



ELEKTRIFIERING AV TUNGA VÄGTRANSPORTER – ANDELAR FÖR OLIKA DRIVLINOR

JUNI 2024



ELEKTRIFIERING AV TUNGA VÄGTRANSPORTER – ANDELAR FÖR OLIKA DRIVLINOR

UPPDRAGSNAMN
UPPDRAGSNUMMER
DATUM
FÖRFATTARE

CollERS Korridorsanalys
10356171
2024-06-17
Matts Andersson, Erik Johansson, Klara Paulsson, Aaron Åberg, Thed Kerrén, Karim Ounsi, Jonas Waidringer

KUND

Trafikverket

KONSULT

WSP Advisory

121 88 Stockholm-Globen
Besic: Arenavägen 7
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880

wsp.com

KONTAKTPERSONER

WSP

Matts Andersson
matts.andersson@wsp.com

Trafikverket

Roger Ullström
Roger.ullstrom@trafikverket.se

Förord

I denna rapport redovisas ett forskningsprojekt om vilka drivlinor den tunga vägtrafiken kommer att använda sig av. Våra analyser pekar mot att andelarna för statisk och dynamisk laddning kommer att vara ungefär lika, medan andelen diesel minskar över tid. Då litteraturen pekar mot att användarkostnaden för statisk och dynamisk laddning kommer att vara ungefär lika är detta inte ett överraskande resultat. Vårt bidrag till litteraturen ligger mycket i sättet vi modellerar andelarna och i analysen av hur olika faktorer påverkar. Vi har också bemödat oss om att vara transparenta med våra antaganden, vilket brister i många tidigare artiklar. På så sätt tror vi att vi bättre kan föra forskningen framåt. Vi har inom projektet byggt upp och använt en systemdynamikmodell.

Som så ofta i forskningsprojekt har vägen framåt inte varit spikrak. Det är med stor glädje vi ändå anser oss mer än väl ha uppnått det vi föresatte oss. En utmaning låg i varuflödesundersökningen. Projektet försköts först några månader på grund av svårigheter att få tillgång till varuflödesundersökningen. Vi har heller inte använt VFU:n på det sätt som jag såg framför mig i ansökan, efter diskussioner med olika forskare och med beställaren landade vi i att systemdynamikansatsen är att föredra.

Under projektets gång blev vi anlitade för att genomföra ett projekt mer direkt kopplat till planeringen (projektet "Elvägars roll i Transportsystemet"). Syftet med det projektet skilde sig något (det skulle resultera i en rapport som direkt kunde användas i planeringen, medan detta projekt mer ska bidra till forskningen). I grunden var dock många av frågorna liknande och byggde på samma systemdynamikmodellanalys. Vi beslöt oss därför för att samköra projekten genom att ha gemensamma möten med beställaren etc. De frågor som fanns i forskningsprojektet men inte i elvägars roll-projektet arbetades ändå in i rapporten om elvägars roll. På så sätt är resultatet av forskningsprojektet redan redovisat och godkänt. Syftet med denna rapport är att vara den formella slutredovisningen av forskningsprojektet. Rapporten är identisk med Elvägars roll-rapporten, så när som på tre saker:

- Kapitlet om logistik har tagits bort då detta inte var en del av forskningsprojektet.
- Inom forskningsprojektet genomfördes ett antal intervjuer. Dessa redovisades i Elvägars roll-rapporten främst genom hur de bidrog till de antaganden vi gjorde. I denna rapport har vi lagt en mer utförlig genomgång av intervjuerna som bilaga.
- Inledning och slutsatser har anpassats utifrån punkterna ovan.

För den som har läst Elvägars roll-rapporten räcker det alltså med att läsa intervjubilagan. Även om det gjort slutredovisningen lite mer invecklad så är det i efterhand tur att det andra projektet dök upp – det är alltid inspirerande som forskare/konsult att kunna bidra till politikutvecklingen, samarbetet bidrog även till att en mer avancerad analys.

Matts Andersson

2024-06-02

Sammanfattning

Elvägar är en kategori av tekniker för att elförsörja fordon under färd, så kallad dynamisk laddning. Det finns tre huvudsakliga tekniker: konduktiv överföring av el via luftledning eller via en nedfräst skena i asfalten samt induktiv överföring via slingor under asfalten. I denna rapport redovisas en analys av vilka andelar av den tunga vägtrafiken elvägar, statisk laddning och diesel kommer att ha i ett framtida svenskt transportsystem.

Batteriutvecklingen har stor påverkan på framtida teknikers roll i transportsystemet. Fler viktiga aspekter behöver beaktas, bland annat att tillgången på råvaror och kapaciteten hos tillverkarna framöver är osäker vilket medför att elvägar har en riskdämpande effekt genom ett minskat behov av stora batteripack i fordonen. Hittills har batterikapaciteten utvecklats i snabb takt, men det återstår att se hur snabbt utvecklingen kommer att fortsätta och när den eventuellt avstannar. Framför allt är det den batterikapacitet som fordonstillverkarna anser vara kommersiellt gångbar som är av intresse (rent teoretiskt kan man alltid packa lastbilen full med batterier – men det kommer ingen att göra).

Ytterligare en faktor att beakta är att laddningseffekten avgör längden på laddstoppen. För optimal batteriladdning skulle det krävas laddstationer längs hela vägen. Det återstår att se hur omfattande utbyggnaden av laddstationer kommer att bli och om det kommer att finnas fungerande bokningssystem tillgängliga.

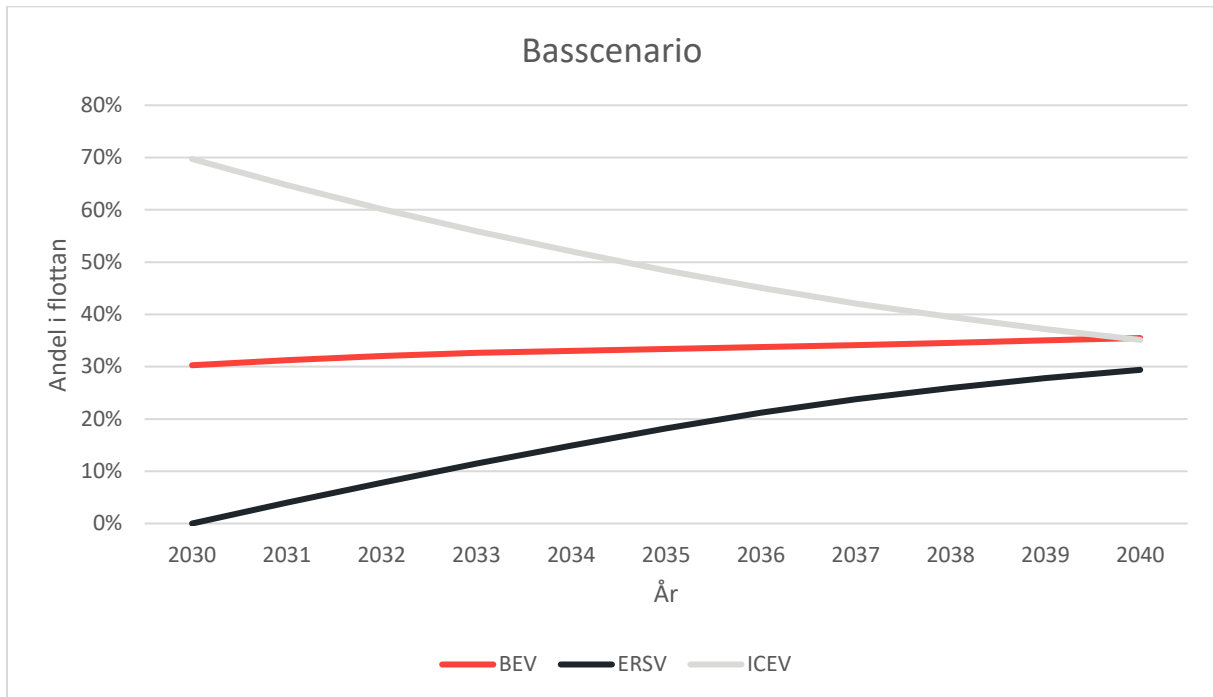
En annan viktig faktor för att bestämma den totala kostnaden är vilka avgifter som tas ut. Detta påverkas både av elpriset och prispåslaget för kommersiell laddning. I nuläget är prispåslaget högt och det är osäkert hur mycket det kan komma att minska i framtiden. I Sverige finansieras det statliga vägnätet huvudsakligen genom statsbudgeten, utöver drivmedelskostnader betalar användarna endast sina externa marginalkostnader. Om elvägar finansieras genom brukaravgifter, som är vanligt i många europeiska länder, kan kostnaden öka markant.

I en framtid med högre eller lägre grad av förarlöst framförande av lastbilsekipagen kan hela logiken med nödvändiga vilostopp som kan kombineras med stationär laddning komma att förändras. Det skulle sannolikt medföra att nyttan av dynamisk laddning längs elvägar blir väsentligt högre. För lastbilstransporter mellan terminaler med tillräckligt utbyggd elvägsinfrastruktur längs Europavägar, skulle fordonet skulle kunna gå non-stop och, i samband med lastning och lossning, kunna kopplas in för kortvarig stationär laddning vid terminal. En utveckling som skulle höja transporteffektiviteten väsentligt jämfört med dagens läge.

Nyttan av elvägar i Sverige beror delvis på vilka nätverkseffekter som möjliggörs genom kompatibla elvägar utomlands, vilket förutsätter att utländska elvägar både byggs och har en teknik som är kompatibel med den svenska. Nyttan av elvägar beror också på vilka fordonstyper som nyttjar dem, något som tas upp i avsnittet om logistiska förutsättningar där olika typer av lastbilsekipage analyseras. Trots att debatten ofta har fokuserat på långväga godstransporter visar en svensk studie att det går att nå relativt höga nyttjandegrader även för personbilar. Detta kan vara av vikt med tanke på att personbilar utgör den övervägande majoriteten av trafiken.

