligger förhållandevis högt vad gäller antalet publika laddplatser.

Aktörer inom snabbaddning i Europa

En bra lista för svenska marknaden finns på alltomelbil.se. Där nämns: Tesla supercharger (upp till 250kW) finns i hela Europa (och världen), E-ON >50kW, men i samarbete med Clever 51-250 kW, finns också spridd i större delen av Europa. Ionity – hela Europa, 250kW, Fortum Charge & drive ingår i nätverket Recharge, också väl spritt. Cirkel K har laddare mellan 150-350kW, In Charge (Vattenfall) har laddare i norra Europa och företaget ”Mer” förekommer. Priset skiljer sig och man kan ha olika abonnemang etc. Priserna är från 5 upp till 8 kr/kWh där In Charge är klart dyrast (något de fått mycket kritik för). I övrigt i Europa agerar bl.a. ChargePoint (ett amerikanskt bolag), Shell, BP har laddare i UK, EvBox (franskt), ABB, Blink (USA) m.fl. (<https://www.prosperoevents.com/top-ev-charging-operators-in-the-world/>)

4 Uppskattning av effekter och energibehov vid laddning av fordon på färjor

All elektricitet som genereras under drift kommer från fartygets dieselmotorer antingen via generator på propelleraxel eller s.k. hjälpkärror, vilka är dieseldrivna elgeneratorer som förser bogpropellrar mm med elektricitet under manövrering. Den grundläggande frågan är således hur mycket bränsleförbrukningen och miljöbelastningen ökar på grund av den ytterligare elektricitet som behöver genereras för att även kunna erbjuda laddning av elfordon.

4.1 Elbehovet för laddning av fordon

Denna uppskattning gäller per 100 personbilar. Om man förväntar sig fler eller färre får man justera i proportion till det förväntningen. Dock blir effekten per laddpunkt samma, då den beror på varje bils batterikapacitet och tiden som finns tillgänglig för laddning. Med många antaganden blir detta en grov uppskattning, men det ger ändå ett begrepp om storleksordningarna.

Två fall har beaktats:

1. Förväntad fördelning av laddbara fordon 2030 enligt prognos: 20% Fullelektriska (BEV), 10% plug-in hybrid (PHEV) och övriga traditionell drift via förbränningsmotorer.
2. Samtliga personbilar BEV

Antaganden:

- BEV har en batterikapacitet på ca 70 kWh, vilket är högt räknat för fordon med lång räckvidd, annars är 50 kWh ganska vanligt för bilar med medellång räckvidd, men trenden går mot större kapaciteter.
- PHEV batterikapacitet 8 kWh, men stor variation förekommer mellan bilmodeller.
- Batterierna laddas upp till 80% av full kapacitet.
- I snitt behöver 50% av kapaciteten laddas upp. Fordonen har olika mycket laddning när de kommer ombord. Detta beror också på vilket erbjudande som ges. Normalt sett är det alltid billigast att ladda hemma, så de som har nära till eller från båten laddar mindre ombord. Erbjuds dessutom laddning i land, som kanske också är förmånligare, minskar behovet ytterligare.

Överfarter och tider

- Göteborg – Fredrikshamn 3 timmar och 30 minuter.
- Göteborg - Kiel 14 timmar och 30 minuter.
- Trelleborg – Rostock 6 timmar
- Karlskrona – Gdynia 10 timmar

Exempel 1. Situationen 2030

Per 100 bilar är alltså 20 BEV och 10 PHEV:

- 20 BEV à 70 kWh = 1400 kWh
- 10 PHEV à 8 kWh = 80 kWh

Total batterikapacitet är 1480 kWh, men vi laddar endast till 80% = ca 1200 kWh och med antagandet att de redan är laddade till 50% blir **det uppskattade behovet 600 kWh**.

Att leverera 600 kWh på 3 timmar kräver en **genomsnittlig effekt på 200 kW**. Att förse 20 bilar med detta betyder **i snitt 7 kW per laddpunkt**. Maxeffekten kan bli högre på de laddpunkter som förser de bilar som behöver laddas mycket (upp till det dubbla), vilket styrs genom lastbalansering i systemet.

På 14 timmar blir motsvarande behov **43 kW**, respektive **1,4 kW/laddpunkt**.

Exempel 2: 100% BEV

För 100 bilar med kapaciteten 70 kWh och antaganden enligt ovan blir

Total batterikapacitet: 7 000 kWh. 80% av detta 5 600 kWh och med 50% laddning: 2800 kWh

- Under 3 timmar blir effektbehovet för att leverera dessa 2800 kWh i snitt 930 kW och 9,3 kW per laddpunkt
- Under 14 timmar blir effektbehovet 200 kW och 2 kW/laddpunkt.

För ombordladdning räcker alltså en kapacitet motsvarande semisnabb laddning (<20 kW/laddpunkt) även på kortare överfarter och på de längre är behovet i nivå med normalladdning.

4.2 Energikällor ombord och förväntat behov

En demonstrator för laddning av elbilar ombord är under arbete på ett av Stena Lines fartyg. Effekten är här upp till 66 kW, fördelat på 6 laddpunkter. Se även kapitel 2.9 ovan. Kapacitetsbehovet framöver vid en fullskalig installation är svårt att uppskatta enligt Stena Line, men en rimlig ansats kan vara 10-20 laddpunkter, vilket ger ett effektbehov om 200 kW för en lång överfart. Med 10 timmar laddtid innebär detta 2000 kWh totalt levererad energi.

Halveras laddtiden (< 5 timmar) för en medellång rutt behöver effekten dubbleras och det kan bli en fråga om hur tillräcklig kapacitet ska kunna erbjudas.

Fartyget kan generera el direkt från generator på propelleraxeln eller via hjälpmaskinerna med sina generatorer. I båda fallen är diesel den ursprungliga energikällan.

Hjälpmaskinerna används främst vid manövrering och körs för att ha beredskap vid sådana tillfällen. Total effekt är cirka 1000 kW per hjälpmaskin och det finns 4 sådana ombord på demonstratorfartyget. Kapaciteten sätts idag efter behov vid manövrering (bogpropellrar + extra säkerhetsmarginal). Om laddning startar först efter avslutad manöver är det inte troligt att det behövs fler hjälpmaskiner på grund av att bilar laddas ombord.

Blir ruten ännu kortare kan det bli aktuellt med snabbaddning med likström. Det kan dock bli svårt att allokeras mer än ca 400kW ombord-producerad effekt till laddning av elbilar.

Med hjälpbatterier ombord kommer kapaciteten från dessa att öka möjligheterna.

5 Analys av klimatpåverkan av laddning av elfordon på färjor

5.1 Emissioner från fartygets motorer vid laddning

El genereras traditionellt från dieseldrivna aggregat eller fartygets framdrivningsmotorer under överfarten. Tillkommande effektbehov, på grund av att laddning av fordonen erbjuds, kommer således att generera en ökad bränsleförbrukning. Effektbehovet till laddning är dock inte konstant, utan via lastbalansering och övrig optimering kan i teorin laddning ske så att fartygets hjälpmaskiner ligger på optimala driftförhållanden. Beroende på hur detta arrangeras och möjligheter att utnyttja detta har Stena Line presenterat driftscenarier med tillhörande emissionsnivåer, se bilaga 7.7.

För att få en uppfattning om vad den tillkommande elförbrukningen skulle innebära kan man räkna antingen på en marginalförbrukning eller på ett genomsnitt av all förbrukning ombord. Det skiljer mellan 645 g CO₂/kWh, som motsvarar ett mer optimalt fall som innebär attlasta upp lågbelastade hjälpmaskiner vid manöver-beredskap och upp till 735 g/CO₂/kWh som motsvarar emissioner vid ett genomsnittligt driftsfall. Att ladda 35 kWh skulle således bidra med 22,5 – 25,7 kg CO₂ekv/laddpunkt. Med 30 laddplatser ökar då fartyget sina emissioner av koldioxidekvivalenter med mellan 675 – 771 kg per överfart.

Med uppskattad verklig elförbrukning för en elbil på 2 kWh/mil bidrar de ökade emissionerna från laddningen av bilen till ett utsläpp som motsvarar mellan 1,29 – 1,47 kg/mil.

5.2 Jämförelse med emissioner från dieselbil

Enligt Energimyndighetens data, beräknat från källa till hjul (WTW) och med den inblandning av biobränsle som gäller år 2020⁷ är utsläppen av CO₂ 2,69 kg/liter (densitet 0,8, - 0,82).

En modern personbil med diesel förbrukar i storleksordningen 0,5 l/ mil, vilket ger en motsvarande emission på 1,37 kg/mil, enligt Energimyndighetens uppskattning för diesel och 1,67 för bensin.

Således kommer den fartygsladdade elbilens klimatpåverkan att ligga i nivå med en bil som körs med fossila drivmedel motsvarande sträcka som elbilens laddning erbjuder.

Den miljömässiga nyttan skulle man kunna se som att man med denna lösning erbjuder en service som gynnar – eller i alla fall inte missgynnar - användandet av elfordon och på så vis bidrar till att stödja denna omställning. Alla möjligheter att komplettera kapaciteten med förnybar energi ombord eller vid kaj kommer ytterligare att gynna elbilsalternativets miljönytta.

⁷ Den beslutade s.k. reduktionsplikten kommer dock att innebära en ökad inblandning under kommande år av biobränsle i fordonsbränslena, vilket efter hand minskar fordonens klimatpåverkan.

5.3 Jämförelse av CO2-ekvivalenter för en resa mellan Örebro och Hamburg

Ett annat sätt att bedöma klimateffekten är att göra en jämförelse mellan olika sätt att resa en bestämd sträcka med eller utan laddbar bil, samt alternativet att göra resan med flyg. Resan i detta exempel gäller två personer bosatta i Örebro som besöker Hamburg.

- Alternativ 1: Fullelektrisk bil och färja mellan Trelleborg och Rostock med laddning ombord
- Alternativ 2: Fullelektrisk bil och färja Trelleborg och Rostock med laddning vid kaj före avfärd.
- Alternativ 3: Samma resa med dieseldriven bil.
- Alternativ 4: Fullelektrisk bil mellan Örebro och Arlanda med direktflyg till Hamburg.

Alternativ 1. Elbil med ombordladdning

Utresan:

- Elektricitet för resan Örebro – Trelleborg 535 km, förbrukning 2 kWh/10 km, Laddas med en svensk elmix (0,04 kg CO₂ekv/kWh) = **4,3 kg**
- Färjeöverfarten: Viktallokering, enligt uppskattning från Stena Line, för bil och passagerare ca 1700 kg – **22 kg**
- Laddning ombord 50 kWh. Antaget att bilen har batteri med 75 kWh kapacitet och har en laddning ca 10 kWh före avfärd och laddas upp till 80% under överfarten. Det genererar ca 0,7 kg/kWh (ett antaget värde inom intervallet i diskussionen ovan) = **35 kg**

Åtterresan:

- Laddning i Hamburg före återresan med europeisk elmix. Fordonet har färdats från Rostock till Hamburg 184 km, motsvarar 37 kWh. Europeisk mix motsvarar 0,39 kg/kWh = **14 kg**
- Laddning ombord upp till 80% efter resan till Rostock: 184 km – 37 kWh, 0,7 kg/kWh = **26 kg**
- Färjeöverfarten – **22 kg**
- Hemresa och uppladdning under resan och vid hemkomst: 46 kWh med svensk elmix = **2 kg**

Summerat: **125 kg**

Alternativ 2. Elbil laddas vid kaj.

Utresan:

- Elektricitet för resan Örebro – Trelleborg som ovan = **4,3 kg**
- Laddning vid kaj i Trelleborg, Svensk elmix 50 kWh. Antaget att bilen har batteri med 75 kWh kapacitet och har en laddning ca 10 kWh före avfärd och laddas upp till 80% vid kaj 0,04 kg/kWh = **2 kg**
- Färjeöverfarten: Viktallokering för bil och passagerare ca 1700 kg – **22 kg**

Åtterresan:

- Laddning i Hamburg före återresan med europeisk elmix som ovan = **14 kg**
- Laddning vid kaj upp till 80% efter resan till Rostock med europeisk elmix: 184 km – 37 kWh, 0,39 kg/kWh = **14,4 kg**
- Färjeöverfarten– **22 kg**
- Hemresa och uppladdning under resan och vid hemkomst: 46 kWh svensk elmix = **2 kg**

Summerat: **80,7 kg**

Alternativ 3. Dieseldriven personbil.

- Diesel för körning totalt 2x535 km Örebro – Trelleborg tur och retur och Rostock - Hamburg 2x184 km tur och retur vid 137 g/km = **197 kg**
- Färjeöverfart tur och retur 2x22= **44 kg**

Summerat: **241 kg**

Om man istället valt buss för landtransporten minskas emissionerna till ca 20 % av dieselbilens.

Alternativ 4. Flyg via Arlanda

- Elektrisk bil tur och retur Örebro till Arlanda flygplats 2x200 km – 80 kWh Svensk elmix = **3 kg**
- Direktflyg tur och retur Arlanda till Hamburg (enligt ICAO kalkylator för 2 personer) 2 x 230 kg = **420 kg**.
- Tillkommer dessutom ytterligare emissioner från transport till och från flygplatsen.

Om fordonet är dieseldrivet tillkommer ytterligare ca **50 kg**.

Sammanfattning

- Alternativ 1: Elfordon och ombordladdning = **125 kg**
- Alternativ 2: Elfordon och laddning vid kaj = **80,7 kg**
- Alternativ 3: Dieselfordon = **241 kg**
- Alternativ 4: Flyg = **423 kg**

Tabell 4 Jämförelse resa Örebro - Hamburg

	<u>Elbil laddad ombord</u>	<u>Elbil laddad iland</u>	<u>Diesebil</u>	<u>Direktflyg från Arlanda</u>
Bilresa i Sverige	6,3	6,3	147	3
Tur och retur färja eller flyg	44	44	44	420
Laddning vid kaj eller ombord	61	16,4	N/A	N/A
Bilresor i Tyskland	14	14	50,4	Transfer från flygplats
Summa	125	80,7	197	423

5.4 Slutsats miljöeffekter

Att ladda en elbil med elektricitet genererad av fartygets dieseldrivna generatorer är ett relativt klimatbelastande sätt att förse dessa fordon med energi, jämfört med laddning från ett elnät, som helt eller delvis förses med klimatneutral elektricitet. Dock är vår uppskattning att laddning av elbilen inte är mer klimatbelastande än motsvarande körsträcka med en motsvarande förbränningsmotorbil med dieseldrift. Detta är ganska väntat då det i båda fallen är en dieseldriven maskin som ger energin till bilens framdrift.

Den totala klimatpåverkan för en resa som innefattar både en sträcka med bilen på land och en färjeöverfart blir dock väsentligt lägre för resan med elbilen än med bilen med förbränningsmotor och fossila drivmedel, genom elbilens totalt sett lägre klimatpåverkan. Denna är i sin tur klart lägre än påverkan av att flyga en motsvarande sträcka. Möjligheten att ladda på färjan innebär att elbilens användning underlättas, vilket kan ses som en miljönytta.

Det bästa alternativet för laddning är när man kan utnyttja elnäten i land, antingen direkt vid kaj eller via batterier ombord, som laddats med landström. Andra sätt att generera elektricitet ombord, med mindre andel fossila bränslen kommer att förbättra kalkylen för ombordladdning.

I denna förstudie har vi inte tittat närmare på andra emissioner, såsom kväveoxider och partiklar. Detta är en miljöbelastning kopplat till förbränningsmotorer och styrs av nationella och internationella regelverk. En ny dieseldriven personbil enligt Euro 6b har, normalt sett, en lägre emissionsnivå än fartygets. Dock visar det sig att de emissioner som genereras från flottan av dieseldrivna bilar, som är i trafik idag i verkligheten är väsentligt högre. (data enligt HBEFA-rapportering, IVL 2021). Elbilar har inga emissioner utöver de som genereras vid elproduktion.

5.5 Källor

Värdena för svensk och europeisk el är de, som används av IVL Svenska Miljöinstitutet vid livcykelberäkningar (Mia Romare, IVL).

Dieselemmissioner baserat på data från Energimyndigheten, vilket inkluderar effekten av inblandning av biodiesel (Drivmedel 2020 Redovisning av rapporterade uppgifter enligt drivmedelslagen, hållbarhetslagen och reduktionsplikten, ER 2021:29), <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/>).

Emissioner för färjeöverfarten enligt viktallokeringsprincip av Stena Line.

Emissionsberäkningar av fartygets elgenerering är baserade på data från Stena Line.

För flyget har ICAOs kalkylator används (<https://www.icao.int/environmental-protection/Carbonoffset/Pages/default.aspx>).

Emissioner från fordonstrafik: Handbook of emission factors from road transport (HBEFA, IVL och Trafikverket 2021): <https://www.hbefa.net/e/index.html>)

6 Affärsmodeller för laddning av elfordon ombord och i terminal

6.1 Introduktion

En underutvecklad laddinfrastruktur⁸ påverkar elektrifieringen av fordonsflottan negativt och utgör därför ett hinder för Sveriges klimatarbete (Statens Offentliga Utredningar, 2021). I Sverige fastställdes tidigt att laddinfrastrukturens expansion skall utgå från marknadsekonomiska förutsättningar både i fråga om teknik- och affärsmodellutveckling (Statens Energimyndighet, 2009). Näringslivet förväntades därmed utveckla tjänster som bär merparten av de investerings- och driftskostnader som uppstår vid etablering av laddinfrastruktur. Utvecklingen av svensk och europeisk laddinfrastrukturen har dock inte motsvarat förväntningarna. Misslyckandet härleds till bristande efterfrågan, tekniska utmaningar och svårigheten att utveckla attraktiva affärsmodeller (Bireselioglu m.fl., 2018; Noel m.fl., 2020). Utvecklandet av affärsmodeller är något som näringslivsaktörer gör särskilt väl, men den långsamma utvecklingen indikerar att denna utmaning karakteriseras av betydande komplexitet.

Laddinfrastruktur, och tillhörande tjänster, är designade för de fordons- och kundsegment som förväntas utgöra kundunderlag. Det har därför uppstått kluster av laddtjänster kopplade till vad som bedöms vara attraktiva kundsegment. Aktörer, så som Chargepoint, har knutit både leverantörer och utvecklare till sig för att kunna leverera tjänster som genererar kundvärde och kassaflöden baserat på tillhandahållandet av öppen laddinfrastruktur. Andra tongivande aktörer, då speciellt Tesla, har valt att etablera stängd laddinfrastruktur för att motarbeta den hönan-eller-ägget problematik som präglade, och delvis fortfarande präglar, relationen mellan fordon och laddinfrastruktur⁹. Dessa variationer indikerar att utvecklingen av affärsmodeller för laddinfrastruktur måste kontextualiseras både utifrån de specifika kundgrupper som betjänas och utifrån de resurser och relationer som ägaren av affärsmodellen avser förvalta.

Baserat på behovet av att förstå kontextbaserade utmaningar ter sig laddtjänster kopplade till underutvecklade marknadssegment som särskilt viktiga att undersöka. Ett sådant marknadssegment är laddtjänster som tillhandahålls på fartyg under drift och i terminalområden. Möjligheten att erbjuda denna typ av tjänster identifierades tidigt men en uppmärksammande fordonbrand ombord på passagerarfartyget M/S Pearl of Scandinavia under färd mellan Oslo och Köpenhamn gjorde att laddning ombord stoppades av flera rederier¹⁰. Brandfaran är numera utvärderad och rutiner för eventuell brandbekämpning har stärkts, samtidigt verkar elektrifiering vara det huvudsakliga utvecklingsscenariot för transportsektorn. Sammantaget har utvecklingen lett till att det blåsts nytt liv i intresset för att tillhandahålla laddtjänster ombord på passagerarfärjor. För

⁸ I denna rapport används begreppet laddinfrastruktur som en beteckning för tekniska system på nationellt, regionalt och lokalt plan som möjliggör användande av laddtjänster.

⁹ Harvard Business Review, 2021-01-27, "How Tesla's Charging Stations Left Other Manufacturers in the Dust", <https://hbr.org/2021/01/how-teslas-charging-stations-left-other-manufacturers-in-the-dust> (besökt 2021-08-10)

¹⁰ Sveriges Radio, 2010-11-18, "Elbilar förbjuds ladda på färjor efter brand," <https://sverigesradio.se/artikel/4189981> (besökt 2021-09-18)

tillfället är utbudet dock begränsat till Bornholmslinjen¹¹ som erbjuder laddtjänster, om än i begränsad skala. Den snabbt växande andelen elfordon i fordonsparken ökar den potentiella efterfrågan och därmed även möjligheten att bygga en lönsam affärsmodell för laddtjänster ombord. Parallellt med denna utveckling har aktörer så som Destination Gotland¹² och Forsea¹³ börjat erbjuda laddtjänster i terminalområden, vilket indikerar att det allmänna intresset för affärsmodeller för laddinfrastruktur kopplat till passagerarfärjor har ökat. Syftet med detta kapitel är därmed att undersöka förutsättningarna för affärsmodeller kopplade till laddning ombord och i terminal utifrån ett rederiperspektiv.

6.1.1 Metod

Detta kapitel består av en litteraturstudie och en översiktlig undersökning av marknadsläget i Sverige 2021 för laddinfrastruktur i terminalområden och ombord på färjor. Litteraturstudien inleddes med litteratursökningar där Web of Science och Google scholar användes som huvudsakliga sökmotorer. I Web of Science identifierades akademiska publikationer så som artiklar och bokkapitel medan Google scholar användes huvudsakligen för att hitta så kallad grå litteratur, dvs. rapporter och dylikt. Exempel på söktermer och kombinationer av söktermer som användes är: ”charging infrastructure” och/eller ”business model”; ”charging at terminal”; ”onboard charging”; etcetera. Dessa sökningar indikerade att antalet artiklar som berör affärsmodeller för laddinfrastruktur är relativt litet jämfört med vad som återfinns i angränsande områden, så som affärsmodeller för elbilar.

Antalet publikationer som berör specifikt laddning ombord var ännu lägre och enbart en handfull publikationer identifierades, vilka innehöll denna ämneskombination. Baserat på detta utfall breddades sökningen till att även innefatta tekniska aspekter kopplade till laddning ombord men bland de fåtal artiklar som berörde sådana aspekter fanns ytterst lite information om affärsmodeller för laddinfrastruktur. Därmed breddades litteraturgranskningen ytterligare för att möjliggöra en mer omfattande och relevant analys. En utökad sökning i Google med tidigare använda söktermer genomfördes och under denna sökning hittades kompletterande texter i form av främst nyheter och blogginlägg.

Empiriinsamlingen genomfördes dels genom en webbaserad granskning av utbudet av laddtjänster kopplade till passagerarfärjor som trafikerar svenska destinationer, dels genom möten och intervjuer med branschaktörer. Granskningen av den svenska marknaden för laddningstjänster kopplade till passagerarfärjor genomfördes huvudsakligen genom att branschaktörernas hemsidor gick igenom för att identifiera och samla in information om erbjudanden om laddning i terminal och ombord. I ett antal fall har kompletterande information inhämtats via mejl som skickats till ansvarigt företag. På detta sätt granskades följande aktörers erbjudanden: Bornholmslinjen, DFDS, Finnlines, Fjordline, ForSea, Färjerederiet, Polferries, Rederi AB Gotland, Scandlines, Stena Line, Tallink Silja, TT-Line, Unity Line, Wasaline, och Viking Line. Utöver den webbaserade

¹¹ Bornholmslinjen, ”Ta med elbilen – ladda batterierna under resan”, <https://www.bornholmslinjen.se/allt-det-praktiska%2Felbilar> (hämtad 2021-09-18)

¹² Destination Gotland, ”Viktig information inför din resa”, <https://www.destinationgotland.se/sv/farja/allt-om-resan/infor-resan/> (hämtad 2021-09-18)

¹³ Forsea, ”Färjor och hamnar”, <https://www.forsea.se/om-forsea/farjor-och-hamnar/> (hämtad 2021-09-18)

informationsinsamlingen har empiri inhämtats genom en handfull arbetsmöten med representanter från Stena Teknik och intervjuer med representanter från systemleverantörerna Marine Charging Point, Chargenode och Hitachi Energy.

Tidigare forskning, övriga källor och empiri har analyserats och kategoriserats utifrån ett och samma teoretiska ramverk. Valet av ramverk blev den så kallade affärsmodellskanvasen (Osterwalder & Pigneur, 2013) då det är ett verktyg som används flitigt både inom akademi och näringsliv. Affärsmodellskanvasen delar in affärsmodellen i fyra områden (erbjudande, kund, infrastruktur och ekonomisk bärkraft) vilka i sin tur består av totalt nio delar (värdeerbjudande, kundsegment, kundrelation, kanaler, nyckelaktiviteter, nyckelresurser, nyckelpartners, kostnadsstruktur och intäktsflöden) som tillsammans ger användaren en övergripande förståelse för hur ett företag skall tjäna pengar på ett specifikt kundvärde (Osterwalder & Pigneur, 2013).

6.1.2 Läsinstruktioner

Resterande text består av fyra delkapitel. Delkapitel 6.2 utgör en litteraturgenomgång av akademiska källor och så kallad grå litteratur där innehållet har kategoriserats utifrån affärsmodellskanvasens fyra områden. I delkapitel 6.3 sammanfattas och beskrivs de laddtjänster som marknadsförs av färjerederier aktiva på den svenska marknaden. I delkapitel 6.4 analyseras och diskuteras specifika förutsättningar för affärsmodeller för laddning ombord och i terminalområden. Därefter återges rapportens slutsatser och rekommendationer i det avslutande delkapitlet.

Läsaren bör vara uppmärksam på att ett fåtal begrepp används med olika betydelser på olika platser i kapitlet. Detta beror på att källorna som rapporten bygger på inte är enhetliga i fråga om begreppsdefinitioner. Exempelvis varierar definitionen av snabbbladdning källorna emellan. Vissa av källorna definierar allt över 22 kW som snabbbladdning medan andra reserverar begreppet till laddning med en effekt som överstiger 50 kW. Så även om det i Sverige uppfattas som att laddtjänster ofta anges i kategorierna normal 3,7-11 kW, semisnabb 7-22 kW och snabb >22 kW laddning (Bengtsson m.fl., 2018) bör läsaren vara uppmärksam på att så nödvändigtvis inte är fallet i denna rapport.

6.2 Litteraturgenomgång – affärsmodeller för laddinfrastruktur

En affärsmodell beskriver hur en kombination av kund- eller användarvärden kan erbjudas till ett konkurrensmässigt pris (Teece, 2010). Affärsmodellen beskriver således själva anledningen till att ett företag existerar och den behöver därför förklara vilka resurser och arbetsprocesser som en organisation måste hantera för att lyckas skapa det tänkta kundvärdet. Det bör noteras att affärsmodellskonceptet enbart ger en ögonblicksbild av hur ett företag tjänar pengar på att producera värde. Konceptet kan således analyseras utan att blanda in frågor så som strategi eller effektivisering av specifika affärsprocesser. Samtidigt anses det som avgörande för ett företags långsiktiga konkurrenskraft att affärsmodeller inte analyseras och implementeras i ett analytiskt vakuum. Istället betonas vikten av att koppla affärsmodellen till just företagets övergripande strategi och dess förmåga att effektivt arrangera och utföra affärsprocesser (Magretta, 2002).

När affärsmodeller analyseras teoretiskt görs detta enklast utifrån föreställningen att ett företag enbart har en affärsmodell. I verkligheten har dock många företag flera

affärsmodeller. Dessa affärsmodeller kan både variera med produktutbudet, dvs. varje produkt eller tjänst har sin egen affärsmodell, eller innefatta grupper av tjänster och produkter. Det är således möjligt för företag som ämnar producera laddtjänster att använda en och samma affärsmodell för en rad olika tjänster eller ha en affärsmodell per tjänst.

Affärsmodellskanvasen är ett av de vanligaste verktygen för att analysera affärsmodeller. Som beskrevs i metodkapitlet 6.1.1 består kanvasen av ett antal områden och delar vilka tillsammans förväntas förklara affärsmodellen. Samtidigt bör det noteras att precis som affärsmodellkonceptet i sig, eller för den delen andra konceptuella verktyg som används inom företagsekonomi, bygger kanvasen på en lång rad antaganden som kan härledas till praxis, teorier och hypoteser om värdeskapande. Således bör inte en affärsmodellkanvas tas som ett intyg för att en affärsmodell faktiskt kommer att fungera. Snarare utgör kanvasen en startpunkt utifrån vilken hypoteser om exempelvis kund- och leverantörsbeteende kan utformas och testas, inte bara separat utan tillsammans (Osterwalder & Pigneur, 2010). Således hjälper kanvasen användaren att tänka på hur olika antaganden och beslut påverkar andra delar av verksamheten.

Kortfattat beskriver kanvasens olika delar följande (Osterwalder & Pigneur, 2010): *värdeerbjudande* – det värde som skall presenteras för kund; *kundsegment* – den kundtyp som värdet riktas mot; *kundrelation* – den relation som förväntas mellan företaget och kunden; *kanaler* – den interaktion som kunden skall betjänas genom; *nyckelaktiviteter* – de viktigaste aktiviteter som avgör hur värdet skall genereras; *nyckelresurser* – de viktigaste resurser som krävs för att värdet skall realiseras; *nyckelpartners* – de aktörer som behöver delta eller interagera med företaget för att värdet skall kunna skapas; *kostnadsstruktur* – de viktigaste kostnaderna som affärsmodellen ger upphov till; *intäktsflöden* – den betalningsmodell och prissättning som behövs för att kunna skapa finansiellt värde ur affärsmodellen. Genom att lista dessa delar och hjälpa användaren att börja en affärsmodellsanalys från godtycklig startpunkt kan kanvasen användas för kreativa övningar där exempelvis förutsättningarna för en affärsmodell skakas om helt (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Affärsmodellens betydelse för etablerandet av en massmarknad för elbilar identifierades tidigt inom forskning om elektrifiering (Kley m.fl., 2011). Som nämnts ovan karakteriserades elbilsmarknaden av en hönan-eller-ägget problematik i fråga om relationen mellan utbyggnad av laddinfrastruktur och antalet elbilar i fordonsflottan. Denna situation påverkade utformningen av affärsmodeller för både fordonstillverkare och ägare av laddinfrastruktur och var en bidragande orsak till att aktörer så som Tesla valde att angripa båda marknaderna samtidigt genom att etablera parallella lösningar, dvs. att bygga ut en laddinfrastruktur samtidigt som företaget utvecklade nya fordonsmodeller¹⁴.

Nu ser situationen bättre ut och de utmaningar som laddinfrastrukturen står inför är främst kopplade till den förväntade stora efterfrågeökningen. Det finns således både forskning och praktik att ta del av för den som är intresserade av hur affärsmodeller för laddinfrastruktur kan utformas. Tabell 5 presenterar de tekniska och affärsmodellsrelaterade alternativ som en laddoperatör, det vill säga den aktör som driver och

¹⁴ Inverse, 2020-02-24, "How Tesla came to dominate the secret sauce of electric cars: charging stations", <https://www.inverse.com/innovation/former-tesla-manager>, (besökt 2021-08-10)

underhåller laddinfrastrukturen men i vissa fall även sköter interaktionen med de som använder sig av laddtjänsten, ställs inför (Madina m.fl., 2016). I tabellen återges val med lägst komplexitet till vänster och komplexitet/servicebehov ökar ju längre till höger alternativet är i tabellen (Madina m.fl., 2016).

Tabell 5 Faktorer som påverkar laddtjänstens komplexitet (Madina et al., 2016:286), författarens bearbetning.

	<i>Alternativ</i>			
<i>Typ av strömförsörjning</i>	Konduktiv (sladd)	Induktiv (sladdlös)	Batteribyte	
<i>Teknik</i>	1-fas ("Mode 1")	1-/3-fas (Mode 2)	Specifik (Mode 3)	DC (Mode 4)
<i>Effekt</i>	Låg <3,7 kW	Medium 3,7-22 kW	Hög 22-50 kW	Mycket hög >50 kW
<i>Tillgänglighet</i>	Privat på privat mark	Semi-publik på privat mark	Publik på privat mark	Publik på offentligt ägd mark
<i>Betalsystem</i>	Inget / Gratis	Fast pris (ex. månadsavgift)	Per laddtillfälle	Per använd resursenhet
<i>Informationsflöde</i>	Inget	Enkelriktat	Dubbelriktat	
<i>Identifiering</i>	Ingen / gratis tillgänglighet	Privat lokalisering, ingen specifik identifiering	Specifik användaridentitet	
<i>Relation mellan laddoperatören och nätverksoperatör</i>	Ingen roamingtjänst	Bilateralt avtal	Central clearing agent för avtal	
<i>Innebåll i laddtjänsten</i>	Laddning + elektricitet	Enbart laddning		

Innovativa men ovanliga lösningar för laddinfrastruktur så som induktion och batteribyten har historiskt sett associerats med enstaka ofta medialt uppmärksammade satsningar så som exempelvis företaget *Better Place*. På grund av tekniska och affärsmässiga svårigheter har dessa alternativ varken fått, eller förväntas få, något större genomslag (Villeneuve m.fl., 2020). När det gäller val av teknik och effekt är alternativen till höger i tabellen förknippade med betydande kostnader, vilka kommer att diskuteras nedan.

Tillgängligheten är en avgörande fråga för etablerandet av laddinfrastruktur och i tabellen beskrivs tillgängligheten utifrån möjligheten för användare att komma åt laddtjänsten och relationen mellan ägaren av laddinfrastrukturen och fastighetsägaren. Nästkommande rad sammanfattar huvudsakliga betalningssätt. Noterbart är att vissa alternativ går att kombinera, exempelvis en medlemsavgift med betalning per kWh. Informationsflödet beskriver behovet av kommunikation mellan laddinfrastrukturen och fordon medan identifiering specificerar kravet på identifiering av användaren av tjänsten (Madina m.fl., 2016). Därefter listas möjliga konstruktioner av relationen mellan den specifika laddoperatören och den aktör som tillhandahåller ett nätverk för laddtjänster.