Vår kvantitativa analys med SD-modellen visar att ERS-lastbilar och BEV har liknande TCO men att ICEV ligger på en betydligt högre nivå. Vätgas är inte medtaget i analysen då det bedöms ha en avsevärt högre total cost of ownership (hade det haft en lägre TCO hade det tagit andelar av de andra teknikerna). Eftersom det finns en heterogenitet i körsträckor,

logistikupplägg med mera, innebär det att ERSV och BEV båda kommer att ha höga andelar av fordonsflottan. I figuren nedan visas att alla tre teknologier bedöms ha liknande andelar år 2040.



Vår skattning är alltså att BEV, ERSV och ICEV har ungefär en tredjedel var av fordonsflottan 2040, men ERSV är ökande och ICEV kraftigt minskande. I vår basanalys har vi antagit en snabb utveckling av batterikapaciteten samt en snabb minskning av förbrukningen per kilometer. Om vi inte gör dessa antaganden kommer andelen ERSV att stiga.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	3
Sammanfattning	4
Inledning	7
Bakgrund och syfte	7
Metod	8
Tidigare studier	10
Tidigare studier av elvägsutbyggnad i Sverige	10
Tidigare studier internationell utblick	13
Osäkerheter kring framtida utveckling	15
Teknisk utveckling för olika elektrifieringslösningar	15
Laddningsavgifter	16
Internationell utveckling av elvägar och hur det påverkar Sverige	16
Ekonomiska och politiska faktorer påverkan på elvägar i Sverige	17
Personbilar	17
Analys med systemdynamikmodell	19
Teoretisk grund för modellen	19
Modellen	19
Antaganden i vår analys	23
Resultat	26
Slutsatser	35
Referenser	38
Bilaga 1: Intervjuer	41
Fordonstillverkare	41
Speditörer	43
Varuägare	45

Inledning

BAKGRUND OCH SYFTE

Elvägar är en kategori av tekniker för att elförsörja fordon under färd, så kallad dynamisk laddning. Det finns tre huvudsakliga tekniker: konduktiva överföring av el via luftledning eller via en nedfräst skena i asfalten, eller induktiv överföring via slingor under asfalten. Under de senaste åren har utvecklingen av både elvägstekniker och andra tekniker för att elektrifiera transportsektorn, till exempel batterier och bränsleceller, gått framåt. Inte minst har batteritekniken tagit flera kliv på kort tid vilket har förändrat förutsättningarna att uppnå god räckvidd för fordonen. Det råder dock en osäkerhet kring vilken teknik som kommer att lämpa sig bäst för olika transportlösningar.

Inom det arbetspaket av COLLERS om avslutades i september 2022 gjordes en översiktlig analys av förutsättningar för att implementera elväg mellan Sverige och Tyskland. I detta projekt utvecklas det arbetet. Medan vi i det förra projektet studerade varuflödet studerar vi här hur trafikarbetet kommer att fördela sig mellan olika transportlösningar. Vi gör inte någon samhällsekonomisk kalkyl inom projektet, men fördelningen mellan drivlinor är naturligtvis en viktig input till en sådan.

Syftet med rapporten är alltså att för den tunga lastbilstrafiken analysera av de totala kostnaderna för ägande (TCO = Total Cost of Ownership) blir för ERSV (Electric Road System Vehicles), ICEV (Internal Combustion Engine Vehicles) och BEV (Battery Electric Vehicles) samt vad detta innebär för respektive tekniks andel av fordonsflottan.

Vätgas är inte medtaget i analysen då det bedöms ha en avsevärt högre TCO (ITF, 2022) (Jöhrens, o.a., 2022), hade det haft en lägre TCO hade det kunnat ta andelar av de andra teknikerna. Rapporten fokuserar på svenska förhållanden och konsekvenser i det svenska transportsystemet.

METOD

Analysen baseras på en litteraturstudie, intervjuer och en modellanalys. Analys och resonemang som presenteras angående de logistiska förutsättningarna och logistikplanering grundar sig på litteratur om logistikens grunder (Lumsden, Stefansson, & Woxenius, 2019) samt uppdragsorganisationens expertkunskap inom området (Dag Hersle och Jonas Waidringer).

Litteraturstudie

En litteraturgenomgång har genomförts med syfte att identifiera och analysera centrala faktorer som kan påverka den framtida utvecklingen av elvägar i Sverige. Översikten inkluderar teknisk utveckling för olika elektrifieringslösningar, internationell utveckling av elvägar, samt ekonomiska och politiska faktorer. Dessutom har tidigare litteratur som behandlar framtida scenarier för elvägar och dess nyttjandegrader sammanställts. Källor som använts inkluderar både myndighetsrapporter och vetenskapliga artiklar.

Intervjuer

Som komplement till litteratursammanställningen genomfördes semistrukturerade intervjuer. Semistrukturerade intervjuer är vanliga inom kvalitativ forskningsmetodik och väljs ofta på grund av sin balans mellan strukturerade frågeställningar och öppen dialog, vilket möjliggör fördjupad forskning av komplexa ämnen (Galletta, 2012; Kallio, Pietlä, Johnson, & Kangasniemi, 2016). Genom en intervjuguide har tematiska frågor kombinerats med öppna frågor i syfte att säkerställa datainsamling samtidigt som hänsyn har tagits till deltagarnas subjektiva upplevelser.

Syftet med intervjuerna var att kontrollera vår bild av aktörernas logistikupplägg med avseende på deras nuvarande situation, framtidsutsikter och tekniska aspekter. Dessutom samlades indata in till en egenutvecklad systemdynamikmodell (se förklaring av modellen senare i rapporten). För att samla in relevanta dataunderlag intervjuades fordonstillverkare, speditörer och varuägare. Inom ramen för detta uppdrag genomfördes totalt åtta intervjuer mellan den 11 – 28 oktober 2023 med de aktörer som listas i Tabell 1 nedan. Intervjuerna genomfördes digitalt via Microsoft Teams, vilket möjliggjorde för deltagarna att delta med kort varsel och från olika geografiska platser. I rapporten fokuserar vi på resultatet från intervjuerna avseende vilka antaganden vi bör göra i modellanalysen, en vidare sammanställning av intervjurens resultat finns i bilaga 1.

Tabell 1. Lista med intervjuade aktörer och intervjupersonernas roll på företaget

Aktör	Roll
Fordonstillverkare	
Volvo Lastvagnar	Director Public Affairs
Scania	Director of Technical Affairs
Speditörer	
DHL	Hållbarhetspecialist
Schenker Åkeri	Innovationschef
Varuägare	
ICA	Logistikutvecklare
Arla Foods	Fleet Manager
Inter IKEA Group	Ansvarig för transportrelaterade hållbarhetsfrågor

Systemdynamikmodellering

Vi har inom detta projekt byggt upp en systemdynamikmodell för den kvantitativa analysen. I detta kapitel beskrivs systemdynamikmodellering, vår modell beskrivs senare i rapporten.

Modellering av godstransporter är mer komplext än modellering av passagerartransporter, främst på grund av känslighet för konjunkturcykler och det ökade antalet involverade aktörer, såsom speditörer, leverantörer av logistiktjänster och transportörer. Jämfört med modeller för persontransporter finns det ingen allmänt accepterad modell för godstransporter (Thaller, Dahmen, Liedtke, & Friedrich, 2016). Det finns huvudsakligen två olika metoder för modellering och prognostisering av godstransporter: de traditionella efterfrågemodellerna för godstransporter och systemdynamikmetoden. Historiskt har de traditionella efterfrågemodellerna för godstransporter karaktäriserats som aggregerade makroskopiska modeller. De senaste åren har det skett en övergång från den aggregerade makroskopiska analysen mot modeller på disaggregerad nivå med mikroskopisk skala. Med ökade detaljer på beslutsfattaresnivå ökar dock modellens komplexitet (Thaller, Dahmen, Liedtke, & Friedrich, 2016).

En kritik mot de traditionella efterfrågemodellerna för godstransporter är bristen på transparens och svårigheten att identifiera vad som driver resultaten, ett black-box-problem (Tavasszy et al. 2012). Systemdynamikmodeller betraktas som den främsta metoden när fokus ligger på den disaggregerade nivån med en mikroskopisk omfattning som tar hänsyn till dynamiska effekter (Thaller, Clausen, & Kampmann, 2016). I motsats till de traditionella modellerna för efterfrågan på godstransporter är systemdynamikmodeller mer detaljerade och transparenta, och kan betraktas som en glasboxmodell (Tavasszy et al. 2012).

Ghisolfi mfl (2022) studerar 50 studier i sin litteraturgenomgång av dynamiska modeller för godstransportsystem med fokus på olika strategier för att minska koldioxidutsläppen (fraktefterfrågan, trafikomställning, förbättrat utnyttjande, energieffektivitet och energi med låga koldioxidutsläpp). Av de 50 studierna fokuserar 13 primärt och sju sekundärt på politik som syftar till att byta till energi med lägre koldioxidutsläpp såsom biobränslen, väte och elektrifiering. Dock analyserar inga studier påverkan av dynamisk laddning.

Med bakgrund av detta har vi valt att använda oss av den systemdynamiska metoden för att utveckla en modell för hur transporter på elvägar utvecklas över tid. Redovisning av antaganden saknas ofta i litteraturen, vilket minskar transparensen. I vår analys har vi ansträngt oss för att vara just transparenta, framförallt genom att redovisa alla antaganden.

Som namnet antyder är systemdynamik utformad för att beakta hela systemet samt hur olika delsystem påverkar varandra i en dynamisk miljö. Systemdynamikanalys är kraftfullt när förändringshastigheten med avseende på tid är av intresse på grund av feedbackloopar och fördröjda svar. Dessa variabler uppdateras i specifika tidsintervall med positiv eller negativ påverkan på andra variabler. Systemdynamik kan exempelvis tillämpas på klimatstrategier, hastighetsprognoser, hur och när olika aktörer och delsystem kommer att reagera på förändringar i priser, policyer eller andra variabler (Ghisolfi, Tavasszy, Homem de Almeida Correia, de Lorena Diniz Chaves, & Mattos Ribeiro, 2022).

Tidigare studier

Nedan ges en sammanfattning av de tidigare studier som vi bedömt relevanta för denna rapport. Inledningsvis redovisas de grundläggande förutsättningarna baserat på den rapport som Trafikverket tog fram som resultat utifrån sitt regeringsuppdrag. En uppdelning har sedan gjorts utifrån studier som fokuserar på svenska förhållanden, som i viss mån kan ses som unika, med stora avstånd och glest befolkat och en relativ stor andel utlandsregistrerade lastbilar. Den andra delen fokuserar på studier som har haft som fokus att jämföra eller sammanställa förhållningssätt och antagande i andra länder, företrädesvis Europa.