Den sista posten i tabellen kräver förtydligande. I den första kolumnen beskrivs laddningen som baserad på separata avtal för laddning (exempelvis en avgift för parkering etc.) och för elektricitet, dvs. den elektricitet som används är levererad av en bestämd

elhandlare kopplad till den specifika laddstolpen. I den andra kolumnen bakas alla kostnader in i ett avtal mellan kund och den aktör som tillhandahåller tjänsten (ladd- eller nätverksoperatör), vilket ökar komplexiteten och ger upphov till mer administrativt arbete då lokala aktörer måste kontrakteras och kompenseras för den elektricitet och infrastruktur som de tillhandahåller (EURELECTRIC, 2013). Sammanfattningsvis visar tabellen hur olika alternativ förhåller sig till varandra samt illustrerar den potentiella komplexitet som aktörer stöter på under utformningen av sin tjänst eller affärsmodell (Madina m.fl., 2016).

6.3 Forskningslitteratur om laddinfrastruktur

Den forskning som identifierats presenteras i följande text under tre rubriker. Den första av dessa är en sammanslagning av kategorierna Erbjudande och Kund från affärsmodellskanvasen. De nästkommande två är Infrastruktur och Ekonomisk bärkraft.

6.3.1 Erbjudande och Kund

Det etablerades tidigt en uppfattning om att laddning till största del skulle ske hemma och att behovet av en utbyggd laddinfrastruktur därmed till stora delar är psykologiskt snarare än baserat på ett faktiskt behov (Kley m.fl., 2011). Detta innebär dock att laddinfrastruktur behövs för de som gör längre resor från hemmet eller arbetsplatsen. Då efterfrågan på laddinfrastruktur ansågs ha en hög priselasticitet skulle laddinfrastrukturen troligtvis inte utnyttjas i någon större utsträckning och affärsmodeller som möjliggjorde för användare att identifiera prisskillnader mellan hemmaladdning och laddning vid laddstation skulle göra det svårare att konkurrera med hemmaladdning (Kley m.fl., 2011). Tillgängliggörande är därför en central aspekt när affärsmodeller för laddinfrastruktur diskuteras. Det identifierades i huvudsak tre varianter av tillgängliggörande av laddpunkter (Kley m.fl., 2011): privata, semi-publika och publika. Dessa varianter kan knytas till olika krav på laddtjänstens utformning så som exempelvis förmåga att hantera olika betalsystem eller att kunna hantera informationsutbyte med andra system i realtid (Kley m.fl., 2011). De tre varianterna av tillgängliggörande får därmed olika konsekvenser för de aktörer som tar sig ann uppgiften att etablera och driva laddinfrastruktur.

Då konsumenters körvanor och attityder gentemot snabbladdning skiljer sig åt länder emellan är det därtill viktigt att ta fasta på landspecifika förutsättningar i fråga om exempelvis marknadstillväxt, den elektrifierade fordonsflottans sammansättning, typiska körsträckor och förarnas benägenhet att använda snabbladdare (Gnann m.fl., 2018). Laddtider i Norge och Sverige varierar exempelvis över året och är som längst (25,3 minuter) i januari och kortas (19,1 minuter) i september (Gnann m.fl., 2018). Den förväntade efterfrågan på snabbladdning är högre i Sverige än i Tyskland och svenska bilister laddar under längre tid, vilket förklaras med längre avstånd och högre användning av snabbladdning för att helt fylla på batterierna (Gnann m.fl., 2018).

6.3.2 Infrastruktur

För att optimera sin affärsmodell behöver laddoperatören bestämma vilka aktiviteter och resurser som skall hanteras av den egna organisationen, samt identifiera de parter vars samarbete är nödvändigt för att tjänsten skall kunna produceras med önskat resultat i fråga om kvalitet och pris. När det gäller just samarbetspartners spelar lokala nätägare en viktig roll i och med sin lokala monopolställning (San Román m.fl., 2011) och förmåga att avgöra i vilken utsträckning installation är lämplig utifrån exempelvis effekt- och

kostnadskrav. Relationen till elleverantören bör anses som essentiell dels för att hålla kostnaden nere, dels för att se till att kravspecifikationer på elen möts i fråga om exempelvis ursprung eller miljöprestanda. Vid etableringen av större system med effektuttag i industriell skala kan det även vara aktuellt att ta kontakt med region- och stamnätsaktörer för att försäkra sig om att investeringar ens är möjliga (San Román m.fl., 2011).

Andra aktörer som är viktiga är de som kan förse laddoperatören med hårdvara så som laddstation och kompletterande utrustning samt support vid serviceärenden. Dessutom kan det i vissa fall vara så att laddoperatören inte äger den fastighet på vilken laddinfrastrukturen skall installeras. Därmed utgör fastighetsägaren en annan viktig aktör att ha i åtanke (San Román m.fl., 2011). Utöver detta är det möjligt att aktörer så som fordonstillverkare eller ägare av laddnätverk har valt att gå in som en mellanhand i interaktionen mellan den som köper laddtjänsten (ex. fordonsägaren) och laddoperatören (San Román m.fl., 2011).

Olika tekniska lösningar kan öppna upp möjligheten att förändra relationen med tongivande aktörer. Genom att exempelvis installera solceller i anslutning till laddinfrastrukturen kan en laddoperatör försäkra sig om en grön profil gentemot kund, få tillgång till alternativa finansieringsmetoder, och sälja elektricitet via nätet (Robinson m.fl., 2014). Antal och typer av aktörer som laddoperatören är beroende av och behöver interagera med varierar således beroende på teknikval, lagstiftning och de affärsmodeller som aktörerna i den specifika marknaden förlitar sig på.

6.3.3 Ekonomisk bärkraft

Beroende på den effekt som är tänkt att erbjudas varierar även kostnaden på en rad komponenter och aspekter hos själva laddpunkten. Stora skillnader i investerings- och driftkostnader mellan normal- och snabbbladdning gör att det identifierats ett behov att utveckla affärsmodeller specifikt för snabbbladdning (Serradilla m.fl., 2017).

Viktiga anläggningskostnader för snabbbladdare består av själva laddstationen, dess leverans, och installation (inklusive tester och dylikt), uppgradering av det lokala nätet, design och förberedelse av laddplatsen (Serradilla m.fl., 2017). Därtill kommer driftskostnader, vilka består av kostnaden för elen, marken, administration, underhåll samt servicekostnader kopplade till oförutsedda händelser (Serradilla m.fl., 2017). Utöver detta kräver en fullständig kalkyl även att laddoperatören tar hänsyn till variabler så som utrustningens restvärde, lämplig kalkylränta, prognostiserad inflation, trolig tillgänglighet (möjlig beläggningsgrad), samt prognostiserade intäkter utifrån de prismodeller och pris som sätts gentemot kund (Serradilla m.fl., 2017).

Kopplat till detta går det att identifiera viktiga osäkerhetsfaktorer så som antalet elfordon i fordonsparken eller andelen fordon som kan förväntas använda sig av den specifika laddtjänsten (Serradilla m.fl., 2017). Därutöver finns det betydande teknologisk risk, osäkerhet om konsumenters acceptans för snabbbladdning och laddtjänstens priselasticitet, vilka sammantaget indikerar att det är viktigt att ta hänsyn till icke-finansiella värden även när investeringar i laddinfrastruktur för snabbbladdning utvärderas (Serradilla m.fl., 2017).

I en sammanställning av kostnadsbilden för laddinfrastruktur i Storbritannien under perioden 2015-2017¹⁵ identifierades stora skillnader i kostnad mellan olika utrustning. Skillnaden i kostnad mellan en långsam väggladdare och den snabbaste formen av laddare var så hög som 30 gånger, vilket innebär att det är viktigt för den som investerar i laddinfrastruktur att noga överväga hur effektstark laddning som egentligen behövs (Chen m.fl., 2020). På liknande sätt skiljde sig driftskostnaderna åt mellan olika lösningar. En granskning av senare versioner¹⁶ av de rapporter som låg till grund för studien indikerade att priserna inte ändrats mycket under perioden fram till 2019. Komponentbrist och hög efterfrågan under pandemin har dock troligtvis påverkat prisbilden sedan dess¹⁷.

På grund av den betydande kostnaden för snabbaddare, både i fråga om investering och drift, är det viktigt att skapa sig en god förståelse för existerande och framtida efterfrågan på snabbaddning. Generellt sett kan det sägas finnas en behovshierarki i fråga om konsumentens laddpreferenser, där hemmaladdning är vanligast förekommande, därefter sker laddning främst på arbetsplatsen och i sista led sker laddning vid publika laddstationer (Hardman m.fl., 2018). Det har även påpekats att det är viktigt att koppla ihop laddtjänster med andra värden eller tjänster för att på så sätt göra laddningen mer attraktiv. Utöver möjligheten att vara del av ett smart nät, en investering som på grund av höga kostnader är svår att få lönsam, har följande faktorer identifierats som alternativ vilka gör laddning mer attraktivt (Schnee m.fl., 2020): addera kundvärde genom marknadsföring genom att erbjuda exempelvis miljömärkt el, sänkta användarbarriärer kopplat till exempelvis betalsystem, kostnadsdelning med samarbetspartners, transparent prissättning, samt enkelhet i laddningsmomentet.

Modellering av kostnader för laddinfrastruktur indikerar att utnyttjandegraden är avgörande för att lönsamhet skall nås och att det därmed är viktigt att ha tillgång till en stor grupp potentiella användare, alternativt planera placeringen av laddplatsen så att den matchar fordonsflottans körmönster väl (Funke & Burgert, 2020). Integrering av elfordonet i energisystemet har även pekats ut som ett möjligt värde för både fordonsägaren och andra aktörer (Kley m.fl., 2011). Genom att agera som energilagring eller parera effektuttag har fordonsägaren möjlighet att generera värde för det övriga energianvändare. Således öppnar integrering upp för en mängd alternativa affärsmodellsupplägg men detta sker till kostnaden av en ökad teknisk och styrningsmässig komplexitet.

Prissättning är av central betydelse för lönsamheten för laddtjänster. Prismodeller kan utformas så att de utifrån eventuella begränsningar bäst uppfyller de önskemål som laddoperatören eller kunden har i fråga om beteende, kostnads- och prisnivå (Zhang m.fl., 2018). Ytterligare en faktor att ha i åtanke är kundens önskan om enkelhet och smidighet i betalningssystem, vilket ökar komplexiteten för laddoperatören men underlättar för konsumenten (Chen m.fl., 2020). Det är dock viktigt att poängtera att olika

¹⁵ Studien förlitade sig på rapporterna Energy Saving Trust (2017) *Guide to chargepoint infrastructure for business users* och UK Electric Vehicle Supply Equipment Association (2015) *Making the right connections - General procurement guidance for electric vehicle charge points*.

¹⁶ UK Electric Vehicle Supply Equipment Association (2019) *General procurement guidance for electric vehicle charge points*.

¹⁷ Se exempelvis: Electric Autonomy, 2021-06-05, "Charging infrastructure companies feeling the bite from the global chip shortage", <https://electricautonomy.ca/2021/07/05/ev-charging-chip-shortage/> (besökt 2021-10-05)

faktorer som står utanför både laddoperatörens och kundens kontroll kan ha stor inverkan på hur lönsamt det blir att erbjuda laddtjänster. Reglering, trender och teknologisk utveckling, såväl när det gäller fordon som laddinfrastruktur, påverkar lönsamheten och gör framtida marknadsutveckling svår att förutsäga (Zhang m.fl., 2018). Samtidigt innebär själva satsningen på laddinfrastruktur att laddoperatören öppnar upp för en positiv återkopplingsprocess vilken kan leda till ökad elektrifiering över lag (Lopez-Behar m.fl., 2019).

På grund av laddinfrastrukturens systemkaraktär bör investeringar koordineras för att pressa ned den totala kostnaden. Om andra delar av terminalområdet eller exempelvis fartyg skall elektrifieras är det troligt att nätkapaciteten måste förstärkas och en investering i laddinfrastruktur kan då adderas för att både pressa kostnader och öppna upp för alternativa intäktsflöden (Martinsen m.fl., 2019). Andra alternativa teknologier som kan kopplas till laddinfrastruktur är energilagring i form av exempelvis batterier, smarta nät eller solceller. Investeringar kan möjliggöra att laddoperatören kan sälja tillbaka elektricitet till nätet eller kapa kostnader när laddning sker vid tidpunkter då det råder effektbrist (Martinsen m.fl., 2019; Sprengeler m.fl., 2020). Hur lönsam en sådan satsning är beror på olika kontextuella faktorer så som effektagift, energikostnad, skatter och möjligheten att ta ut en premie för tjänsten men det är möjligt att en investering i energilagring kan minska behovet av att höja kapaciteten i nätet (Martinsen m.fl., 2019).

Baserat på den dåliga lönsamheten har det påpekats att delat ägande kan vara en möjlig lösning. Genom kollektivt ägande av laddstationen delas investeringskostnaden och antalet potentiella användare ökar (Azarova m.fl., 2020). Samtidigt komplicerar det delade ägandet affären. Det blir exempelvis viktigt för operatören att försäkra sig om att ansvar fördelas och värde konfigureras på sätt som inte ger upphov till problem om exempelvis parter lämnar projektet i förtid eller om de skjuter över kostnader på varandra (Azarova m.fl., 2020).

6.4 Övriga publikationer och medierapportering

I den praktikerorienterade litteraturen presenteras tips om allt från projekthantering till kundinteraktion¹⁸. Rapporterna tar ofta ett processperspektiv på etableringen av laddplatser vilket gör att affärsmodellen då enbart är en av flera faktorer som en beslutsfattare ber ta ställning till. Affärsmodeller för laddinfrastruktur anses innehålla en mängd olika komponenter vilka kan kombineras olika baserat på de lokala förutsättningarna och då affärsmodellskonfigurationer ibland ej är ömsesidigt uteslutande kan det vara så att samma tjänst tillhandahålls med två olika affärsmodeller (Hall & Lutsey, 2017).

¹⁸ Utöver publikationer finns även en stor mängd information i form av poddar och videoföreläsningar. Exempelvis tillhandahåller Elbilslandet SYD webinarier (<https://elbilslandetsyd.se/3-webbinarier-om-att-fixa-laddplats/> besökt 2021-09-15) som presenterar relativt aktuell information för svenska förhållanden.

6.4.1 Erbjudande och Kund

I en genomgång av olika existerande affärsmodeller listar *International Council on Clean Transportation* (ICCT) fyra generella modeller (Hall & Lutsey, 2017). Det mest basala upplägget är att erbjuda elektricitet med prispremium i jämförelse med vad som kan fås vid hemmaladdning. För att vara konkurrensmässigt med förbränningsmotorer bör prissättningen ta hänsyn till kostnad-per-kilometer för traditionella drivmedel, och denna modell anses därför vara lämpligare på marknader så som den europeiska där bensinpriset påverkas av höga energiskatter (Hall & Lutsey, 2017). En alternativ modell är att istället se laddningstillfället som en chans att sälja andra tjänster eller produkter till kund (Hall & Lutsey, 2017). Denna modell är vanligt förekommande och ChargePoint hävdar att det är ett effektivt sätt att få kunder att spendera både mer tid och pengar vid laddstationen (ChargePoint, 2015).

Ytterligare en variant är att använda reklamintäkter för att betala för laddtjänsten. Denna modell kan i vissa fall användas som ett fullvärdigt substitut för betalning från kund men även som ett sätt att subventionera tjänsten (Hall & Lutsey, 2017). Utöver detta kan andra aktörer ta på sig ansvaret för hela eller delar av laddtjänsten. Ett sådant exempel är när fordonstillverkare etablerar och driver laddinfrastruktur. Teslas Supercharger-nätverk är det mest iögonfallande exemplet på denna modell men andra tillverkar jobbar med liknande upplägg (Hall & Lutsey, 2017). De olika affärsuppläggen ämnar omvandla kundvärde till kassaflöden men för att lyckas med detta krävs fokus på de viktigaste värdena vilka är bekvämlighet, pålitlighet och kostnad (Deloitte, 2019).

6.4.2 Infrastruktur

Även i material som riktas mot praktiker har de stora skillnaderna i pris mellan olika produkter identifierats som ett problem. För investeringar i laddinfrastruktur har så kallade mjuka kostnader, det vill säga kostnader så som alternativkostnader, kostnader för marknadsföring och tillståndsprocesser etc., visat sig vara speciellt problematiska¹⁹ men dessa kostnader utgör även den kategori som är lättast att arbeta med (Nelder & Rogers, 2019). Genom att skaffa sig kunskap om olika valmöjligheter och beslutsprocesser kopplade till investering och drift av laddinfrastruktur, då speciellt valmöjligheter kopplade till tre övergripande kostnadskomponenter *inköp*, *kravställning* och *mjuka kostnader*, kan laddoperatören sänka dessa kostnader (Nelder & Rogers, 2019). Utöver detta beskrivs kostnadspressande strategier som liknar de som återfanns i forskningslitteraturen. Laddoperatören förväntas kunna pressa sina kostnader genom att göra inköp i större volymer, koordinera och konsolidera laddplatser, välja platser där installation är billig, investera i infrastruktur samtidigt med andra investeringar, bryta upp upphandlingsuppdrag i delar, använda standardlösningar och förlita sig på framtidssäkrade lösningar (Nelder & Rogers, 2019).

Ur ett kostnadsperspektiv kan effektnivån vara en av de större utmaningarna vid en investering. Då fastighetsägaren har en möjlighet att förhandla om effektpriissättning kan den generellt sett höga prissättningen dock användas som grund för att en premie tas ut gentemot kund på effektkrävande tjänster så som snabbaddning eller laddning under

¹⁹ Greentech Media, 2020-01-09, "EV Charging Infrastructure Has a Soft Costs Problem" <https://www.greentechmedia.com/articles/read/ev-charging-infrastructure-has-a-soft-costs-problem> (besökt 2021-09-25).

perioder med förhöjda priser. Därtill kan smart teknik hjälpa till att parera toppar och hålla nere kostnaden för operatören. Exempelvis diskuteras solcellsanläggningar kopplade till batterilager för att lokalt bygga upp en grön laddtjänst som klarar av att hantera variationer i både produktion och efterfrågan (Bengtsson m.fl., 2018). Utvecklingen inom detta område ter sig dock inte fullt mogen för att den senare typen av lösningar skall vara kostnadsmässigt konkurrenskraftiga.

Det har uppmärksammats att effektbristen i södra Sverige kan få implikationer för laddinfrastrukturens utbyggnad. Då en eventuell uppsäkring av fastigheten kan avslås av elnätsbolaget på grund av kapacitetsbrist finns det en risk att etablering av laddare påverkas av effekt- och kapacitetsbrist (Elbilslandet SYD, 2020). Laddning av elbilar riskerar att ge upphov till ojämn elanvändning över dygnet, öka effektefterfrågan lokalt i nätet, samt genom snabbbladdning skapa svårförutsagd effektefterfrågan (Nyqvist, 2020). Det är därför viktigt att en fastighetsägare som ämnar bygga laddplatser tidigt undersöker huruvida det finns kapacitet i huvudsäkningen och elnätsabonnemanget för det effektuttag som önskas (Elbilslandet SYD, 2020). För att undvika en kostsam process att säkra upp fastigheten bör effektbehovet utvärderas utifrån den tid som fordon förväntas stå på platsen, antalet fordon samt deras elförbrukning (Elbilslandet SYD, 2020). Därtill bör laddare väljas som kan lastbalansera så att effektuttaget regleras automatiskt baserat på resten av fastighetens uttag, något som är extra viktigt när fler laddplatser installeras (Elbilslandet SYD, 2020).

6.4.3 Ekonomisk bärkraft

I och med att laddinfrastrukturen till stora delar fortfarande är under uppbyggnad finns det en viss osäkerhet om var laddstationer kommer att sättas upp i framtiden. I amerikanskt utredningsmaterial indikeras att etablerandet av snabbbladdare längst viktiga trafikkorridorer kommer att stödjas (Wood m.fl., 2017). Liknande indikationer kommer från så väl EU som olika europeiska länder (Hall & Lutsey, 2017). Det är således viktigt för en privat aktör som önskar sätta upp laddinfrastruktur att inventera hur planerna ser ut just runt den tänkta platsen så att inte konkurrerande stationer dyker upp som en obehaglig överraskning.

I Storbritannien identifierar Deloitte laddinfrastruktur som en växande men ur lönsamhetsperspektiv problematisk marknad med tre huvudsakliga affärsmodeller (Deloitte, 2019). Först och främst förväntas en offentligt finansierad affärsmodell där det offentliga bidrar till hela eller delar av kostnaden som privata aktörer tar på sig för att sätta upp stationer. Därefter anses det vara möjligt att nätoperatörer och energibolag tar på sig rollen att sätta upp laddstationer och använda sig av en tariffbaserad betalmodell där elektriciteten får bära kostnaden för investeringarna. Slutligen föreslås en integrerad modell där olika specialister så som fordonstillverkare, energibolag och tillverkare av hårdvara för laddning själva eller tillsammans etablerar stationer för specifika kundsegment (Deloitte, 2019).

Vidare identifierar Deloitte fyra centrala framgångsfaktorer för satsningar på laddinfrastruktur (Deloitte, 2019): lokal efterfrågan, tillgång till effekt, laddstationens placering, samt beläggningsgrad. Utöver dessa huvudsakliga faktorer förväntas även operatören försöka differentiera sitt erbjudande utifrån kvantitativa och kvalitativa aspekter vilka Deloitte definierar som bekvämlighet, pålitlighet och kostnad. Samtidigt uppmanas laddoperatören att ta ett strategiskt perspektiv på laddtjänsten och vara

uppmärksam på teknologi- och marknadsutveckling (Deloitte, 2019). Det indikeras även att aktörer som satsar på normal och semi-snabb laddning bör ha en möjlighet att utnyttja alternativa intäktsströmmar som de som diskuterats ovan, medan aktörer som satsar på snabbbladdare (DC) istället bör fokusera på att säkra tillgång till effekt och att garantera ett attraktivt pris gentemot kund (Deloitte, 2019).

I en rapport om affärsmodeller för laddinfrastruktur inom fastighetssektorn beskrivs utmaningarna kopplade till utvecklandet av laddinfrastruktur utifrån ett fastighetsägarperspektiv, dessutom definieras fyra vanliga upplägg för konsumentorienterade prismodeller (Bengtsson m.fl., 2018): gratis laddning, schablonkostnad inkl. el, ta betalt för tid, ta betalt per kWh. Utöver detta pekar författarna även på möjligheten att förlita sig på en tredje part för att erbjuda tjänsten på lämplig parkeringsyta. Därmed skulle exempelvis en parkering kunna hyras ut till en laddoperatör som tar hand om upplägget gentemot kund och nätägare samt möjligtvis även tar på sig de investeringar som är nödvändiga (Bengtsson m.fl., 2018). Dessa prismodeller matchar det som finns i annan grå litteratur och bland bloggar²⁰.

Möjligheten att ta ut en marginal på den el som används vid laddning har historiskt sett uppfattats som liten. I en studie av konsumenter i Kalifornien visade det sig att tre av fyra kunde tänka sig att betala extra för snabbbladdning men att priskänsligheten var hög och att viljan att betala extra störde när priset korsade specifika trösklar (Neenan m.fl., 2009). Vidare visade samma rapport att konsumenter inte är positivt inställda till försämrad kvalitet eller användning av prissignaler i laddtjänsten. Inte ens ett litet prispåslag på 10 % accepterades vid laddning under perioder när nätet var högt belastat och därtill ansåg respondenter att kunder borde få rabatt för att acceptera kontrakt där laddtjänsten fluktuerade i effekt (Neenan m.fl., 2009). Dessa resultat är dock något föråldrade och de bör därtill verifieras i en europeisk kontext.

6.5 Marknadsinventering av laddtjänster ombord och i terminal

För att få en förståelse för hur marknadsläget ser ut gjordes en inventering av de erbjudanden som finns främst på den nordiska marknaden. I Tabell 6 nedan sammanfattas resultaten från inventeringen i fråga om laddmöjligheter i terminal och ombord.

Tabell 6 Laddningserbjudanden i terminal och ombord på den nordiska marknaden

Rederi	Laddning i terminal	Laddning ombord
Bornholmslinjen	Status ej fastställd.	Snabbfärjor Express & Max – Ystad-Rønne. Pris DKK 99.
DFDS	Erbjuds i vissa terminaler.	Tillhandahålls ej men förbereds.
Finnlines	Två laddstationer i Travemünde och en i Helsingfors.	Tillhandahålls ej.
Fjordline	Erbjuds i Hirtshals i samarbete med Clever.	Erbjuds på Fjord FSTR. Pris €13.

²⁰ Se exempelvis: <https://blog.evbox.com/how-to-charge-for-charging-x-ev-charging-models-for-your-hotel-or-store> (besökt 2021-09-25).

ForSea	Fem snabbbladdningsstationer erbjuds i terminalen i Helsingör tillsammans med Clever	Tillhandahålls ej.
Färjerederiet	Tillhandahålls ej men planeras på en handfull platser.	Tillhandahålls ej.
Polferries	Status ej fastställd.	Status ej fastställd.
Rederi AB Gotland	Erbjuds i samarbete med Clever, SEK 5 per kWh, i Nynäshamn och Oskarshamn.	M/S Visby, installerad men ej i drift.
Scandlines	Snabbbladdare i Puttgarden och Rostock i samarbete med E.ON. Laddning är gratis.	Tillhandahålls ej.
Stena Line	Erbjuds i vissa terminaler runt Irländska sjön etc.	Tillhandahålls ej.
Tallink Silja	Erbjuds i Tallinn, D-terminalen, semi-snabbbladdning €/kWh 0,15, snabbbladdning €/kWh 0,18.	Megastar, installerad men ej i drift.
TT-Line	Tillhandahålls ej.	Tillhandahålls ej men planeras på Green Ships.
Unity Line	Tillhandahålls ej.	Tillhandahålls ej.
Wasaline	Tillhandahålls ej.	Tillhandahålls ej.
Viking Line	Erbjuds i samarbete med exempelvis Stockholm Stad men har inga egna laddstationer.	Tillhandahålls ej.

Totalt ingick femton rederier i undersökningen. I de fall där status ej är fastställd har inga laddmöjligheter identifierats via sökningar på nätet och företaget har därtill valt att inte svarat på förfrågan via hemsida eller mejl.

Laddning erbjöds av nio rederier antingen i eller i omedelbar anslutning till terminalområdet. Då inventeringen enbart ämnade att skapa en översikt inventerades inte alla terminaler vilket innebär att specifika platser inte identifierades utöver det som framgick på hemsidor eller i mejlkonversation. Vissa erbjudanden sker därtill vid flera destinationer. Exempelvis erbjuder Destination Gotland laddning vid färjeläget både i Nynäshamn och Oskarshamn²¹. Således kan ett rederi som erbjuder möjlighet till laddning i eller i närheten av terminal ha denna typ av erbjudanden på fler platser än de som listats i tabellen. I enstaka fall har laddstationernas kapacitet betonats. Exempelvis är laddstationerna i Puttgarden och Rostock av snabbbladdningstyp (43 kW AC eller 50 kW DC) och de installerades med stöd från EU-projektet GREAT²².

²¹ Destination Gotland, "Viktig information inför din resa", "I samarbete med CLEVER Sverige har vi laddningsstationer för elbilar både vid terminalen i Nynäshamn och Oskarshamn. En laddning tar 15-30 minuter och kostar 5 kr/kWh. I både Nynäshamn och Oskarshamn är laddstationerna placerade vid färjeläget utanför inpasseringen." <https://www.destinationgotland.se/sv/farja/allt-om-resan/infor-resan/> (hämtad 2021-09-18)

²² Shippax, 2019-09-17, "Charge your electric car at Scandlines' BorderShops", <https://www.shippax.com/en/press-releases/charge-your-electric-car-at-scandlines-bordershops.aspx> (besökt 2021-09-25).

När det gäller laddtjänster ombord var det två rederier (Bornholmslinjen och Fjordline) som erbjöd detta (september 2021). Två rederier hade fartyg med installerade stationer som var ej i drift (Rederiet AB Gotland och Tallink Silja). Därtill planerar två rederier att erbjuda tjänsten i framtiden (DFDS och TT-Line). Laddningen ombord marknadsförs med följande budskap:

Bornholmslinjen²³: *Ta med elbilen - Ladda batterierna under resan. På BORNHOLMSLINJEN är det numera ännu enklare att ta med elbilen på färjan. Ombord på BORNHOLMSLINJENs snabbfärjor kan du ladda elbilens batterier. Det finns två laddplatser på Ystad-rutten, och dessa finns som tillval vid biljettbokningen efter principen "först till kvarn". Vi understötter og har kabler ombord til TYPE2-stik.*

Fjordline²⁴: *Charge your car during the crossing, If you have an electric car, you can use the Fjord FSTR to drive ashore with a fully charged battery. On board the Fjord FSTR, we have charging stations available that can be used for a small additional charge. You can choose this option during the booking process.*

Laddning i terminalområden erbjuds i samarbete med externa aktörer vilka hanterar betalsystem och därmed påverkar möjliga affärsmodellskonfigurationer. För laddning ombord framgår inte om så är fallet men i intervjuerna poängterades att prismodell och prisnivå bestäms genom dialog med laddoperatören, i detta fall rederiet. Det noterades att fordon som laddar kommunicerar med systemet på fartyget och att det därmed kan varna utifall något problem skulle uppstå. Samtidigt påpekades att inkopplingen av fordon bör skötas av utbildad personal för att minimera potentiella risker så som felaktig inkoppling eller användning av skadad utrustning.

I terminal identifierades prismodeller med debitering per kWh utifrån effekt, gratis laddning samt Clevers debiteringsmodell. Priser per kWh varierar mellan € 0,15 och SEK 5 beroende på plats och typ av laddning. Clever Sverige bytte 2019 namn till Bee Charging Solutions²⁵ och förlitar sig på två olika typer av laddabonnemang: Bee Flexible, vilket innebär 0 kr i månadsavgift men SEK 3 per kWh för AC-laddning och SEK 5 per kWh för DC-laddning; Bee Around vilket ger fri laddning för en fast månadsavgift på 399²⁶. Laddning ombord har i de två observerade fallen prissatts med en fast avgift (Bornholmslinjen DKK 99; Fjordline €13). Noteras bör att landström för tillfället är

²³ Bornholmslinjen, "Ta med elbilen", <https://www.bornholmslinjen.se/allt-det-praktiska%2Felbilar>, (besökt 2021-09-26).

²⁴ Fjordline, "Welcome on board Fjord FSTR", <https://www.fjordline.com/en/p/our-ships/fjord-fstr> (besökt 2021-09-26).

²⁵ Öresundskraft, 2019-02-05, "Clever Sverige blir Bee Charging Solutions", <https://www.oresundskraft.se/blog/clever-sverige-blir-bee-charging-solutions/> (besökt 2021-09-26).

²⁶ Umeå Energi, "Laddabonnemang", <http://www.umeaenergi.se/el/ladda-elbilen/laddabonnemang> (besökt 2021-09-26).

skattemässigt fördelaktigt²⁷ och att bränsleskatten vid laddning ombord under drift inte är jämförbar med vad som skulle uppstått vid kaj²⁸.

6.5.1 Perspektiv på laddinfrastruktur ombord och i terminal

I empirin beskrevs åtta huvudsakliga faktorer som ansågs påverka de ekonomiska förutsättningarna för laddinfrastruktur. De åtta identifierade faktorerna är:

- *Säkerhet* – Det vill säga säkerhetsklassificering och åtgärder för att möta säkerhetskrav.
- *Placering* – Kostnaden för installation och det utrymme som tas i anspråk inklusive den alternativkostnad som uppstår.
- *Beläggningsgrad* – Den grad till vilken laddinfrastrukturen används.
- *Energikostnader* – Kostnadsdrivande komponenter kopplat till elen för laddtjänsten så som nätavgifter, val av leverantör, tariffer, skatter och bränsleval vid drift.
- *Balansering* – Möjlighet till laststyrning och leverans av laddtjänsten samtidigt som fartygets eller fastighetens effektbehov prioriteras.
- *Underhåll* – Kostnaden för underhåll på plats och digitalt samt möjligheten att kontrollera att underhållet håller rätt nivå i förhållande till kundvärdet.
- *Kommunikations- och betalssystem* – Etablering och drift av system som kommunicerar pris, tillgänglighet, laddning, fakturering etc., både till kund och till andra aktörer.
- *Kundberättelsen* – Marknadsföring av de kundvärden som är målet med laddtjänsten.

Dessa faktorer har en inbördes hierarkisk prioritetsordning som varierar beroende på sammanhanget men då existerande produkter ofta utgörs av paketlösningar kommer valet av leverantör av exempelvis hårdvaran för laddstationen påverka valmöjligheterna kopplade till flera av faktorerna. Därtill bör poängteras att dessa faktorer utgår från uppfattningen att en investering skall göras, dvs. att det anses finnas ett värde i att erbjuda laddtjänster. Uppfattningar om kundvärdet med laddtjänster kommer därmed influera och influeras av alla dessa faktorer och därmed påverka de ekonomiska förutsättningarna för laddtjänsten.

Det indikerades att designen av terminaler och fartyg ofta skiljer sig markant åt vilket i sin tur gör att den specifika kostnadsprofilen för laddinfrastruktur blir i det närmaste unik för varje installation. Samtidigt ansågs det inte bli så mycket dyrare att efterinstallera laddinfrastruktur ombord jämfört med att inkorporera den under designfasen. Därtill

²⁷ Skatteverket, ”Energiskatter”, ”Du har rätt att få återbetalning av energiskatt på el som du har förbrukat i skepp då skeppet ligger i hamn. Förutsättningarna är bland annat att skeppet används för sjöfart, att det har en bruttodräktighet om minst 400 och att spänningen på den el som överförs är minst 380 volt. För den el som du förbrukar kan du ha rätt till återbetalning med skillnaden mellan gällande skattesats och 0,6 öre per kilowattimme. För den el som du förbrukat före den 1 januari 2021 kan du ha rätt till återbetalning med skillnaden mellan gällande skattesats och 0,5 öre per kilowattimme.” <https://skatteverket.se/foretag/skatterochavdrag/punktskatter/energiskatter> (besökt 2021-10-20)

²⁸ Skatteverket, ”Energiskatter”, ”Du kan få återbetalning av energiskatt och koldioxidskatt samt eventuell svavelskatt när ditt fartyg inte använts för privat ändamål.” <https://skatteverket.se/foretag/skatterochavdrag/punktskatter/energiskatter> (besökt 2021-10-20)

fanns det en enighet om att laddtjänster håller på att bli en hygienfaktor, dvs. något som förväntas utgöra en del av det basutbud av tjänster som tillhandahålls av rederier. Utifrån detta perspektiv jämfördes investeringar i laddinfrastruktur med installation av fiber i fastigheter. Det ansågs därför viktigt att utvärdera vilka kundsegment som förväntar sig tillgång till laddtjänster nu och i framtiden samt planera för tjänster som skapar lämpligt värde för dessa segment. Det poängterades att laddtjänster och investeringar i laddinfrastruktur bör analyseras ur ett systemperspektiv då detta hjälper operatören att hålla nere kostnader för exempelvis uppsäkring, möjliggör kostnadsdelning genom samarbete med kringliggande aktörer, samt förbereder för eventuell framtida uppskalning av systemet. Samtidigt betonades att det under hela investeringsprocessen behövs en tydlig och sammanhängande berättelse om det värde som skall förmedlas med laddtjänsten. Ett tydligt syfte underlättar utformningen av en laddtjänst som kostnadseffektivt levererar det värde som kunden förväntar sig. Utöver kundvärde kopplat till aspekter så som räckviddsångest, bekvämlighet och tillgänglighet påpekades att miljövärdet utgjorde en viktig faktor för många elbils kunder.