TIDIGARE STUDIER AV ELVÄGSUTBYGGNAD I SVERIGE

I Trafikverkets regeringsuppdrag för att analysera förutsättningar för en utbyggnad av elvägar i Sverige identifieras vägnät som inkluderar de högst trafikerade stråken för tung trafik i Sverige och som samtidigt bildar ett sammanhängande vägnät (Trafikverket, 2021b). Av tre möjliga nätverk, som sammanfattas i Tabell 2, bedömdes vägnät 2 som det mest lämpliga alternativet. Till skillnad från vägnät 1, bestående av sträckan Malmö-Stockholm, inkluderar vägnät 2 de mest trafikerade stråken längst det statliga vägnätet, inklusive kopplingar till viktiga hamnar. Utbyggandet av elvägsnätet antas ske i två faser där ca 2 000 km planeras till år 2030 och ytterligare 1 000 km senast till år 2035.

Tabell 2. Möjliga vägnät för elväg. Källa: (Trafikverket, 2021b) (VTI, 2023)

	Vägnät 1	Vägnät 2	Vägnät 3
Delsträckor	E6 mellan Malmö och Helsingborg (65 km) E4 mellan Helsingborg och Stockholm (560 km)	E6 mellan Trelleborg och Strömstad (470 km) E4 mellan Helsingborg och Stockholm (560 km) Rv40 mellan Göteborg och Jönköping (150 km) E20 mellan Göteborg och Stockholm (480 km) E18 mellan Arboga och Stockholm (160 km) Rv50 mellan Hallsberg och Mjölby (100 km) Rv51 mellan Örebro och Norrköping (115 km)	Alla vägar i vägnät 2 (2 035 km) E4 mellan Stockholm och Luleå (900 km) E18 mellan Örebro och Karlstad (110 km) E22 mellan Malmö och Norrköping (560 km)
Vägnät (totalt)	625 km	2 035 km	3 605 km

Tabell 3 visar att enskilda sträckor (som i vägnät 1) sannolikt inte kommer generera en större trafikmängd för en framtida elväg. Den genomsnittliga andelen av årlig körsträcka som

körs mellan Malmö och Stockholm (vägnät 1) är låg. Andelen av den årliga körsträckan som sker på ett utpekat vägnät ökar med ökad omfattning på vägnätet, vilket syns tydligt för vägnät 2 och vägnät 3 i Tabell 3. Resultatet indikerar vikten av att trafikera sträckor där ett stort antal fordon har en hög andel av sin körsträcka för att uppnå en hög nyttjandegrad.

Tabell 3. Andel av tung trafik som kör minst en viss andel av körsträckan på aktuellt vägnät. Källa: (Trafikverket, 2021b)

	Enhet	Vägnät 1	Vägnät 2	Vägnät 3
Mer än 40% av körsträckan på vägnät	Andel av fordon som kör på vägnät	6	23	31
Mer än 50% av körsträckan på vägnät	Andel av fordon som kör på vägnät	4	15	20
Mer än 60% av körsträckan på vägnät	Andel av fordon som kör på vägnät	2	9	12

I en studie av Börjesson, Johansson och Kågesson (2021) studeras tre olika elvägsnätverk:

- Ett litet nätverk bestående av E4 mellan Stockholm och Norrköping med en längd på 315 km (summan av båda riktningarna)
- Ett medelstort nätverk bestående av E4 mellan Stockholm och Malmö med en längd på 1 211 km (båda riktningarna)
- Ett stort nätverk bestående av Europavägarna mellan Stockholm och Malmö (E4), och Malmö och Göteborg (E6) samt riksvägen mellan Göteborg och Jönköping (Rv 40). Total längd 1 914 km (båda riktningarna)

Studien fokuserar på elvägar och deras potential som en lösning för att minska koldioxidutsläppen från tunga lastbilar på det svenska vägnätet. Forskarna har undersökt samhällsnyttan och genomfört en kostnadsnyttoanalys. Elvägar, som möjliggör kontinuerlig överföring av elektricitet, har testats i Sverige och Tyskland som ett sätt att elektrifiera långdistans-tunga lastbilar.

Studien antar hybridlastbilar som kan ta emot elektrisk kraft under färd och utforskar användaravgiftens påverkan på social välfärd och operatörsvinster. Resultaten visar att elvägar skulle kunna minska koldioxidutsläppen avsevärt, särskilt om de täcker viktiga motorvägar mellan stora städer. Dessutom identifierar studien ekonomiska fördelar och utmaningar kopplade till nätverkets storlek och driftsättning.

Samgods och data från 2019 användes i studien som grund för att analysera potentialen hos elvägar för att minska koldioxidutsläppen från tunga lastbilar på det svenska vägnätet.

Deras grundantaganden är:

- Antar hybrider – dvs att ta sig till och från elvägen är inget problem
- Kostnadsminimering – lastbilsägare byter om det är ekonomiskt gynnsamt

- Förutsätter ett elpris på 0,35 kr/kWh med en känslighetsanalys på 0,7 kr/kWh (snittpris 2022 1,07 kr/kWh)
- Kostnad för att byggnation till 25 mkr/km

Studiens resultat visar att nyttan för samhället med elvägar överstiger kostnaderna i samtliga scenarier. Den mest framstående fördelen ligger i de betydande driftskostnadsbesparingarna för transportörer, då det är billigare att driva lastbilarna med el jämfört med diesel. Dessutom identifieras den näst största fördelen som den påtagliga minskningen av koldioxidutsläpp.

Resultaten sammanfattat:

- Nyttorna för samhället med elväg är större än kostnaderna, för samtliga scenarier.
- Den största fördelen kommer från driftskostnadsbesparingar för transportörer, (billigare att driva lastbilarna med el än med diesel).
- Den näst största fördelen är minskningen av koldioxidutsläpp.
- NBCR (net benefit cost ratio) och minskningen av koldioxidutsläpp per investerad euro är högst för mellanscenariet, vilket indikerar skalekonomi upp till en nätverksstorlekströskel.
- Konstaterar att det finns många osäkerheter, såsom faktisk investeringskostnad, batteriutveckling och elpris.

De konstaterar att elvägar karakteriseras av stordriftsfördelar (höga investeringskostnader och låga marginalkostnader), vilket kan ifrågasättas om det är korrekt, samt betydande omfattande skalekonomi (fördelen per kilometer elektrisk väg beror på nätverkets storlek).

En studie från RISE har analyserat nyttjandegraden av elvägar i Sverige givet en utrullning baserad på en algoritm (Rogstadius, 2022). Studien fokuserar på interaktionen mellan diesel- och batterielektriska fordon samt mellan statisk och dynamisk laddning via elvägar, under tidsperioden 2020–2050. Fyra viktklasser och fyra typer av laddinfrastruktur inkluderas: elvägar, depåladdning, destinationsladdning och snabbbladdning vid rastplatser.

Ett egenutvecklat simuleringsverktyg användes för att analysera hundratals scenarier för utvecklingen av framtida laddinfrastruktur. Grundantaganden inkluderar byggande av elvägar på cirka 4 000 km med 150 kW per fordon, en minskning av batterikapacitet med 70 procent, och att batterier kan bli en bristvara. Konkurrerande tekniker inkluderades inte i analyserna.

Resultaten indikerar en närmast obefintlig tillgång till publik laddinfrastruktur för lastbilstrafiken i Sverige, vilket hindrar elektrifiering. Trots detta konstaterar rapporten att dagens batteri- och laddinfrastrukturteknik är tillräcklig för att möjliggöra kombinationer som ger lägre transportkostnader än dieseldrift, utan subventioner och med bibehållna skatteintäkter. En utbyggd infrastruktur skulle göra det möjligt att lönsamt elektrifiera upp till 80 procent av trafikarbetet.

Kostnadsminskningen för godstransporter med tunga lastbilar förutspås vara 40 procent jämfört med dagens kostnader. Rapporten fastslår vidare att ingen enskild typ av laddinfrastruktur är nödvändig för långtgående elektrifiering av tunga vägtransporter. Sammantaget visar resultaten att elvägar och depåladdning initialt är mest kostnadseffektiva för att främja elektrifiering. Trots att inga enskilda lösningar är absolut nödvändiga, pekar studien på risken för överdimensionering av publika snabbbladdarstationer vid rastplatser om elvägar byggs ut senare. Investering i elvägar,

särskilt i tidiga faser, anses vara mest kostnadseffektivt och kan minska konsumtionen av fordonsbatterier.

Slutligen betonas i rapporten att beslut om utbyggnad av elvägar bör fattas tidigt och tydligt för att minimera den ekonomiska risken för privata investerare. Elvägar framhålls som en långsiktigt konkurrenskraftig form av laddinfrastruktur, och deras samhällsvärde ökar ju tidigare de byggs ut. Enligt studien är elvägar därmed en central komponent för att uppfylla både kortsiktiga och långsiktiga miljömål.

TIDIGARE STUDIER INTERNATIONELL UTBLICK

År 2021 presenterade Trafikverket Förslag till nationell plan för transportinfrastrukturen 2022–2033 och genomförde Regeringsuppdraget Analysera förutsättningar och planera för utbyggnad av elvägar. Analysen inkluderade en bedömning av nyttjandegraden för elvägar i Sverige, med fokus på tunga elektrifierade transporter på väg. Enligt Trafikverkets rapport från 2021 förväntades en nyttjandegrad på 25 procent vid fullständig utbyggnad av elvägsnätet fram till 2040.

I VTI (2023) görs en sammanställning av nyttjandegrad av elvägar i fem europeiska länder. För att validera dessa siffror och förstå hur de står sig internationellt jämfördes de med rapporter från Tyskland, Frankrike, Storbritannien och Nederländerna. Denna jämförelse involverade data från Scania och Volvo, vilka representerar 84 procent av de svenska lastbilarna, samt offentligt tillgänglig statistik från Trafikanalys. Utvärderingen tog hänsyn till alternativa tekniker som snabbaddning, vätgas, batteribyte och den övergripande utvecklingen av batterielektriska fordon. Resultatet av jämförelsen visade på ett spann mellan 12 och 75 procent för nyttjandegraden av elvägar i Sverige. Det konstaterades att detta spann är starkt beroende av antaganden och lokala förhållanden. Särskilt framhölls att långväga transporter i Sverige förväntas stå för den övervägande delen av nyttjandet av elvägar.