Vid laddning i terminal avgörs miljöpåverkan av den elmix som används medan laddning ombord sker med elektricitet som kommer från fartygets motorer eller energilager. Kopplat till detta ansågs det viktigt att påvisa det miljömässiga värdet med att ladda ombord och tydligt förklara miljöpåverkan från denna typ av laddning. Fartygets bränslemix och motorens effektivitet är i detta sammanhang avgörande för den faktiska utsläppsprofilen associerad med laddningen. Potentiell användning av biobränslen samt eldrift från hybridsystem nämndes som sätt att förbättra miljöpåverkan. Samtidigt förväntades fartygsflottan i Norden gradvis skifta över till eldrift vilket i sin tur kommer att leda till att miljöpåverkan från laddningen hamnar i paritet med det som finns i elmixen i övrigt. Slutligen nämndes att det finns en tendens bland de som vill investera i laddinfrastruktur ombord att belasta investeringar i laddpunkter med kostnader kopplade till brandsäkerhetsrelaterade uppgraderingar av bildäck. Då investeringar i brandsäkerhet behövs när andelen elfordon ökar i fordonsflottan innebär detta att investeringskalkylen belastas med kostnader i onödan.

6.6 Analys och diskussion

Det stora antalet valmöjligheter i fråga om allt från hårdvarurelaterade aspekter så som kontakttyp till mer marknadsföringsrelaterade dimensioner så som prismodell mot konsument gör att utformningen av potentiell affärsmodell för laddinfrastruktur är behäftad med hög komplexitet. Samtidigt innebär den tekniska utvecklingen, den pågående komponentbristen och de höga energipriserna att osäkerheten i fråga om lämpligheten av olika val är stor. Det är även viktigt att påpeka att forskningslitteraturen om specifikt affärsmodeller för laddinfrastruktur ter sig underutvecklad. Resultatens relevans måste därför förankras i generella resonemang snarare än specifika. Det är således nödvändigt att påpeka att följande beskrivning av förutsättningar för affärsmodeller har sina begränsningar.

Det material som återgivits i kapitel 6.3 går att strukturera utifrån ett processperspektiv bestående av fyra faser: projektering, installation, drift och avveckling.

I projekteringsfasen bör information insamlas utifrån förutsättningen att beslutsfattare redan i denna fas måste ta hänsyn till att det finns ett samspel mellan den tänkta platsen för laddstationen, teknikvalet, affärsmodellen och organisationens affärsstrategi. Det är

även i denna fas som effekttillgången avgörs så det är viktigt att närma sig nätägaren med en förståelse för de lokala utmaningar som kan finnas och ha en plan som visar att eventuell effektbrist tas på allvar inte bara genom teknikval utan även i val av kundbas och affärsmodell. Affärsmodellen bör utformas efter den övergripande företagsstrategin (Magretta, 2002) vilket gör att det är viktigt att ha affärsmodellen i åtanke från start så att inte extraarbete krävs senare för att korrigera en affärsmodell som divergerar kraftigt från det som görs i andra delar av verksamheten.

Under installationsfasen kommer kapitalkostnaden att avgöras och då detta är den absolut viktigaste frågan för möjligheten att skapa en lönsam affärsmodell bör tid läggas på att välja lämpligast lösning utifrån valt kundsegment och pressa kostnaderna som uppstår under inköp- och tillståndprocesser. Då det finns stöd att söka för investeringar i laddinfrastruktur kan det vara avgörande för lönsamheten att få tillgång till stöd från källor som återfinns på lokal, regional, nationell och EU-nivå. Det är därtill viktigt att besluts- och tillståndprocesser ligger i fas så att laddinfrastrukturen kan tas i drift så snart som möjligt.

Driftsfasen kommer att utgöra den tidsmässigt längsta perioden och det är under denna fas som affärsmodellen kommer att sättas på prov. Affärsmodellens gränser avgör både kostnadsprofilen och kundvärdet genom att stipulera saker som ansvar för hårdvara (ex. laddkabel), utformning av prismodell och prisnivå. Kostnader för hantering och ersättning av kablar eller återställning av system kan slå kraftigt mot resultatet. Det är därför viktigt att tydligt definiera hur driftskostnader så som personalkostnader och kostnader för underhåll skall allokteras dels internt, dels mellan laddoperatören och leverantörer av bakomliggande systemlösningar. Samtidigt är det på grund av kundkollektivets möjliga snabbriklighet i fråga om preferenser, kopplat till både teknik och prismodeller, viktigt att uppmärksamma vikten av flexibilitet i fråga om affärsmodellen utformning. Affärsmodeller för innovationer eller nya produkter utvecklas vanligtvis snabbt och i forskningslitteraturen beskrivs hur affärsmodeller förväntas förfinas genom interaktion med nyckelintressenter så som kunder och investerare (Chesbrough, 2010). Det är därmed viktigt att se till att det finns möjlighet till viss flexibilitet i de system som används, dvs. framtidssäkring, så att inte investeringar står oanvända på grund av förändrade behov i fråga om exempelvis betalnings- eller kommunikationssystem.

Slutligen har laddstationen en avvecklingsfas som måste förberedas även om det enbart innebär att underlätta för att laddstationen ersätts med uppgraderad hårdvara. Det är viktigt att från start se över hur avtal reglerar eventuellt ansvar för återställning av platsen, restvärdet för laddstationen och andra eventuella faktorer så som uppsägning av abonnemang för datahantering och kommunikation. Genom att ha avvecklingen i åtanke vid projektering och installation är det möjligt att ta hänsyn till faktorer som kan sänka kostnaden för tillhandahållandet av laddtjänster.

6.6.1 Förutsättningar för affärsmodeller för laddning i terminal och ombord

Som beskrevs i empirin är laddtjänster i eller i närheten av terminalområden något som tillhandahålls i relativt stor utsträckning. Nio av de femton rederierna i studien erbjöd någon form av laddtjänst i terminal. Därtill visar Viking Lines samarbete med Stockholms stad att det är troligt att det ofta finns tillgång till offentliga laddplatser i närheten av de terminaler som är centralt belägna. I de fall där terminalområdet är beläget i en större

tätort är det möjligt att effektbrist kommer att negativt inverka på möjligheten att etablera och erbjuda laddtjänster på ett sätt som är ekonomiskt lönsamt. Det är således inte enbart konkurrens om kunder utan även tillgången till effekt som gör det nödvändigt att inventera vilka laddtjänster som erbjuds i existerande och kommande laddstationer lokaliserade i närheten av terminalområdet. Ur ett strategiskt perspektiv är denna typ av information viktig att ta i beaktande även när det gäller utvärdering av laddning ombord. I Figur 4 nedan summeras affärsmodellens delar.

Nyckelpartners (infrastruktur) Leverantör av hårdvara och underhåll Systemadministratör Nätägare Elleverantör Fastighetsägare Myndigheter	Nyckelaktiviteter (infrastruktur) Säkerhet Bokning och beläggning, Fakturering Laststyrning	Värdeerbjudande (erbjudande) Säkerhet Bekvämlighet Pålitlighet Kostnad Enkelhet Miljövänlighet	Kundrelationer (kund) Medlemskap Engångsförsäljning	Kundsegment (kund) Snabbladdning Semisnabb Normal Batteristorlek Affärskunder Privatkunder Medlemmar Icke-medlemmar
	Nyckelresurser (infrastruktur) Laddstation (framtidssäkrad, balansering möjlig), System, Plats, Personal		Kanaler (kund) App Hemsida Telefonsupport Kundinteraktion	
Kostnadsstruktur (ekonomisk bärkraft) Mjuka kostnader, Underhåll, System (mjukvara, nätverk etc.), Kapitalkostnad, El och effektavgifter etc., Hårdvara (station, kabel etc.)			Intäktsslöden (ekonomisk bärkraft) Fast pris per laddtillfälle, effekt, tid etc., Medlemsavgift, Reklamintäkter, Merförsäljning	

Figur 4 Affärsmodellens för laddning i terminal och ombord

Nedan presenteras analysen och diskussionen om förutsättningarna för affärsmodeller för laddning i terminal och ombord utifrån de tre affärsmodellensområden som användes i 6.2 men det är viktigt att ha i åtanke att de områdena påverkar varandra och att analysen av en affärsmodell kan inledas från olika ingångar i affärsmodellen. Så om vissa variabler är bestämda redan från start kan dessa användas som ingångsvärden i analysen.

6.6.2 Erbjudande och Kund

I litteraturgenomgången indikerades att konsumenter tenderar till att vara prismedvetna och ha en hög priselasticitet när det gäller användning av laddinfrastruktur (Hardman m.fl., 2018). Det påpekades även att det fanns tre huvudsakliga värden kopplade till laddtjänsten (Deloitte, 2019): bekvämlighet, pålitlighet och kostnad; vilka tillsammans med andra kompletterande värden så som enkelhet och miljövänlighet (Schnee m.fl., 2020) eller medlemskapsförmåner kan förväntas förstärka det upplevda värdet i laddtjänsten och bredda den potentiella kundbasen. Samtidigt är det viktigt att hålla potentiella negativa effekter i åtanke när kompletterande värden diskuteras. Det finns en risk för kontaminering av negativa intryck, exempelvis kan en undermålig laddtjänst färga av sig på upplevelsen av resan, alternativt så kan publik kritik av laddtjänstens kvalitet färga av sig på företaget i fråga. Detta är speciellt känsligt i relation till det miljövärde som

associeras med elfordon. Dock bör påpekas att även laddning i terminal i Sverige kan på marginalen ske med elektricitet genererad från förbränning av fossila bränslen²⁹.

Empirin visar att Bornholmslinjen och Fjordline verkar förlita sig på enkelhet och bekvämlighet som ledande kundvärden för laddning ombord. Genom att ge kunden ytterligare en möjlighet att ladda sitt fordon under en tidsperiod då fordonets tillgänglighet inskränks, mildrar laddning ombord kundens räckviddsångest och sparar kundens tid vid avfärd eller ankomst. En annan form av bekvämlighetsskapande åtgärd är prioriterad ombordstigning, vilket därmed skulle kunna användas för att sälja laddtjänst ombord. I den praktikerorienterade litteraturen associerades även längre vistelse på plats med ökad försäljning (ChargePoint, 2015), vilket skulle kunna vara värdefullt för rederier med försäljning ombord. Det poängterades i intervjun att det är troligt att det kommer att vara personal som sköter i och urkoppling. Detta är bekvämt för kunden och i och med att kunden inte kan göra något fel vid laddningen, reducerar det potentiella stressmoment samt skapar troligtvis även ett intryck av säkerhet.

När det gäller hur kunder bör segmenteras går det att utifrån litteraturen identifiera faktorer så som laddning, kundernas priskänslighet, och mer konkreta aspekter så som, privat- och företagskund, eller fordons- och abonnemangstyp. Baserat på priskänsligheten och behovet av enkelhet är det möjligt att argumentera att kunder med tillgång till gratis eller fast pris för laddning via ett abonnemang kan bli svåra att attrahera om inte tjänsten utformas på så sätt att även dessa kunder inkluderas. Ett sådant erbjudande kräver dock förhandling med den part som tillhandahåller dessa abonnemang.

Då flera laddstationer administreras av Bee Charging Solutions (före detta Clever) ter det sig som att prisnivåerna på laddning i terminal är i linje med vad som erbjuds vid andra offentliga laddplatser. Prissättningen för laddning ombord utgörs av ett fast pris som varierade mellan SEK 133,44 (€13) och SEK 136,65 (DKK 99)³⁰ men då rutternas längd och laddningsutrustningen inte undersökts är det svårt att bedöma hur mycket laddning som kunderna betalar för.

6.6.3 Infrastruktur

Litteraturgenomgången identifierade att tid på plats (Chen m.fl., 2020; Deloitte, 2019; Elbilsländet SYD, 2020) avgör den effekt som krävs för att kunna erbjuda kunden en fullgod laddtjänst. Förväntas kunden stå parkerad under längre tid kan lägre effekt användas och lastbalansering mellan stationer ger möjlighet till att hålla nere det totala effektuttaget. Effektfrågan kan göra att laddning ombord ses som mer attraktiv för nätoperatören i och med att denna typ av laddning inte belastar nätet. Dock beror detta helt på hur många fordon som berörs, vilken kapacitet som finns i nätet och vilken laddning som diskuteras. Förutom platsen utgör själva laddtekniken en viktig nyckelresurs då den öppnar upp för möjligheten att erbjuda korrekt effekt till tänkta kundsegment, säkra informationsflöden till fordon och kund, möjliggöra för olika prismodeller och framtidssäkra investeringen i sig (Deloitte, 2019; Madina m.fl., 2016).

²⁹ Uniper Energy, 2021-09-27, ”Därför startades Karlshamnsverket i september”, <https://www.uniper.energy/sverige/nyheter/daerfoer-startades-karlshamnsverket-i-september/> (besökt 2021-10-20)

³⁰ Växelkurser från www.xe.com per 2021-12-17.

Möjligheten att kombinera investeringen i nätet med olika smarta tjänster eller lokal lagring och produktion presenterades även som ett möjligt sätt att skapa extra kassaflöden, men lönsamheten i sådana satsningar är direkt avhängigt sambandet mellan den ökade investeringskostnaden och möjligheten att antingen kraftigt sänka effektbehovet eller att med vinst sälja tillbaka elektricitet (Martinsen m.fl., 2019; Sprengeler m.fl., 2020).

Andra typer av samspel mellan värde och infrastruktur återfinns i själva laddningstillfället. I fallet med laddning ombord förväntas utbildad personal sköta i och urkoppling, vilket är viktigt ur säkerhetssynpunkt men även ger upphov till bekvämlighet och trygghet hos kund. Laddningen innebär därmed ett extra arbetsmoment vars kostnad måste härledas till rätt kostnadspost. Beroende på resans längd och effektbehovet skulle det vara möjligt att flytta kabeln mellan fordon under resans gång. Detta skulle öka intäkterna men skulle även innebära extra planering och hantering. Ytterligare viktiga faktorer för en framgångsrik etablering av laddtjänster var samarbete med nyckelaktörer så som nätägare (San Román m.fl., 2011), fastighetsägare (Elbilslandet SYD, 2020) eller ladd- och nätverksoperatörer (Madina m.fl., 2016).

6.6.4 Ekonomisk bärkraft

Litteraturen betonade svårigheten med att få lönsamhet i laddtjänster. Det är därmed viktigt att alla de strategier som presenterats för att minska investerings- och driftkostnader utvärderas och om möjligt implementeras. Speciellt viktigt är att angripa så kallade mjuka kostnader (Nelder & Rogers, 2019). Beläggningen är avgörande för lönsamheten och det är därmed viktigt att se till att laddinfrastrukturen utnyttjas maximalt. I relation till detta måste dock kundens möjlighet att flytta på fordonet hållas i åtanke. Om exempelvis en snabbbladdningstjänst erbjuds i ett terminalområde måste kunderna kunna ha tillgång till fordonet och kunna flytta det till lämplig parkeringsplats efter avklarad laddning. Det är därmed möjligt att en snabbbladdningstjänst skapar fler fordonsrörelser på terminalområdet och stressade kunder, vilket bör undvikas. Därmed kan placeringen av snabbbladdning i anknytning till terminalområdet vara en mer attraktiv lösning då detta skulle möjliggöra för en högre beläggning och minskade fordonsrörelser i terminalområdet.

Merförsäljning (ChargePoint, 2015), dvs. att kunden köper något som den egentligen inte tänkt köpa, och reklamintäkter (Hall & Lutsey, 2017) kan även användas för att knyta ytterligare kassaflöden till laddtjänsten men det är i bägge fallen viktigt att fundera på hur dessa värden och kassaflöden skall beräknas och härledas till laddinfrastrukturen. På grund av den höga investeringskostnaden bör möjligheten att få stöd från olika nationella, regionala och internationella källor, så som Klimatklivet³¹, undersökas noggrant. Därtill kan det vara möjligt att använda alternativa finansieringsmetoder så som gröna obligationer³² för att ytterligare sänka kostnaderna. Laddning ombord sker med vissa

³¹ Naturvårdsverket, *Laddstationer*,

<https://www.naturvarvsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/klimatklivet/for-dig-som-vill-soka-stod/underlag-du-behover-ta-fram/laddstationer> (besökt 2021-11-20)

³² Scania, 2021-01-15, "Stort intresse för Scantias första gröna obligation", "Likviderna från Scantias gröna obligationer investeras uteslutande i projekt som har syfte att kraftigt minska Scantias CO2-utsläpp. De kan exempelvis omfatta förbättrad prestanda för tunga elfordon, kollektivtrafiksystem med

skattetekniska fördelar. Detta kan möjligtvis ändras i framtiden. Därmed behövs en bedömning av vilka eventuella effekter som sådana förändringar kan ge upphov till samt sannolikheten för att denna typ av ändringar sker under projektets livslängd.

6.7 Ansvarsfördelning och systemgränser

Som beskrivits ovan varierar det aktörsnätverk som kopplas till produktionen av en laddtjänst beroende på tjänstens komplexitet, exempelvis beroende på totalt effektuttag och behov av informationsutbyte mellan system. Det är därmed möjligt att ett aktörsnätverk omfattar aktörer som drivs av olika incitament och därtill agerar i olika beslutssteg i relation till affärsmodellens värdeproduktion. Det ter sig därmed som att det är viktigt för den centrala aktören, vare sig det är en laddoperatör, nätagare eller fastighetsägare, att se till att de avtal som reglerar relationerna i aktörsnätverket fördelar ansvaret för potentiella affärsrisker på ett sätt som uppmuntrar systemmässigt korrekt beteende i fråga om exempelvis säkerhet, effektuttag, underhåll och minimering av slitage. Om fordonsflottan exempelvis skall användas som energilager, vilket för närvarande testas i större skala runt om i världen, bör detta ingå i analysen. Detta är speciellt viktigt med tanke på den omfattande elektrifiering som planeras i framtiden³³ och den effektbrist som redan kan skönjas på sina håll i landet (jmf Nyqvist, 2020).

6.8 Inkluderande av säkerhetsaspekter i investeringsbeslutet

Det bör noteras att även om investeringar i olika säkerhetsanordningar för elfordon kan ses som lämpliga att associera till beslutet att investera i laddinfrastruktur ombord bör sådana kostnader inte per automatik inkluderas i kalkylen. Den enkla anledningen till detta är att antalet elfordon kommer att öka i fordonsflottan vare sig laddinfrastruktur erbjuds ombord eller ej. Således skulle vissa investeringar i säkerhetshöjande syfte troligtvis behövas även om inte laddinfrastrukturen installerades. Då en budget för laddinfrastruktur enbart skall belastas av de kostnader som härleds till det specifika beslutet går det således att argumentera för att säkerhetsrelaterade investeringar i exempelvis omkringliggande ytor inte bör belasta kalkylen. Liknande argument kan användas när laddinfrastruktur förbereds i terminal. Viss uppgradering av den lokala infrastrukturen måste kanske göras av andra skäl än enbart laddning av kunders fordon. Det vore då orimligt att investeringen i laddinfrastruktur för kunder belastas med exempelvis delar av kostnaden för elektrifieringen av en färja. Så för att skapa ett rättvisande utvärderingsscenario för en specifik investering bör kopplingen mellan investeringskostnaderna och satsningen på laddinfrastruktur granskas noggrant så att inte investeringen döms ut på felaktiga grunder.

elbussar eller att skapa en effektiv laddinfrastruktur för elektriska lastbilar och bussar.”

<https://news.cision.com/se/scania/t/stort-intresse-for-scantias-forsta-grona-obligation,c3268473> (besökt 2021-10-20)

³³ Energiföretagen förväntar sig en förbrukning på 240 till 310TWh inklusive överföringsförluster 2045. <https://www.energiforetagen.se/pressrum/pressmeddelanden/2021/ny-analys-sveriges-elanvandning-kan-landa-pa-310-twh/> (Besökt 2021-12-01)

6.9 Möjlig kannibalisering laddtjänster emellan

När två eller fler snarlika produkter erbjuds till ett kundkollektiv uppstår risken att produkterna kannibaliserar varandra. I fallet med laddinfrastruktur finns det en risk för kannibalisering mellan laddning i terminal och laddning ombord. Därtill är det möjligt att laddning i terminal utsätts för kannibalisering av andra närliggande laddtjänster, exempelvis från öppna laddningspunkter i närheten av terminalen. För att undvika kannibalisering bör den aktör som erbjuder laddtjänsten tydligt segmentera tjänsterna så att de riktar in sig på olika kundsegment och skapar kundvärde som överlappar så lite som möjligt. Produktportföljen bör därför hanteras strategiskt så att laddinfrastrukturen utnyttjas maximalt.

6.10 Slutsats

Att skapa en lönsam och attraktiv affärsmodell för laddinfrastruktur är inte enkelt men i detta kapitel har en rad faktorer identifierats vilka förbättrar oddsen att lyckas med ett sådant arbete. I litteraturen varierar prismodeller och prissättning kraftigt mellan olika typer av laddtjänster och kundsegment men utformningen av dessa två komponenter är avgörande ur lönsamhetsperspektiv. Laddoperatören bör därmed noggrant utvärdera vilken modell som passar de tänkta kundsegmenten och vilka prisnivåer som dessa kunder kan acceptera. Baserat på den empiri som samlats in ter det sig dock som det finns etablerade modeller och normer vilka kan användas som riktvärden i ett sådant arbete.

Samtidigt är det viktigt att vara medveten om att flera dimensioner av affärsmodellen, så som teknikval och värdeskapande för kund, är intimt sammankopplade. Om tongivande faktorer inte sammanfaller med laddoperatörens intresse kan svårhanterliga situationer uppstå. Exempelvis kan en laddoperatör som siktar på att erbjuda snabbbladdning inte alltid räkna med att få tillgång till önskad effekt utan att betydande investeringar. På grund av hög priskänslighet kan det i ett sådant scenario vara svårt för laddoperatören att föra över kostnader på kund och skapa en lönsam affärsmodell. Om laddoperatören är flexibel i fråga om både val av kundsegment och teknik kan dock situationen lösas utan större förlust för endera part. Detta då det inte finns någon egentlig anledning att investera i utrustning som har högre kapacitet än vad som kunden efterfrågar eller kan utnyttja.

Detta leder oss till en av de viktigaste slutsatserna från litteraturen, vilken är att det är viktigt att noga utvärdera balansen mellan behov och kostnad när erbjudande skall designas och kundsegment väljas. Kapaciteten som erbjuds bör därför vara anpassad till den tid som kunden förväntas stå på laddplatsen samt den beläggningsgrad som behövs uppnås ur lönsamhetsperspektiv. Slutligen innebär rådande kostnadsläge att investerings- och driftstöd bör utredas noggrant samt att alternativa kassaflöden så som merförsäljning och reklam bör knytas till laddtjänsten för att på så sätt skapa ett gynnsamt investeringsscenario.

6.11 Källor

- Azarova, V., Cohen, J. J., Kollmann, A., & Reichl, J. (2020). The potential for community financed electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 88(October), 102541. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102541>
- Bengtsson, L., Gruffman, C., Hollmann, C., Sjöberg, V., Modig, R., Andersson, G., Jonsson, B., & Castegren, G. (2018). *Affärsmodeller för laddinfrastruktur inom kontors- och bostadsfastigheter*.
- Biresselioglu, M. E., Demirbag Kaplan, M., & Yilmaz, B. K. (2018). Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 109(February), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.01.017>
- ChargePoint. (2015). *Leading Retailer Partners with ChargePoint to Attract and Retain Loyal Customers*.
- Chen, T., Zhang, X. P., Wang, J., Li, J., Wu, C., Hu, M., & Bian, H. (2020). A Review on Electric Vehicle Charging Infrastructure Development in the UK. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 8(2), 193–205. <https://doi.org/10.35833/MPCE.2018.000374>
- Chesbrough, H. (2010). Business model innovation: Opportunities and barriers. *Long Range Planning*, 43(2–3), 354–363. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.010>
- Deloitte. (2019). The opportunities around electric vehicle charge points in the UK Contents. I *Deloitte*. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/energy-resources/deloitte-uk-Electric-Vehicles-uk.pdf>
- Elbillandet SYD. (2020). ”Elbrist ” inte ett hinder för installation av elbilsaddning.
- EURELECTRIC. (2013). *Deploying publicly accessible charging infrastructure for electric vehicles : how to organise the market?* (Nummer July).
- Funke, S. A., & Burgert, T. (2020). Can charging infrastructure used only by electric taxis be profitable? A case study from Karlsruhe, Germany. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69(6), 5933–5944. <https://doi.org/10.1109/TVT.2020.2973597>
- Gnann, T., Funke, S., Jakobsson, N., Plötz, P., Sprei, F., & Bennehag, A. (2018). Fast charging infrastructure for electric vehicles: Today’s situation and future needs. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62(March), 314–329. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.03.004>
- Hall, D., & Lutsey, N. (2017). Emerging best practices for electric vehicle charging infrastructure. *ICCT White Paper, October*. https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-charging-best-practices_ICCT-white-paper_04102017_vF.pdf
- Hardman, S., Jenn, A., Tal, G., Axsen, J., Beard, G., Daina, N., Figenbaum, E., Jakobsson, N., Jochem, P., Kinnear, N., Plötz, P., Pontes, J., Refa, N., Sprei, F., Turrentine, T., & Witkamp, B. (2018). A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62(April), 508–523. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.002>
- Kley, F., Lerch, C., & Dallinger, D. (2011). New business models for electric cars-A holistic approach. *Energy Policy*, 39(6), 3392–3403.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.036>

- Lopez-Behar, D., Tran, M., Froese, T., Mayaud, J. R., Herrera, O. E., & Merida, W. (2019). Charging infrastructure for electric vehicles in Multi-Unit Residential Buildings: Mapping feedbacks and policy recommendations. *Energy Policy*, 126(December 2018), 444–451. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.030>
- Madina, C., Zamora, I., & Zabala, E. (2016). Methodology for assessing electric vehicle charging infrastructure business models. *Energy Policy*, 89, 284–293. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.007>
- Magretta, J. (2002). Why business models matter. *Harvard Business Review*, 80(5), 86–92.
- Martinsen, T., Solberg, H., & Elsebutangen, H. (2019). Multi-service charging station and/or onshore energy storage at port for electric ferry - A case study from Norway. *25th International Conference on Electricity Distribution, Paper 1598*.
- Neenan, B., Cromie, R., & Wheat, T. (2009). *Electric Vehicles: Characterizing Consumers' Interest and Infrastructure Expectations*. <http://www.mendeley.com/research/comparing-benefits-impacts-hybrid-electric-vehicle-options-compact-sedan-sport-utility-vehicles/>
- Nelder, C., & Rogers, E. (2019). *Reducing EV Charging Infrastructure Costs - Rocky Mountain Institute*. <https://rmi.org/insight/reducing-ev-charging-infrastructure-costs>
- Noel, L., Zarazua de Rubens, G., Kester, J., & Sovacool, B. K. (2020). Understanding the socio-technical nexus of Nordic electric vehicle (EV) barriers: A qualitative discussion of range, price, charging and knowledge. *Energy Policy*, 138(October 2019), 111292. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111292>
- Nyqvist, J. (2020). *TIOPUNKTSPROGRAM MOT TRÄNGSEL I ELNÄTET – en handledning för kommuner* (Nummer December).
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. John Wiley & Sons.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2013). *Business Model Generation: En handbok för visionärer, banbrytare och utmanare* (Andra uppl). Studentlitteratur AB.
- Robinson, J., Brase, G., Griswold, W., Jackson, C., & Erickson, L. (2014). Business models for solar powered charging stations to develop infrastructure for electric vehicles. *Sustainability (Switzerland)*, 6(10), 7358–7387. <https://doi.org/10.3390/su6107358>
- San Román, T. G., Momber, I., Abbad, M. R., & Sánchez Miralles, Á. (2011). Regulatory framework and business models for charging plug-in electric vehicles: Infrastructure, agents, and commercial relationships. *Energy Policy*, 39(10), 6360–6375. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.037>
- Schnee, R., Chrenko, D., Rodet-Kroichvili, N., & Neugebauer, P. (2020). Examination of charging infrastructure for electric vehicles based on components of sustainable business models. *2020 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2020 - Proceedings*, 8–13. <https://doi.org/10.1109/VPPC49601.2020.9330892>
- Serradilla, J., Wardle, J., Blythe, P., & Gibbon, J. (2017). An evidence-based approach for investment in rapid-charging infrastructure. *Energy Policy*, 106(September 2016), 514–524. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.007>
- Sprengeler, M., Freudenmacher, T., Popova, R., Nguyen, H. Q., Rojas La Rotta, M., & Stryi-Hipp, G. (2020). Impact of electric vehicle charging infrastructure expansion

- on microgrid economics: A case study. *SEST 2020 - 3rd International Conference on Smart Energy Systems and Technologies*.
<https://doi.org/10.1109/SEST48500.2020.9203561>
- Statens Energimyndighet. (2009). *Kunskapsunderlag Angående Marknaden för Elfordon och Laddhybrider, ER 2009:20*.
- Statens Offentliga Utredningar. (2021). *I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040 (SOU 2021:48)*. Regeringskansliet.
- Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43(2–3), 172–194. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- Villeneuve, D., Füllemann, Y., Drevon, G., Moreau, V., Vuille, F., & Kaufmann, V. (2020). Future urban charging solutions for electric vehicles. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 20(4), 78–102.
<https://doi.org/10.18757/ejtir.2020.20.4.5315>
- Wood, E., Rames, C., Muratori, M., Raghavan, S., & Melaina, M. (2017). *National Plug-In Electric Vehicle Infrastructure Analysis. September*.
https://www.afdc.energy.gov/uploads/publication/national_pev_infrastructure.pdf
- Zhang, Q., Li, H., Zhu, L., Campana, P. E., Lu, H., Wallin, F., & Sun, Q. (2018). Factors influencing the economics of public charging infrastructures for EV – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94(August 2017), 500–509.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.022>

7 Bilagor

Samtliga figur- och tabellnummer i dessa bilagor relaterar till den rapport materialet är hämtat från.

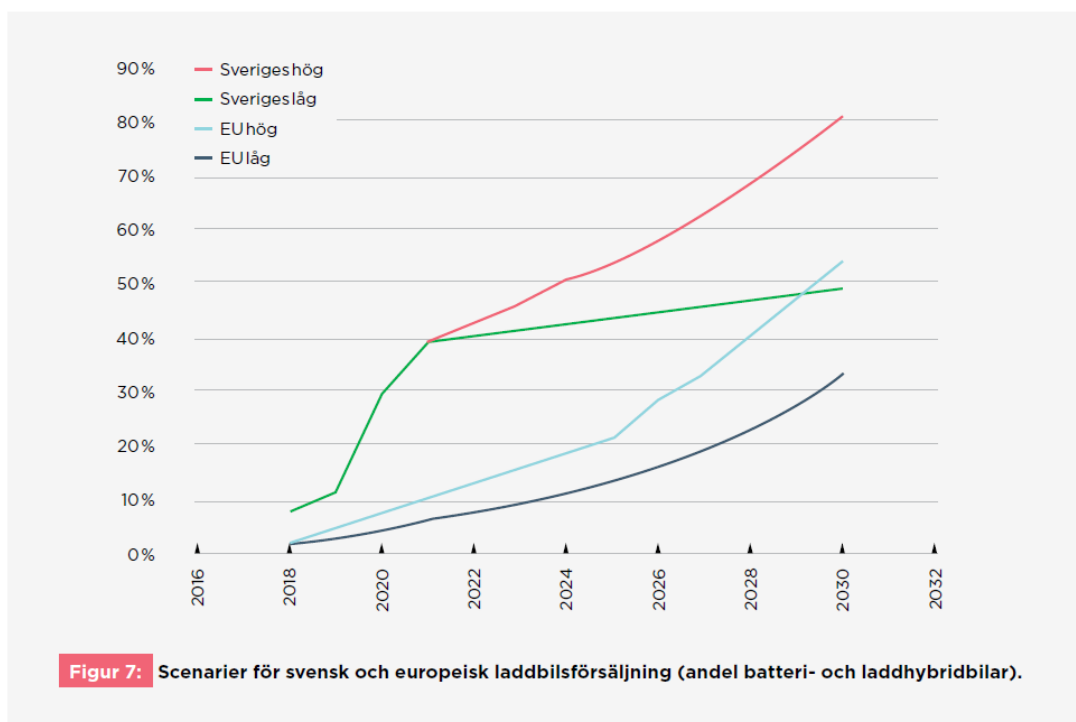
7.1 Bil Swedens färdplan för lätta fordon

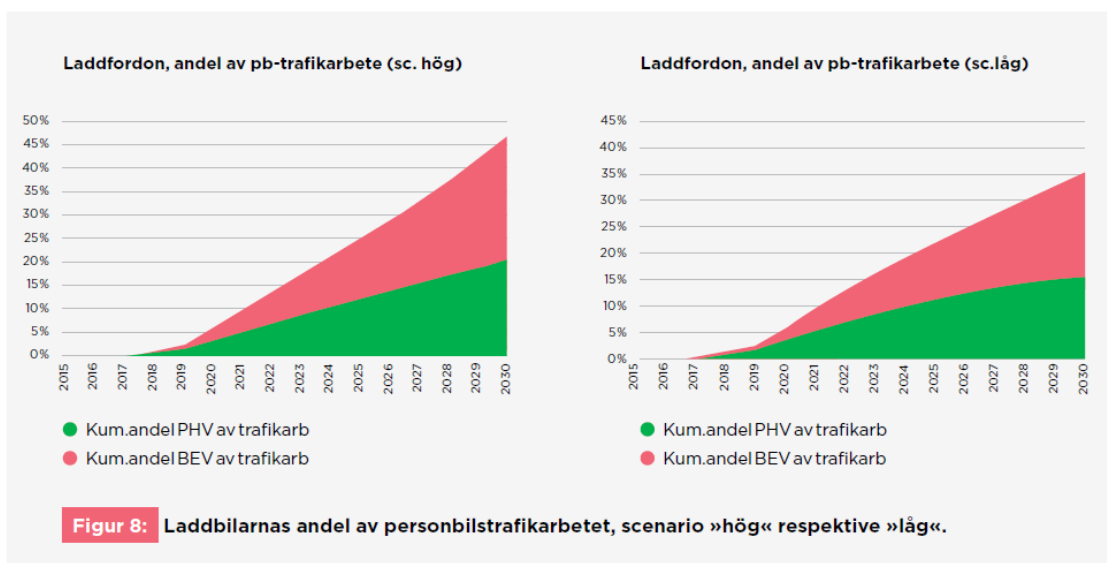
Publikation: *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft. Fordonsindustrin – lätta fordon*. Bil Sweden och Fossilfritt Sverige. December 2019.