I en tysk trafikmodell av Jöhrens m.fl. (2020), där enbart transporter lämpliga för luftledning inkluderades, görs ett antagande om en nyttjandegrad på 12 procent. I en senare rapport av Jöhrens m.fl. (2022) bedöms nyttjandegraden för ett nätverk på 3 050 km elvägar till 32 procent. Den största förklaringen till skillnaden i de två beräkningarna är om pendeltrafik inkluderades eller inte.

I Frankrike utgår man från 4 900 km fram till 2030 och ytterligare 3 950 km fram till 2035 (Pélata & Gavaud, 2021). Om luftledning införs bedöms nyttjandegraden till 50 procent av den totala tunga trafiken. Nyttjandegraden baseras endast på kostnadsskillnader mellan användning av elvägar jämfört med stationär laddning eller diesel. Om kostnaden för elvägar är billigare än diesel antas att all trafik övergår till elvägarna. De faktorer som främst påverkar är prisutvecklingen för diesel och el. Om man överväger att inkludera andra fordonssegment utöver de tunga lastbilarna, vilket kräver markskena, bedöms att strax över 13 procent av antalet lätta lastbilar kan nyttja elvägarna.

Nederländerna har använt sig av tre alternativ för elvägsnät (125 km, 980 km eller 2 500 km) (Van Ommeren, o.a., 2022). För alternativet med 980 km antas en nyttjandegrad på 30–42 procent av det totala antalet tunga fordonskilometer per år. Storbritanniens utbyggnad är tänkt att ske successivt i tre faser (Ainalis, Thorne, & Cebon, 2020). Ett fullt utbyggt system på 6 300 km beräknas täcka 65 procent av alla tunga fordonskilometer. Noterbart är att antaganden och metoder för att beräkna nyttjandegrader skiljer sig åt vilket medför att nyttjandegraderna för de olika länderna inte är helt jämförbara.

Shoman, Karlsson och Yeh (2022) har undersökt personbilars nyttjandegrad av elvägar. Fokus i studien riktas mot det vägnät som skulle ge mest utdelning för lastbilstrafiken, eftersom en utbyggnad av elvägar i Sverige oftare motiveras med avsikt att elektrifiera den tunga trafiken i första hand. Studien visar att den högsta användningsgraden, som uppgår till 49 procent, skulle uppnås om samtliga Europavägar och riksvägar inkluderades i elvägsnätet.

Vid sidan av Trafikverkets utredning visar Shoman, Karlsson och Yeh (2022) att det vore intressant att även inkludera biltrafiken i och runt städerna för att få en helhetsbild över potentialen för användning av elvägar. Studien visar att vid en fullständig utbyggnad skulle kostnadsbesparingarna, genom mindre batterier, kunna täcka upp för investeringskostnaden för elvägarna.

Speth, Sauter och Plötz (2022) har sammanställt scenarier för utbyggnad av stationär laddning i Europa enligt Tabell 4. Laddplatserna är främst koncentrerade till centrala delar av Europa, dvs Frankrike och Tyskland. Omgivande länder, såsom Sverige, Norge, och Finland, är utrustade med mindre laddplatser.

Ett startup-scenario för 2025 antar att 5 procent av den årliga körsträckan är elektrifierad och att laddplatser placeras på var 100:e kilometer, ett något längre avstånd än det föreslagna på 60 kilometer. De två övriga scenarierna (expansion, widemeshed) täcker ett nätverk i Europa med laddstationer var 50:e eller var 100:e kilometer, där antalet laddningspunkter istället utgår från att 15 procent av den årliga körsträckan är elektrifierad.

För nätverken med laddstationer var 100:e kilometer beräknas 660 laddplatser medan nätverket med 50 kilometers distans inrymmer 1 468 laddplatser.

Tabell 4. Scenariodefinitioner. Källa: (Speth, Sauter, & Plötz, 2022)

Scenario	År	Distans (mellan laddstationer)	BET_{share}	Antal laddplatser	Antal laddpunkter
Startup	2025	100 km	5%	660	1 697
Expansion	2030	50 km	15%	1 486	4 778
Widemeshed	2030	100 km	15%	660	3 679

Osäkerheter kring framtida utveckling

Detta avsnitt går igenom vad tidigare litteratur säger om eventuella kritiska faktorer som kan påverka den framtida utvecklingen av elvägarnas roll i transportsystemet. Det omfattar teknisk utveckling för olika elektrifieringslösningar samt ekonomiska och politiska faktorer påverkan. Dessutom beskrivs den internationella utvecklingen av elvägar, i framför allt Europa, och hur detta kan påverka utvecklingen i Sverige. Till sist behandlas också avgifter och en kort översikt över vad litteraturen säger om personbilars eventuella användande av elvägar.

De senaste åren har inneburit utveckling av både stationär och dynamisk laddning, batteriteknik, produktion av fossilfri vätgas och bränsleceller. Den allmänna trenden pekar på en övergång till mer hållbara och miljövänliga energislag i transportsektorn som idag domineras av fossila drivmedel. Transporter står för knappt 80 procent av Sveriges 80 TWh konsumtion av råolja (Qvist Consulting, 2023). Hur snabbt transportsektorn ställer om är dock osäkert och beror på teknikutvecklingen och dess påverkan på de sammanlagda kostnaderna för respektive drivlina. I en uppskalningsfas är också tilliten till infrastrukturen en viktig, men svårbedömd, aspekt.

TEKNISK UTVECKLING FÖR OLIKA ELEKTRIFIERINGSLÖSNINGAR

Batterier

De olika elektrifieringslösningarna är inte nödvändigtvis substitut utan kan också vara komplementära eftersom de kan komma att lämpa sig olika väl för olika typer av transporter. Fortsatt resonemang om detta förs tidigare i rapporten under avsnittet för logistiska förutsättningar.

Batteriutvecklingen kan påverka efterfrågan på elvägar både positivt och negativt. Batteritillgången är en kritisk faktor som förväntas vara en utmaning under de kommande årtiondena (Rogstadius, 2022). För att mildra detta problem kan lösningar som elvägar spela en viktig roll då elvägar minskar behovet av stora batteripack i fordonen. I detta sammanhang är avståndet till närmaste elväg avgörande för hur stora batteripack som krävs. Storleken på batteripacket påverkar fordonens räckvidd utanför elvägen, inköps- eller leasingkostnaden för fordonet, och laddningsbehovet.

Viktigt att notera är dock att även om tunga lastbilar kräver större batteripack än personbilar kommer den totala efterfrågan på batterier för tunga fordon vara förhållandevis låg jämfört med efterfrågan från personbilar och lätta lastbilar (Trafikverket, 2021b).

En annan aspekt är den förväntade livslängden för batterielektriska fordon som kan gå från jämförbar livslängd med dieselfordon på ungefär 7–10 år till en livslängd kan sträcka sig upp till 12–15 år vid 2035 (Rogstadius, 2022). Andra studier utgår dock från samma livslängd oavsett drivlina (Holmgren, o.a., 2021).

Geografiska och logistiska förutsättningar

Noterbart är att olika länder har/kan komma att välja olika strategier gällande avstånd till närmsta elväg. Nederländerna ställde krav att en elväg ska kunna nå inom 30 km från varje plats i landet och utgick från en total batteriräckvidd på 100 km samtidigt som Frankrike ställde krav att en elväg ska kunna nå inom 125 km från varje plats i landet och utgick från en total batteriräckvidd på 250 km (VTI, 2023). Exempelen understryker vikten av att anpassa elektrifieringsstrategier efter specifika geografiska och logistiska förutsättningar, vilket i denna rapport har behandlats mer ingående i tidigare avsnitt om logistik.

Ytterligare en viktig faktor att ta hänsyn till är interaktionseffekter. Om ett omfattande nätverk av snabbladdningsstationer byggs ut innan elvägarna är på plats finns risk att anläggningarna överdimensioneras med betydligt större kapacitet än vad som efterfrågas när elvägen senare byggs ut i närheten. Om det leder till att snabbladdningsstationer börjar tappa brukare är kostnaderna fortfarande höga vilket medför att priset för laddning stiger. (Rogstadius, 2022). Denna koordination är därför avgörande för att undvika överinvesteringar och för att säkerställa ekonomisk hållbarhet.

LADDNINGSAVGIFTER

Hur avgifterna för att ladda vid publika snabbladdare eller via elvägen kommer att sättas i framtiden beror på flera faktorer. Det underliggande elpriset och dess fluktuation mellan säsonger och tid på dygnet är en viktig faktor. För elvägen precis som för publika laddare kan det därmed bli frågan om en dynamisk prissättning. Ett annat argument för dynamisk prissättning för elvägen är faktumet att överföringskapaciteten i systemet vid varje given tidpunkt är begränsad, vilket innebär att avgiften kan fungera som ett styrmedel för att platta ut topparna i efterfrågan på effekt.

En annan viktig faktor som påverkar brukaravgiften för elvägen är om staten (genom antingen Trafikverket eller Transportstyrelsen) väljer en brukaravgift som finansierar hela eller delar av drift- och underhållskostnaderna eller om de väljer en avgift som internaliserar externa effekter som trafiken orsakar. Elvägsutredningen (2021) förespråkar en så kallad finansierande avgift medan en internaliserande avgift ligger i linje med hur exempelvis banavgifter på järnvägen tas ut och strävan efter att uppnå samhällsekonomisk effektivitet i transportsystemet enligt de transportpolitiska målen (Regeringskansliet, 2009). I det förra fallet kommer avgiften att bli generellt högre än i det senare fallet.

Andra avväganden som rör brukaravgiften för elvägar är att den bör vara hög nog för att, genom priset, inte konkurrera ut privata bolag som tillhandahåller alternativa lösningar (till exempel snabbladdare), samt att den inledningsvis bör vara låg nog för att inte avskräcka tidiga användare.