Typ av bedömning: Scenarier som utgår från hittills fattade beslut och olika trender.

Förutsättningar: Ett ”låg-scenario” där EU:s fordonskrav nätt och jämnt uppfylls, till relativt stor del genom effektivisering av fossila motorer snarare än försäljning av laddbara bilar. Ett ”hög-scenario” där de produktionsplaner som tillverkarna hade annonserat fram till 2025 slår in och marknadsutvecklingen sedan går något snabbare från 2025 till 2030 eftersom laddbilarnas inköpspris antas ha fallit till fossilbilarnas nivå.

Resultat: 35-45 procent av trafikarbetet med personbilar och lätta lastbilar utförs med laddbara fordon år 2030.





7.2 Bil Swedens färdplan för tunga fordon

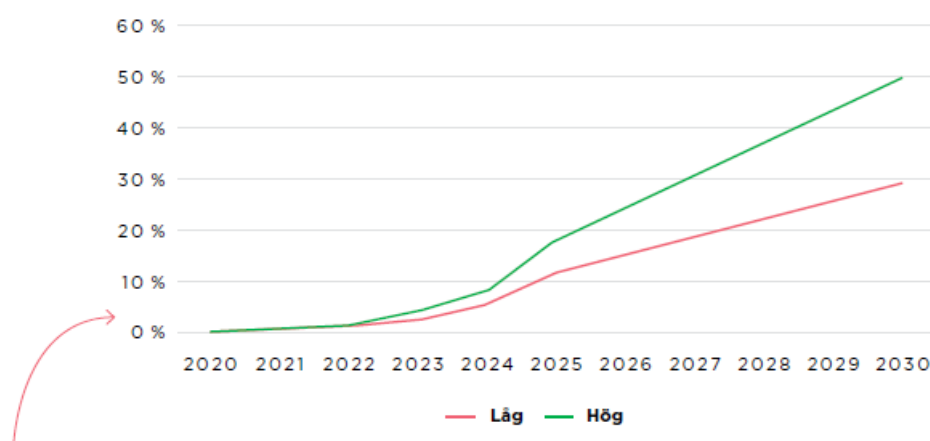
Publikation: *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft. Fordonsindustrin – tunga fordon.* Bil Sweden och Fossilfritt Sverige. Oktober 2020.

Vad det är: Två scenarier för tänkbar utveckling av tunga fordon. Ingen bedömning görs av sannolikheten för dessa scenarier.

Förutsättningar: Ett ”låg-scenario” där man antar att 30 procent av nyförsäljningar av tunga fordon 2030 utgörs av elektriska fordon. Ett ”hög-scenario” där andelen elektriska fordon är 50 procent år 2030. Laddhybriderna utgöra mindre än tio procent av försäljningen, och de utför en fjärdedel av trafikarbetet på el.

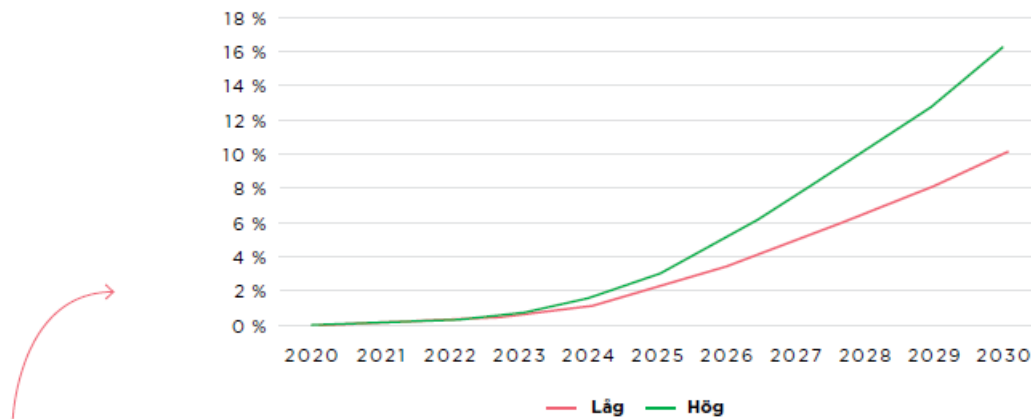
Resultat: 10-16 procent av de tunga lastbilarna är laddbara fordon år 2030.

ANDEL ELEKTRISKA LASTBILAR AV NYFÖRSÄLJNING



Figur 1: Andel elektriska tunga fordon av nyförsäljningen.

ANDEL ELEKTRISKA LASTBILAR I FLOTTAN



Figur 2: Andel elektriska fordon i den tunga fordonsflottan.

7.3 Energimyndighetens elektrifierings-scenarier

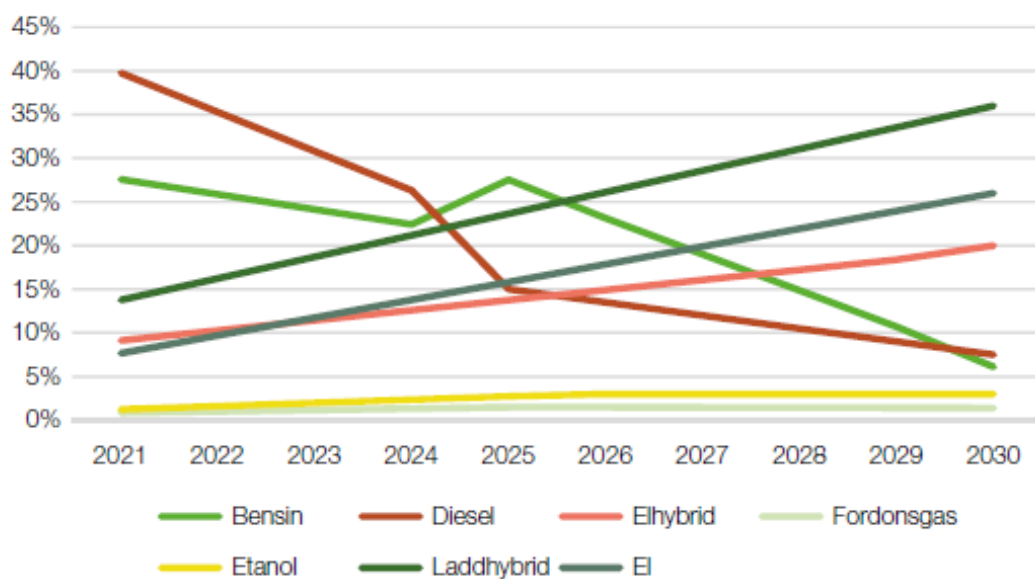
Publikation: *Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten*. Energimyndigheten 2019.

Vad det är: En studie av hur olika takt av elektrifiering av fordonsflottan påverkar vilka reduktionspliktsnivåer som skulle krävas för att minska utsläpp från vägtrafik med 70 procent till 2030.

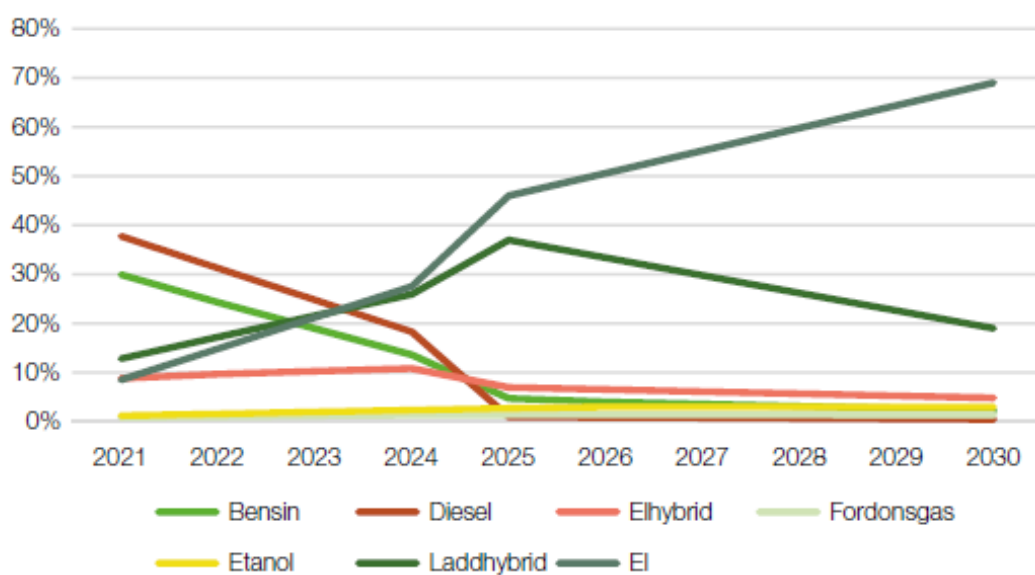
Förutsättningar: Tre scenarier; ”reduktionspliktsscenario”, ”elektrifieringsanalys 1” och ”elektrifieringsanalys 2”. Man gör ingen bedömning av sannolikheten för olika scenarier. Reduktionsplikts scenariot beskrivs som konservativt när det gäller elfordon så jag tar inte med det här. Elektrifieringsanalys 1 ligger högre än Bil Sweden och Fossilfritt Sveriges låg-scenario, men under deras hög-scenario.

Scenarioresultat

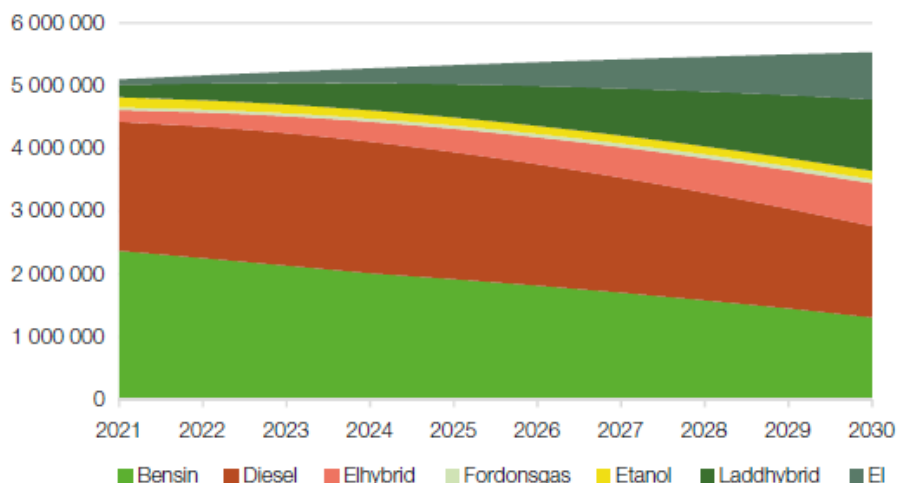
Andel fordon i flottan år 2030	Elektrifieringsanalys 1	Elektrifieringsanalys 2
Personbil el	14%	53%
Personbil laddhybrid	20%	20%
Lätta lastbilar	20%	20%
Tunga lastbilar	10%	10%
Bussar	45%	45%
Elanvändning till eldrift	9 TWh	12 TWh



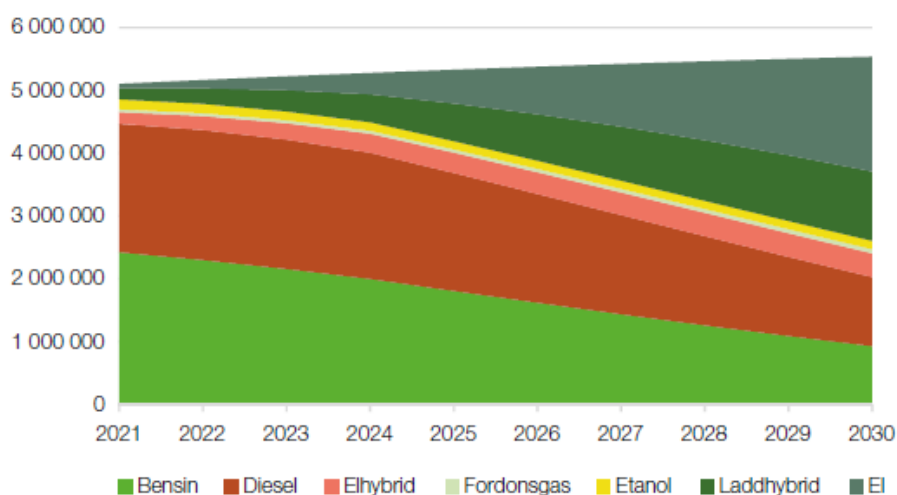
Figur 14. Nybilsförsäljning 2021–2030, elektrifieringsanalys 1.



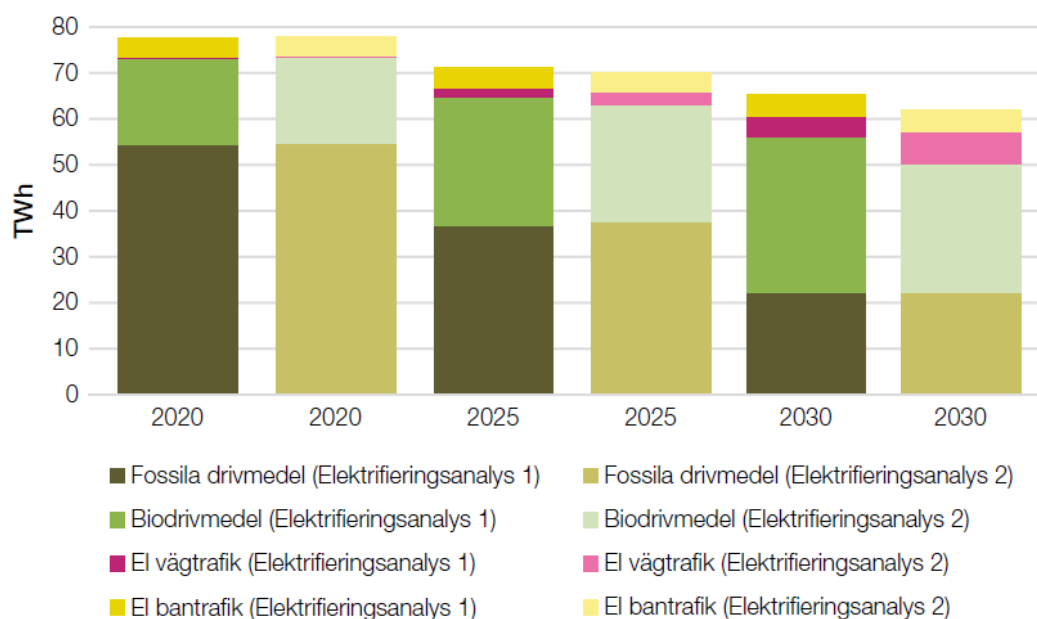
Figur 15. Nybilsförsäljning 2021–2030, elektrifieringsanalys 2.



Figur 12. Antal personbilar 2021–2030, elektrifieringsanalys 1.



Figur 13. Antal personbilar 2021–2030, elektrifieringsanalys 2.



Figur 16. Energianvändning inrikes transporter, TWh, elektrifieringsanalys 1 och 2.

7.4 IVL Svenska Miljöinstitutets underlag till Trafikanalys

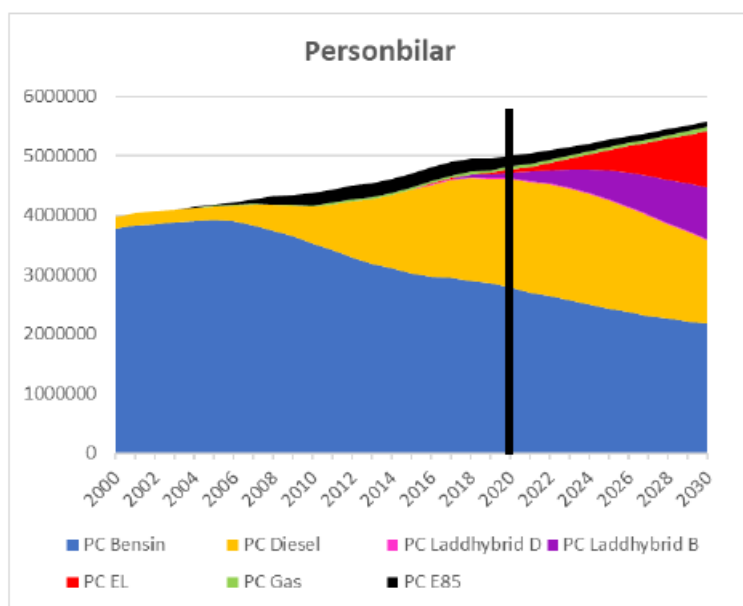
Referens: *Omvärldsanalys och långtidsbedömning av den svenska vägfordonsflottans utveckling*. IVL Svenska Miljöinstitutet mars 2020.

Vad det är: En bedömning av den svenska vägflottans storlek och sammansättning år 2030 som ett underlag till Trafikanalys långtidsprognos.

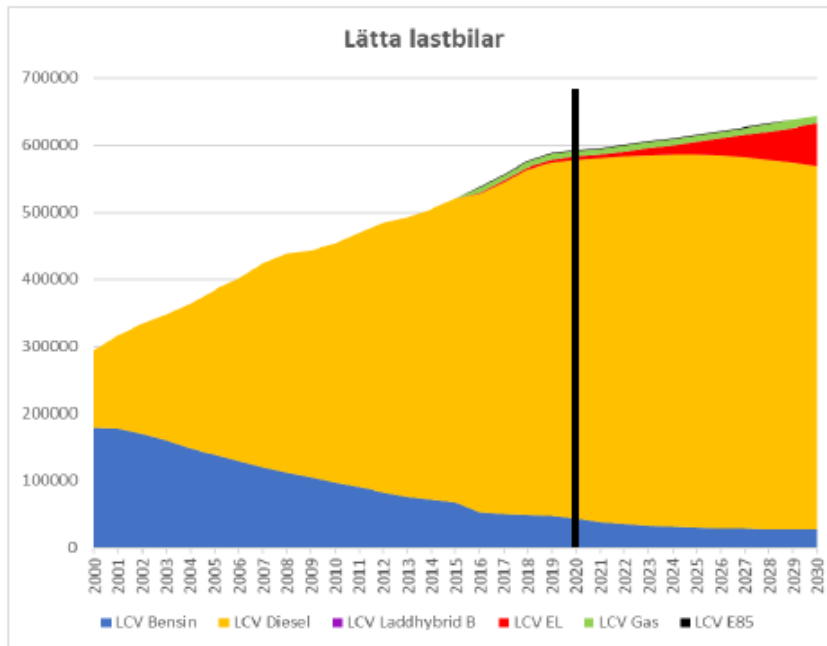
Förutsättningar: Analysen baseras på politiska mål, legala och ekonomiska styrmedel, nationella och internationella trender, olika scenarier som andra aktörer har presenterat om fordon och prisutveckling samt historisk utveckling. Styrmedel som tas med är politiskt beslutade styrmedel för transportsektorn med antagandet att de finns kvar och har motsvarande effekt fram till 2030. Scenarier har beräknats med modellen HBEFA som används för att förutse fordonsflottans utveckling.

Scenarioreultat

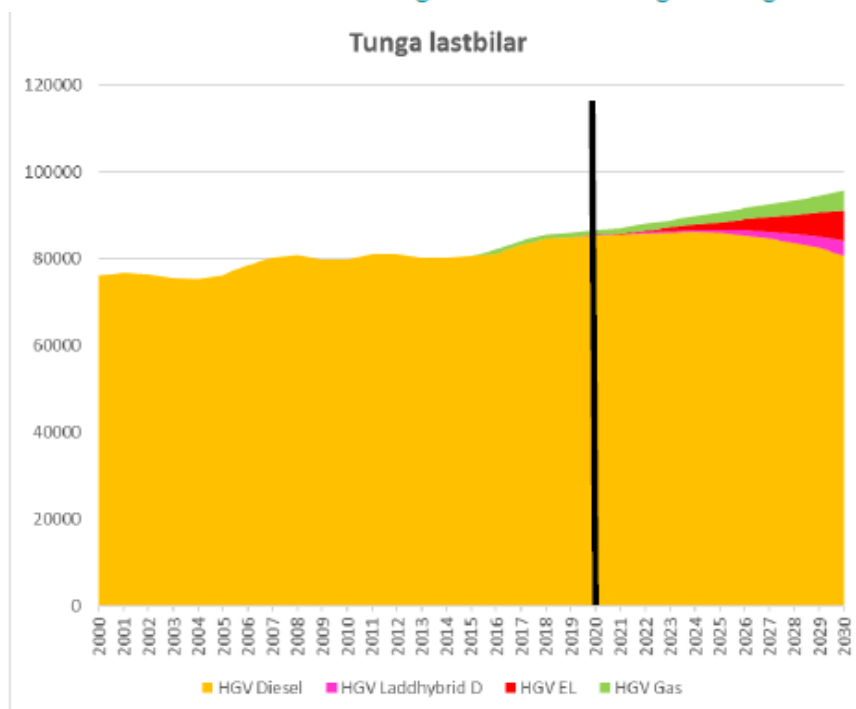
Andel fordon i flottan	År 2030
Personbil el	17%
Personbil laddhybrid	16%
Lätta lastbilar	10%
Tunga lastbilar	7%
Bussar	43%



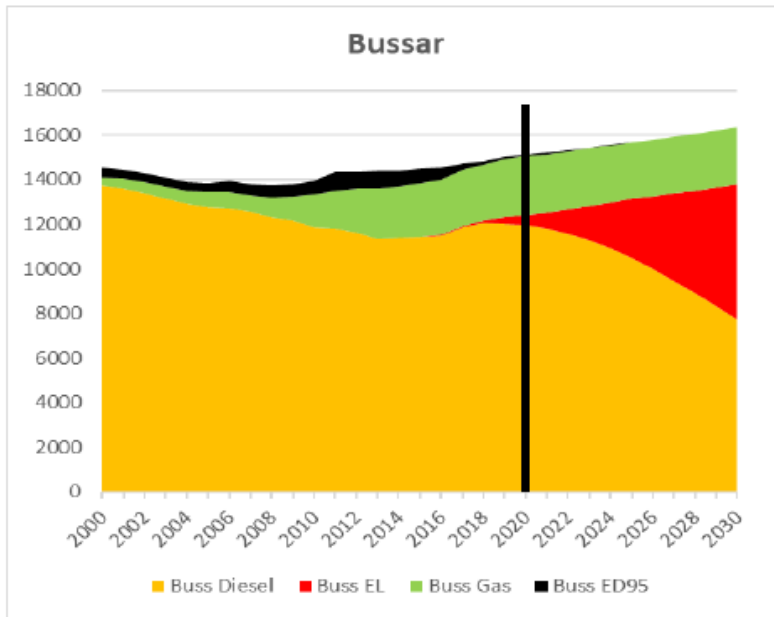
Figur 17. Utvecklingen av personbilsflottans sammansättning med avseende på bränsleteknik, från åren 2000 till idag, och med bedömning från idag till år 2030.



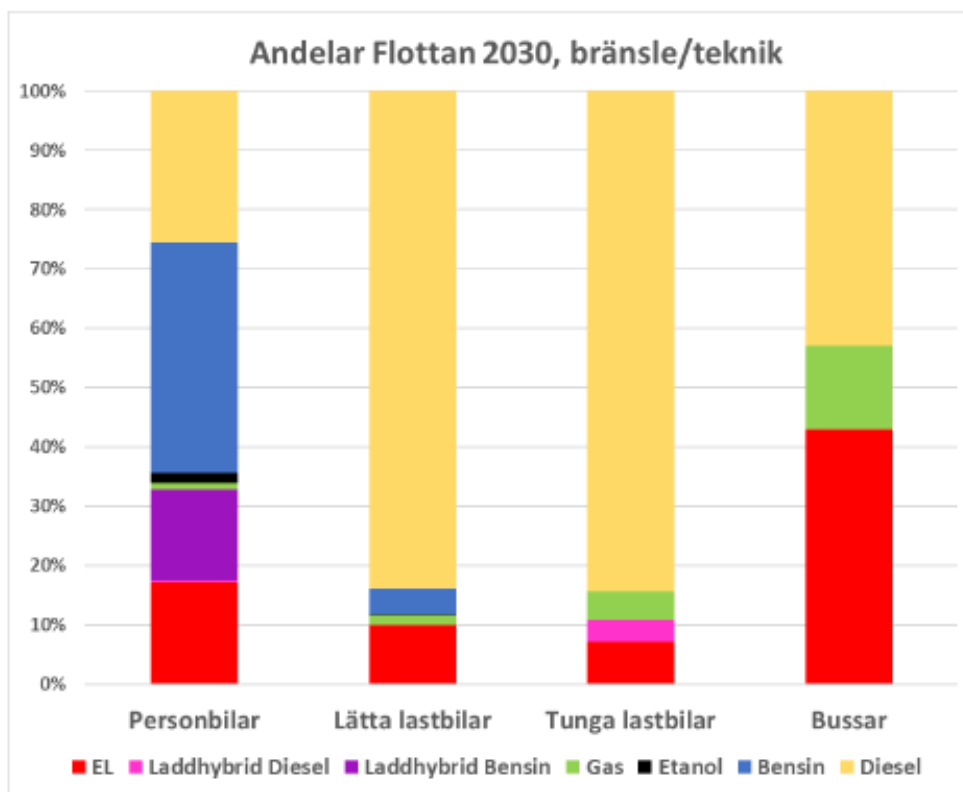
Figur 18. Utvecklingen av lätta lastbilsflottans sammansättning med avseende på bränsleteknik, från åren 2000 till idag, och med bedömning från idag till år 2030.



Figur 19. Utvecklingen av tunga lastbilsflottans sammansättning med avseende på bränsleteknik från åren 2000 till idag, och med bedömning från idag till år 2030.



Figur 20. Utvecklingen av bussflottans sammansättning med avseende på bränsleteknik, från åren 2000 till idag, och med bedömning från idag till år 2030.



Figur 22. Flottans sammansättning med avseende på bränsleteknik år 2030.

7.5 Trafikverkets scenarier

Publikation: *Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter.* Trafikverket 2020.

Vad det är: Underlag om effekten av ett urval av styrmedel och deras roll för att nå klimatmål.

Förutsättningar: Rapporten utgår från Trafikverkets basprognos och jämför den med ett antal scenarier där man beräknar olika åtgärder och kombinationer för att nå riksdagsmålet om att minska utsläpp från inrikes transporter med 70 procent till 2030. Kombinationerna består av olika nivåer av reduktionsplikt, bränsleskatter, kilometerskatt, EU-baserade fordonskrav, bonusmalus-baserade fordonsskatter samt ett åtgärdspaket med samhällsplanering, parkeringsavgifter och reseavdrag m.m. som skulle ge ett mer transporteffektivt samhälle.

Scenarioresultat

	2030		2040	
	Utveckling enligt basprognos	Scenarier med biodrivmedel och/eller skärpta styrmedel	Utveckling enligt basprognos	Scenarier med biodrivmedel och/eller skärpta styrmedel
Andel eldrift av transportarbetet på väg				
Personresor	18%	27% - 36%	38%	68% - 84%
Godstransporter	3%	10%	10%	30%

7.6 Global EV Outlook om Europa-marknaden

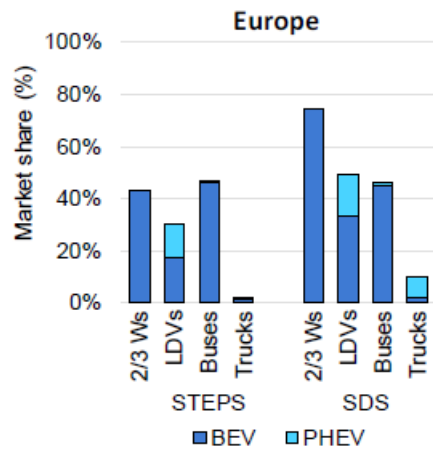
Publikation: *Global EV Outlook.* IEA juni 2020

Vad det är: Sammanställning om global utveckling och trender kring elektromobilitet

Förutsättningar: Studien behandlar nyförsäljning och marknadsutvecklingen av laddbara fordon. Ett scenario (STEPS) förutser utvecklingen med beslutad och annonserad politik. Ett hållbarhetsscenario (SDS) visar önskvärda nivåer för att nå bl.a. Parisavtalet.

Scenarioresultat: Med hittills beslutad och annonserad politik bedöms nyförsäljningen av lätta fordon i Europa år 2030 till knappt 20 procent bestå av batterielektriska fordon och till drygt 10 procent av laddhybrider. Laddbara tunga lastbilar bedöms utgöra enstaka procent. Enligt hållbarhetsscenarioet behöver minst 50 procent av nyförsäljningen av lätta fordon vara laddbara för att nå Paris-överenskommelsen.

Andel nyförsäljning år 2030	Nuvarande politik	Hållbarhets-scenario
Lätta fordon el	c:a 18%	c:a 35%
Lätta fordon laddhybrid	c:a 10%	c:a 15%
Tunga lastbilar el	c:a 3%	c:a 3%
Tunga lastbilar laddhybrid	-	c:a 7%
Bussar	c:a 50%	c:a 50%



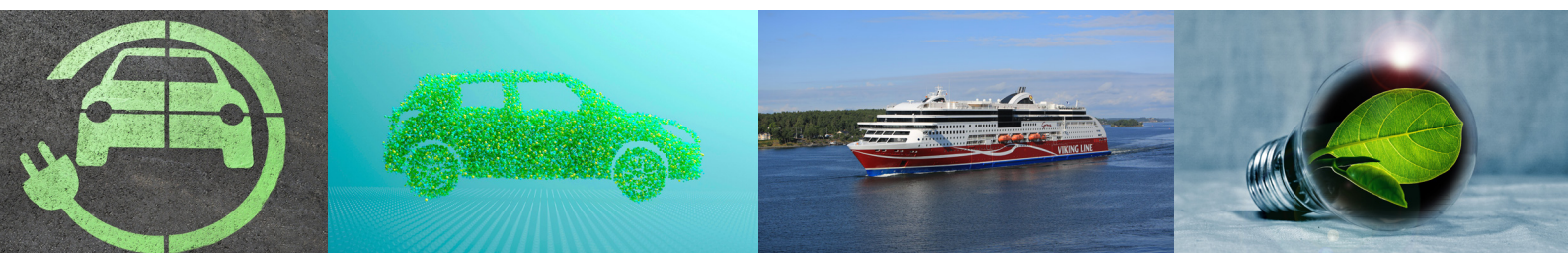
Figur 3.2 EV share of vehicle sales by mode and scenario in selected regions, 2030
 2/3 Ws=två- och trehjulingar. LDVs=personbilar och lätta lastbilar. BEV=fullelektriska.
 PHEV=laddhybrider. STEPS="Stated Policies Scenario" beskriver de troliga konsekvenserna av
 existerande och annonserade styrmedel. SDS="Sustainable Development Scenario" är IEA:s
 hållbarhetsscenario för global hållbar energitillgång i linje med Parisavtalet.

7.7 Energiåtgång exempelfartyg Stena Scandinavica

	<u>Driftfall</u>	<u>Exempel</u>	<u>Energi-källa</u>	<u>Förbrukning/ kWh el (SFOC)</u>	<u>Kostnad/ kWh el</u>	<u>Emissioner CO₂/ kg bränn-le</u>	<u>Emissioner CO₂/ kWh el</u>	<u>Reference/ Source</u>
1	Genomsnittliga värden HJM/axel-generator drift	Ladda när som helst oavsett rådande belastning	Marine Gas Oil	228 g	1,31 SEK	3,22 kg/kg	735 g	Stena Scandinavica HJM
2	Lasta upp lågbelastad HJM vid manöverberedskap, marginaleffekt	Ladda bara då det finns ledig kapacitet	Marine Gas Oil	30% last: 250 g 55/60% last: 228 g 85/90% last: 210-216 g => Δ ~ 180-220 g	1,15 SEK	3,22 kg/kg	645 g	Stena Scandinavica HJM
3	Endast optimalt genererad kraft (peakshaving, optimal rpm/last)	Ladda när som helst	Marine Gas Oil	210-216 g	1,22 SEK	3,22 kg/kg	687 g	Stena Scandinavica HJM
4	Landström/ Landladdat batteri	Nordisk energi	El	N/A	0,60 SEK	N/A	40 g	Nordisk elmix
5	Landström/ Landladdat batteri	Kontinenta/ UK energi	El	N/A		N/A	390 g	Europeisk elmix

Lighthouse samlar industri, samhälle, akademi och institut i triple helix-samverkan för att stärka Sveriges maritima konkurrenskraft genom forskning, utveckling och innovation. Som en del i arbetet för en hållbar maritim sektor initierar och koordinerar Lighthouse relevant forskning och innovation som utgår från industrin och samhällets behov.

Lighthouse – för en konkurrenskraftig, hållbar och säker maritim sektor med god arbetsmiljö



LIGHTHOUSE PARTNERS



GÖTEBORGS
UNIVERSITET



LIGHTHOUSE ASSOCIATE MEMBERS