För stationära super-/ultra-snabbladdare är priset idag uppe på cirka 5 till 8 kronor per kWh.¹ Det kan indikera att nyttjandegraden ännu är låg och att priset kommer att sjunka i takt med att elfordonsmarknaden växer och nyttjandegraden ökar. Utbyggnaden och driften av denna infrastruktur görs i huvudsak av privata aktörer och hittills har en stor del av den totala omsättningen utgjorts av tillverkare av hårdvaran snarare än laddlösningssleverantörer och laddoperatörer (Hagman, 2023).

INTERNATIONELL UTVECKLING AV ELVÄGAR OCH HUR DET PÅVERKAR SVERIGE

Teknikvalen som görs av stora "first-mover"-länder, särskilt Tyskland och Frankrike, kan ha stor betydelse för den svenska utvecklingen. Dessa länder fungerar som föregångare och deras val kan komma att påverka andra länder att följa deras exempel. I Tysklands nationella strategi planeras ett beslut om konduktiva luftledningssystem att tas mellan 2024 och 2026 (IKEM, 2022).

Nationella initiativ kring elvägar skulle kunna medföra att olika tekniker väljs och således begränsningar för internationella transporter (Holmgren, o.a., 2021). Att tekniken är kompatibel mellan länder och att det finns en enhetlig och samordnad lösning för elvägar på europeisk nivå är kritiskt för att uppnå en hög nyttjandegrad för internationella

¹ Websidorna för exempelvis Circle K, OKQ8, Recharge, MER publicerar aktuella priser.

transporter. Om Sverige skulle välja en elvägsteknik som inget annat land väljer finns en risk att potentialen minskar.

Å andra sidan kan man argumentera att en internationellt gemensam lösning inte skulle vara lika viktig för Sveriges nyttjandegrad som för exempelvis Tysklands, ett stort land mitt på kontinenten med många grannländer (VTI, 2023). Argumentets tyngd beror på hur stor andel av elvägsanvändningen som utgörs av internationella transporter.

EKONOMISKA OCH POLITISKA FAKTORERS PÅVERKAN PÅ ELVÄGAR I SVERIGE

Utmaningarna som omställning mot ett mer hållbart transportsystem står inför är inte enbart tekniska. Politisk oförutsägbarhet och osäkerhet, särskilt i samband med variationer i dieselpriset och inblandning av biodrivmedel, påverkar villkoren och benägenheten för privata investeringar som är nödvändiga för omställningen av transportsystemet (Rogstadius, 2022).

De stora investeringskostnaderna och den långa byggtiden för elvägar utgör en utmaning i en marknad där teknikutvecklingen går snabbt framåt (Trafikverket, 2021b). Det finns alltid en risk att investera stora belopp i infrastruktur som kan bli mindre relevant om andra teknikalternativ utvecklas i snabbare takt. Kostnaderna för att etablera elvägar är betydande jämfört med andra alternativ, samt osäkra och beroende av flera faktorer, såsom omfattningen av elvägarna, antalet fordon som använder vägen och val av teknik (Holmgren, o.a., 2021).

En utbyggnad av elvägar kräver en symbiotisk utveckling av både infrastruktur och fordon. Elvägsutredningen (2021) framhäver den utmaning som uppstår med att det måste finnas tillräckligt med elvägar för att motivera fordonsägare att investera i elvägsfordon och att denna ömsesidiga beroendestruktur skapar en utmaning när det gäller att planera och implementera övergången eftersom det krävs tillräckligt många användare för att elvägar ska bli en attraktiv lösning. Dessutom, med tanke på att elvägarna karaktäriseras av nätverkseffekter, krävs det även en viss minimiutbyggnad för att elvägarna ska vara ekonomiskt lönsamma.

PERSONBILAR

I Trafikverkets regeringsuppdrag (2021b) bedömdes att personbilar troligen inte kommer nyttja elvägar inom en åskådlig framtid med motivet att dagens batterikapacitet redan är tillräcklig för de flesta resor och att batteriutvecklingen snabbt utvecklas med ökade räckvidder som följd. Dessutom bedömdes antalet personbilar som har behov av att göra längre oavbrutna resor och då också betala en brukaravgift vara mycket litet.

I Elvägsutredningen (2021) betonas dock att allt fler börjar se fördelarna med att inkludera personbilar på elvägar, särskilt på grund av den stora mängd batterier som efterfrågas av personbilsflottan. Om batteristorleken i personbilar kan minskas genom användning av elvägar skulle det innebära en betydande resursbesparing. Dessutom skulle inkluderingen av personbilar i elvägssystemet kunna förändra förutsättningarna för nyttan med elvägar.

I en kostnadsuppskattning av brukaravgifter (i en underlagsrapport till Elvägsutredningen utförd av Mats Alaküla) dras slutsatsen att brukaravgifterna kan sänkas om det blir möjligt personbilstrafik att dela elvägarna med lastbilar (Elvägsutredningen, 2021).

Shoman, Karlsson och Yeh (2022) analyserar som tidigare nämnt nyttjandegrader för personbilar utifrån scenarier om fyra olika elvägsnätverk. Det minsta nätverket spänner över 25 procent av Sveriges Europa- och Riksvägar medan det högsta utgörs av 100 procent

av Europa- och Riksvägnätet. De fann att storleken på batteristorleken kan minska signifikant, framförallt för fordon i storstadsområden, och därmed minska kostnaderna för bilägare. Vidare fann de att det stora elvägsnätet skulle kunna nå en nyttjandegrad på cirka 50 procent av trafikarbetet medan det minsta nätverket skulle kunna nå en nyttjandegrad på cirka 40 procent.

Till vilken grad personbilar faktiskt kan tänkas använda elvägen beror rimligen på hur stor andel av personbilstrafiken som kör längre sträckor där laddning på andra platser än hemmet behövs. Om en enskild bilköpare kommer att välja till elvägsteknik beror sannolikt på om denne återkommande förväntar sig köra längre sträckor där det finns elväg.

Analys med systemdynamikmodell

TEORETISK GRUND FÖR MODELLEN

Strukturen för systemdynamikmodeller innebär vanligtvis att det finns några exogena variabler som påverkar olika delsystem med återkopplingslingor (feedback loops) och lagerflöden (stock flows). Den eller de exogena variablerna som kan påverkas, såsom policyer, avgifter eller skatter, kan vara av intresse för policyutvärdering eftersom systemdynamikmodellen prognoserar påverkan av exogena variabler på variabeln av intresse, till exempel andel av en viss sorts drivlina i flottan. Ett exempel på hur exogena variabler påverkar olika marknader tas upp av Shafiei mfl (2014), där exogena variabler som BNP, folkmängd, koldioxidskatt samt oljepris påverkar bland annat fordonsflotta, fordonspriser och elmarknaden.

Den exogena variabeluppsättningen avser en endogen, dynamisk process där ett eller flera delsystem påverkar varandra. Det går att bestämma själv hur många gånger systemet ska upprepas. I den här analysen har år valts som tidsintervall och år 2040 som målår.

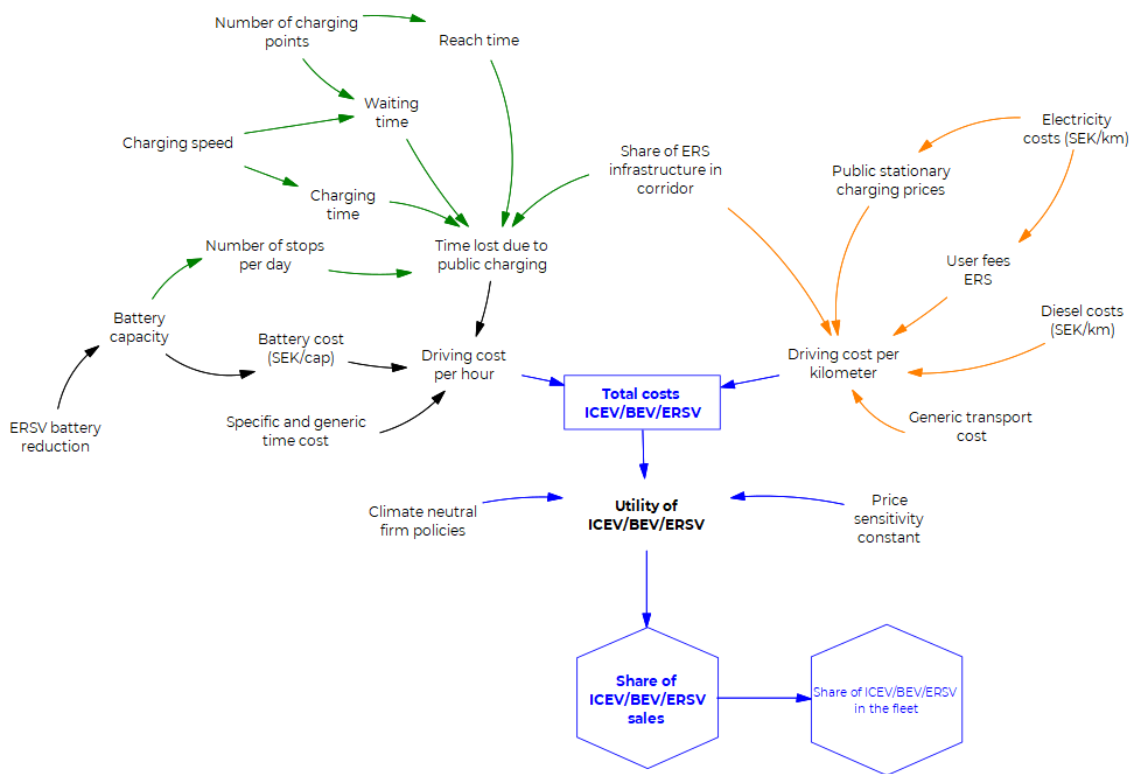
En av utmaningarna med modelleringen är hur nya innovationer kommer att introduceras. Det finns många olika diffusionsmodeller som beskriver hur en innovation anammas, såsom den logistiska modellen, Fisher-Pry-modellen, Gompertz-modellen och Bass-modellen (Corinna, Antonio, Giulio, & Giovanni, 2015). Även om de nämnda modellerna har olika funktioner och underliggande antaganden har de alla gemensamt en S-formad kurva som en funktion av tiden, dvs. diffusionstakten är långsam i början, som högst i mitten och för att bli låg igen mot slutet. Syftet med modellerna är att förutsäga hur en innovation kommer att spridas utifrån antaganden om mänskliga beteenden. Till exempel, förenklat i basmodellen, är preferensen för att anta en ny innovation annorlunda, där vissa personer eller företag kan karakteriseras som innovatörer som är de första att prova en ny innovation, medan andra karakteriseras av imitatörer. Ett sådant antagande ligger som grund för upptagningstakten i denna studie.

Att bestämma hur introduktionen av innovationer kommer att ske är inte tillräckligt. Det är viktigt att kunna identifiera de policyer och exogena variabler som kan påverka upptagstakten. Baserat på Bass diffusionsteori har Cagliano mfl (2017) utvecklat en systemdynamikmodell som undersöker hur olika policyer och scenarier påverkar takten med vilken kommersiella lätta lastbilar/skåpbilar byter från konventionell förbränningsmotor till el- och hybridteknik. Forskarna finner att reklamkampanjer, ökande intresse hos allmänheten för lätta lastbilar/skåpbilar med lägre koldioxidutsläpp tillsammans med dieselskatt, laddstationer, och monetära stöd för att köpa en lätt lastbil/skåpbil med låga koldioxidutsläpp har positiva effekter och påskyndar spridningen av dessa fordon.

MODELLEN

Modellen, som illustreras i Figur 1 nedan, har som mål att beräkna andel av respektive typ av lastbilar i flottan: bränsle drivna lastbilar (ICEV), rena batterielektriska lastbilar (BEV) och batterielektriska lastbilar som även kan laddas via elväg (ERSV).²

² ERSV och BEV beräknas alltså som två olika lastbilstyper. Det beror på att några av skillnaderna, exempelvis batteristorleken, utgör grund för jämförelser i analysen. Separationen förekommer också i litteraturen (Jöhrens, o.a., 2022; ITF, 2022).



Figur 1: Förenklad version av systemdynamikmodellen. Tidsförlust pga. offentlig laddning redovisas i grönt, körkostnad per timme redovisas i svart, körkostnad per kilometer redovisas i orange och lastbilsandel-delen redovisas i blått.

För att kunna beräkna respektive andel behövs en jämförbar komponent som kan beräknas för alla tre typer av fordon, exempelvis totala kostnader för respektive typ av fordon. Totala kostnader per år beräknas genom att slå ihop körkostnader per timme och körkostnader per kilometer. De två kostnaderna räknas upp till en årlig nivå med drifttimmar per år och fordonskilometer per år, enligt ASEK. Modellen tar också hänsyn till tiden som kommer att läggas på laddning för BEV och ERSV. Den tidsförlusten räknas i körkostnad per timme som tillägg körtid för att behålla samma produktionstakt som ICEV. ERSV antas behöva laddas stationärt under elvägarnas utbyggnad, då elvägladdning inte kommer att vara tillräcklig.

Tidsförlust på grund av offentlig laddning

Tidsförlust på grund av publik stationär laddning beräknas för både BEV och ERSV. Tidsförlusten för ERSV antas minska med takten av elvägutbyggnaden, dvs. ju mer man laddar via elvägen desto mindre tid är man tvungen att lägga på stationär laddning. Den publika stationära laddningen kommer att gå mot noll för ERSV när elvägen är utbyggd längs hela sträckan.

Tre komponenter läggs ihop för att få fram tidsförlusten: angöringstid, väntetiden och själva laddningstiden. Angöringstid är tiden som behövs för att köra till och från en viss laddningspunkt, dvs bromsa in och köra av vägen till en laddningsstation. Den påverkas av takten av laddningsinfrastrukturens utbyggnad, dvs ju fler laddningspunkter i systemet desto kortare angöringstid.

Väntetiden är den tid som lastbilen står och väntar på ledig plats vid en laddningspunkt och påverkas av laddningshastigheten och antal laddningspunkter på sträckan. Antagandet är att en högre laddningshastighet och ett större antal laddningspunkter minskar väntetiden.

Laddningstiden är den tiden det tar att ladda en lastbil. Den påverkas av laddningshastigheten.

Tidsberoende kostnad

Utöver tidsförlust på grund av publik laddning påverkas körkostnaden per timme av batterikostnaden och andra specifika och generiska kostnader.

Batterikostnader påverkas av batterikapacitet och andra produktionsrelaterade kostnader såsom råvaror. Kostnaden antas vara mindre för ERSV än för BEV på grund av mindre batteripack i fordonet. Specifika och generiska kostnader omfattar ränta, försäkring och avskrivningskostnad per timme samt skatt och förarkostnader.

Avståndsberoende kostnad

Körkostnad per kilometer påverkas av drivmedelskostnad (elpriser eller dieselpriiser) och generiska kostnader. Generiska kostnader omfattas av avskrivningskostnad per kilometer, däckslitage och service och reparation. Beroende på typ av lastbil läggs respektive drivmedelskostnad till körkostnad per kilometer dvs ICEV bränslekostnader och BEV och ERSV elkostnader.

För eldrivna fordon påverkas kostnaden av det sätt på vilket laddning sker. En avgift läggs till för stationär laddning och ERS. Lastbilen kan också laddas i depån där ingen avgift antas tas ut, utöver själva elpriset.

Multinomial logitmodell³ 4

Eftersom det saknas verkliga försäljningssiffror (för ERSV) som kan användas för att identifiera preferenser och skatta nyttan med respektive lastbilstyp⁵, har en multinomial logit (MNL)-modell byggts upp.

MNL-modellen är en flitigt använd modell i valmodellering för att uppskatta sannolikheten för att välja ett specifikt alternativ från en uppsättning ömsesidigt uteslutande alternativ. Valsannolikheten i MNL-modellen använder begreppet av nytta. I en multinomial logitmodell undersöks hur olika oberoende variabler (till exempel batterikostnad och elkostnad) påverkar sannolikheten för att den beroende variabeln (till exempel totala kostnader) hamnar i varje enskild kategori.

I vår modell är TCO (Total cost) den beroende variabeln och alla variabler som används för att estimeras den oberoende. I modellen samlas oberoende variabler till två huvudvariabler: Driving Cost per hour och Driving Cost per kilometer.

$$Total\ cost = Driving\ Cost\ per\ hour + Driving\ Cost\ per\ kilometer$$

I vår modell är nyttan (Utility) för respektive alternativ baserad på inversen av den årliga ägandekostnaden. För de batteridrivna alternativen har priset reducerats med 20 procent för att fånga upp den högre betalningsviljan som antas finnas för att välja ett miljövänligare

³ Train, K.. E. (2009) Discrete choice methods with simulation. Chapter 3, Chapter 4.2. New York: Cambridge University Press.

⁴ Dios, O.J. de and Willumsen, L.G. (2014) Modelling transport. Chapter 7.3, Chapter 7.4. Chichester: Wiley.

⁵ Detta innebär alltså att det inte finns estimeringsresultat att presentera – modellen är inte estimerad.

alternativ. Argumentet för detta är att det redan idag köps/leasas BEV fastän de troligtvis inte är i kostnadsparietät än. Det kan ha att göra med att transportörer vill vara tidiga med att etablera ett system (laddstationer mm) för eldrift inför att tekniken sprids i större skala. I övrigt har en priskänslighetsfaktor lagts till för att skala om relationen mellan respektive alternativs nytta. Faktorn kan vara mellan 0 och 1 och är i modellen 0,2. Ju lägre faktorn är, desto mer känsligt är försäljningen för prisskillnader. Marknaden för lastbilar bedöms vara relativt homogen och således antas priset vara betydande i köpvalet.

Denna faktor leder till att skillnaden i nytta mellan olika alternativ blir större än den faktiska skillnaden i pris.

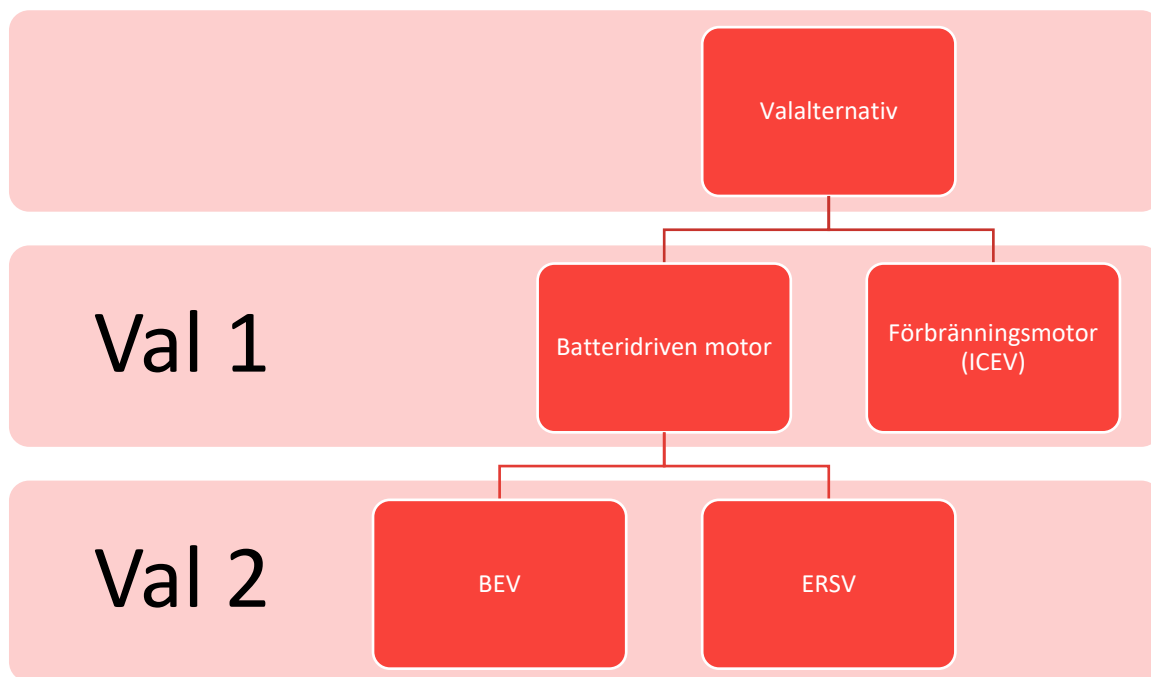
$$Utility = \frac{1}{Price\ sensitivity\ constant * Climate\ neutral\ firm\ policy * Total\ Cost}$$

I kalibrerade multinomiala logitmodeller definieras en alternativspecifik konstant. Den alternativspecifika konstanten hjälper till att redogöra för variationen i val som inte kan förklaras av de observerade (oberoende) variablerna och påverkar nyttan av ett specifikt alternativ. Den definieras och kalibreras efter verkliga data. Tyvärr saknas det verkliga försäljningssiffror (för ERSV) för att förklara dessa observerade variationer och definiera en sådan konstant. Inga alternativspecifika konstanter existerar således i nyttan.

Teoretiskt erhålls valsannolikheten P_j att alternativ j blir valt med hjälp av den multinomiala logit-funktionen. $\sum_k e^{U_k}$ är summan av exponentiella nyttor för alla alternativ.

$$P_j = \frac{e^{U_j}}{\sum_k e^{U_k}}$$

Eftersom de två batteridrivna alternativen inte kan antas vara oberoende av varandra har logitmodellen byggts nästlad. En nästlad logitmodell innebär att flera valsituationer får betraktas. I det här fallet är det två valsituationer: i den första väljer de mellan en batteridrivna motor och en förbränningsmotor. Om de väljer batteridrivna får de i en separat logitmodell välja om det ska vara med eller utan ERS-kompatibilitet.



Sannolikheten för respektive alternativ kan tolkas som andel av försäljning för respektive typ av lastbil.

Genom att anta en livscykel på sju år för varje lastbil kan försäljningsandelen för alla tre typer av fordon omvandlas till deras andel i flottan under tidsperioden.

ANTAGANDEN I VÅR ANALYS

Elvägen antas i modellen att byggas under fem år med start 2030, medan modellen i sig simulerar resultat fram till 2040. Elvägen antas i modellen således att finnas fullt utbyggd 2035. Likaså antas laddinfrastruktur finnas tillgänglig, där så efterfrågas.

Ovanstående innebär att analysen och modellen bygger på en jämn fördelning, och utnyttjande över det elektrifierade vägnätet, oavsett teknik. Det vill säga, vi förutsätter att de som kan utnyttjar antingen elväg eller laddinfrastruktur proportionellt mot andelen transporter i den delen av vägnätet. Detta är även i samklang med hur tidigare studier hanterat frågan. Innebörden är att oavsett om en lastbil är helelektrisk, hybrid eller konventionell (dieseldriven) så påverkar inte valet mellan dem vilken vägsträcka som trafikeras. Det innebär också att oavsett sträcka eller typ av gods som transporteras så blir andelen densamma över hela vägnätet. Det finns inga avgörande skillnader mellan exempelvis sträckan Stockholm – Göteborg eller Stockholm – Malmö som skulle innebära att en vägsträcka skulle vara mer intressant eller fördelaktig att trafikera med elväg.

Vad vi menar med avgörande skillnader är att den trafik som går på dessa vägar, såsom styckegods och linjetrafik, är snarlik och trafikeras av samma typ av fordon. Det är ur ett elvägsperspektiv ointressant vilken varugrupp som transporteras. Om det är mobiltelefoner (FMCG Fast Moving Consumer Goods), maskindelar eller livsmedel gör ingen skillnad. Det är typ av lastbil som är det intressanta och det övervägande antalet lastbilar är antingen lastbil med släp eller trailer. Den enda lastbilstypen som skulle ha en klar fördel av elvägar är kyltransporter, men de utgör en försvinnande liten del av alla transporter. I övrigt hänvisar vi till redovisade transportupplägg tidigare i rapporten, där vi resonerar kring varje uppläggs lämplighet för elvägar.

Eftersom det finns relativt stora osäkerheter avseende kostnader såsom dieselpolis och elpris, vilket synts inte minst de senaste åren, har en genomgång gjorts för de variabla kostnaderna som utgör en grund för modelleringen. Det har resulterat i en kombination av vedertagna värden ur ASEK:s rekommendationer samt egna antaganden baserat på erfarenhet, intervjuer med experter och logiska resonemang. En kategorisering har även gjorts för att tydliggöra vilken typ av kostnad som avses, samt källa. Detta sammanställs i Tabell 5.

Batteriernas nuvarande och framtida utveckling är en faktor som påverkar flera antaganden: skillnaden i inköpskostnaden för BEV och ERSV jämfört med ICEV utgörs till stor del av batterierna, batterikapaciteten (dvs fordonets räckvidd) påverkar hur ofta de behöver laddas, och elkonsumtionen påverkar räckvidden för en given batteristorlek. Även antaganden kring hur stor andel av batteriet som laddas per snabbbladning beror på batteritekniken. Här antas att batterier inte bör snabbladdas upp till 100 procent och att laddning mellan 80 och 100 procent av batteriet tar oproportionerligt lång tid (baserat på uppgifter från Volvo Lastvagnar (2023) och Energimyndigheten (2020)). Vi antar att batterierna har 80 procent av sin kapacitet när de skrotas (uppgift från Scania), vilket innebär att de i genomsnitt under drifttiden har 90 procent. Detta är ungefär motsvarande siffror som för personbilar. Något som komplicerar analysen är att speditörer ändrar brukandet av lastbilar till mindre krävande uppgifter när de blir äldre, det sker alltså en viss anpassning som vi inte kan hantera i modellen.

Antagandet om batteriernas storlek år 2025 på 500 kWh utgår från uppgifter från Scania och Volvo Lastvagnar (Scania, 2023; Volvo Lastvagnar, 2023). För 2040 antas batteristorlek för BEV om 800 kWh tack vare teknikutveckling.⁶ Samtidigt kommer batteriernas kapacitet sannolikt vara en variabel som bestäms och optimeras utifrån användarens behov och tillgång till laddinfrastruktur. I den här analysen antas batteristorleken för ERSV vara 40 procent mindre än för BEV, vilket baseras på intervju med Scania som indikerade ett intervall mellan 30 och 50 procent mindre batterier för ERSV.

Effekten vid de stationära, publika, snabbbladarna beror på laddpunkten och på fordonets batteri. Idag (angett som år 2025 i Tabell 5) antas fordonen kunna ladda publikt med en effekt på 130 kW och 2040 antas effekten vara 600 kW. År 2040 är det troligen fordonets batterier som är den begränsande faktorn eftersom megawatt charging systems (MCS) ska kunna leverera upp till 3,75 MW (Scania, 2022), men all den effekten kommer batterierna sannolikt inte kunna tillgodogöra sig. Siffran 600 kW nämns av bland annat Trafikverket (2021c), och ACEA (2021) menar att ett stort antal laddpunkter behöver kunna erbjuda över 500 kW vid 2030.

Brukaravgifter för elvägar antas i basscenariot vara internaliserande, dvs att de i enlighet med svenska transportpolitiska principer internaliserar externa effekter. Bedömningen följer metoden som tillämpas av Börjesson mfl (2021) samt presenteras i en COLLERS-rapport (Andersson, Johansson, Jöhrens, & Mottschall, 2023). Utöver detta görs känslighetsanalyser där finansierande avgiftsregimer som inkluderar drift- och underhållskostnader undersöks. Avgifter för publik stationär laddning, utöver elkostnaden, tas ut av operatören vilket ger ett antagande om en total laddkostnad (elpris plus avgift utöver elpriset) på 5,55 kr/kWh år 2025 och 4,45 kr/kWh år 2040.⁷ Ökad konkurrens på laddoperatörsmarknaden antas leda till

⁶ Holmgren mfl (2021) analyserar ett scenario med ett "stort" batteri på 1000 kWh och ett scenario med ett "litet" på 600 kWh. Här lägger vi oss mitt emellan.

⁷ Som referens används en laddkostnad på 0,2–0,24 euro/kWh av ICCT (Larsson, M.-O., 2023; Basma, H.; Rodriguez, F., 2023)

minskat pris per kWh för kund. För elvägar antas den totala laddkostnaden för användare vara 1,95 kr/kWh år 2025 och 2,55 kr/kWh 2040. Det kan jämföras med att ladda vid privat laddare där kostnaden antas vara 1,55 kr/kWh 2025 och 1,95 kr/kWh 2040. Under rubriken Laddningsavgifter tidigare i rapporten förs resonemang om priser för laddning och marknaden för stationär laddning.

Tabell 5: Sammanställning av använda variabler, kostnader 2025 respektive 2040 samt källa.

Kategori	Variabel	2025	2040	Enhet	Källa
Generell	Avskrivning	27,33	27,33	kr/h	ASEK 7.1
Generell	Försäkring/skador	31,16	31,16	kr/h	ASEK 7.1
Generell	Ränta	19,07	19,07	kr/h	ASEK 7.1
Generell	Fordonsskatt	7,95	7,95	kr/h	ASEK 7.1
Generell	Förlön	245	245	kr/h	ASEK 7.1
Generell	Livslängd fordon	7	7	År	ASEK 7.1
BEV	Inköpskostnad, ICEV som bas	200	120	%	Scania, Volvo Lastvagnar
ERSV	Inköpskostnad, ICEV som bas	160	112	%	Scania, Volvo Lastvagnar
BEV, ERSV	Livslängd batterier	7	7	År	Bedömt utifrån uppgift från Scania
BEV, ERSV	Batteriförslitning	10%	10%	Andel av initial kapacitet	Scania
BEV & ERSV	Statliga stöd	20	0	%	Förordning (SFS (2020:750)) om statligt stöd till vissa miljöfordon
ICEV	Dieselpri	17,55	29,98	kr/l	Dieselpri 2021 från Drivkraft Sverige, Uppräkning till 2040 från Rogstadius (2022)
ICEV	Dieselsonsumtion	0,27	0,27	l/fkm	ASEK 7.1 fast utan effektivisering
BEV, ERSV	Elpris	1,35	1,75	kr/kWh	ASEK 7.1
BEV, ERSV	Elkonsumtion	1,5	1	kWh/fkm	Fordonstillverkare
BEV	Batterikapacitet	500	800	kWh	Scania, Volvo Lastvagnar och egen bedömning
ERSV	Batterikapacitet	300	480	kWh	Scania, Volvo Lastvagnar och egen bedömning
BEV	Lastfaktor	90	90	%	Egen bedömning, baserat på hela flottan och att det i första hand är långväga transporter.
BEV & ERSV	Nettokapacitet, dvs hur stor andel av batteriet som används	90	90	%	Egen bedömning av en reserv på samma sätt som en reservtank.
BEV & ERSV	Andel av batteriet som laddas per stopp	70	70	%	Egen bedömning baserat på Volvo Lastvagnar (2023) och Energimyndigheten (2020)
BEV & ERSV	Extratider	20	10	minuter	Ett antagande om extratid relaterat till att köra av vägen till laddstationen och därifrån ut på vägen igen
ERSV	Brukaravgift (exkl. elkostnad), basscenario	0,6	0,6	kr/fkm	Baserat på egen bedömning och beräkning enligt metoden i Börjesson mfl (2021)
ERSV	Brukaravgift (exkl. elkostnad), känslighetsanalys	2,01 resp. 4,83	1,28 resp. 3,08	kr/fkm	Bedömt utifrån drift- och underhållskostnader i Trafikverket (2021b)
BEV & ERSV	Laddinfrastrukturavgift (exkl. elkostnad)	6	2,5	kr/fkm	Egen bedömning baserat på dagens pris och potentiell prisutveckling i takt med högre nyttjandegrader
BEV & ERSV	Genomsnittlig effekt i offentlig laddinfrastruktur	130	600	kW	Trafikverket (2021c), ACEA (2021), Scania (2022)

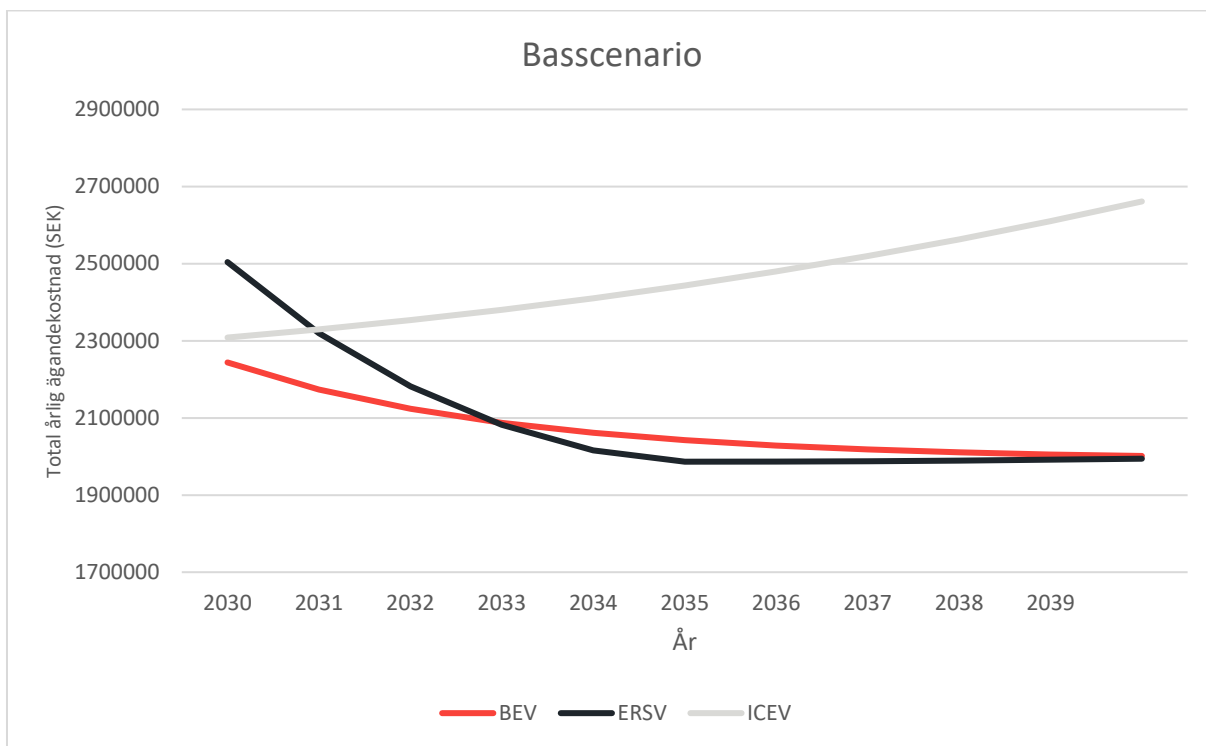
RESULTAT

Nedan presenteras resultaten från systemdynamikmodellen med fokus på total ägandekostnad per år och andel av fordonflottan för de tre simulerade fordonstyperna: ICEV, BEV, och ERSV. Utifrån antagandena ovan har ett basscenario byggts upp. Eftersom det finns osäkerheter i antagandena som ligger till grund för basscenarioet presenteras ett par känslighetsanalyser. För basscenarioet redovisas total ägandekostnad per år över tid för att lägga fokus på dynamiken. Därefter presenteras resultaten för känslighetsscenariernas totala ägandekostnad per år utifrån antagna parametrar 2040.

De resultat som redovisas är totala ägandekostnader (TCO) som används för att uppskatta andelen som väljer elväg vid ett stråk där elväg är utbyggt. Som vi diskuterar tidigare i rapporten blir denna högre än andelen för hela nätverket (dvs. inklusive de sträckor som inte har elväg), vilken redovisas i några rapporter (givet att elvägar inte antas byggas överallt, vilket antas i några rapporter, då blir andelen för sträckan och andelen för nätverket samma).

Tabell 6: Sammanställning av de antagna variablerna som varieras i känslighetsanalysen. Här redovisas i deras antagna värden i basscenarioet. De värden som ingår i tabell 6 men inte i tabell 7 är alltså samma i alla scenarier.

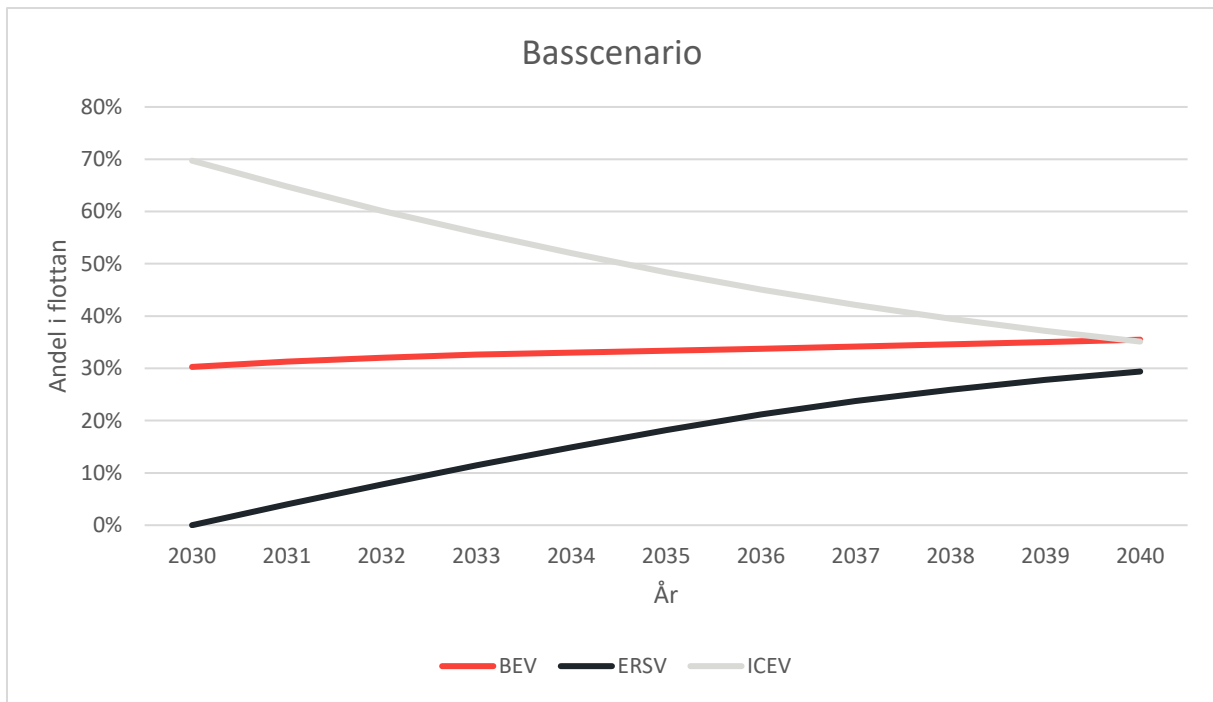
Kategori	Variabel	2025	2040	Enhet
BEV	Inköpskostnad, ICEV som bas	200	120	%
ERSV	Inköpskostnad, ICEV som bas	160	112	%
BEV, ERSV	Elpris	1,35	1,75	kr/kWh
BEV	Batterikapacitet	500	800	kWh
ERSV	Batterikapacitet	300	480	kWh
BEV, ERSV	Genomsnittlig effekt i offentlig laddinfrastruktur	130	600	kW
BEV, ERSV	Batteriförslitning	10%	10%	Andel av kapacitet
BEV	Livslängd batterier	7	7	år
ERSV	Livslängd batterier	7	7	år
ERSV	Brukaravgift	0,6	0,6	kr/fkm



Figur 2: Total årlig ägandekostnad per drivmedelstyp över tid för basscenariot

Utifrån basscenariot framgår att kostnaden för batteridrivna lastbilar till en början är väldigt hög. Detta påverkas av antagandet om dubbla investeringskostnader samt att tiden som går åt för att ladda under en normal tur är väldigt lång (låg batterikapacitet, låg laddningskapacitet i den publika laddinfrastrukturen). I takt med att batterikapacitet och laddningskapacitet antas förbättras sjunker också kostnaden för de batteridrivna lastbilarna. Vid 2035 antas batterikapaciteten vara så hög att en lastbil skulle kunna köra en lång tur upp emot 9 timmar utan att stanna för att ladda. Eftersom ERS-kompatibla lastbilar antas byggas med mindre batterier än BEV, är dessa till en början dyrare än rena batteridrivna lastbilar till följd av de längre uppehållstiderna för laddning. Antagandet med lägre investeringskostnad väger inte upp kostnadsmässigt för detta. Vid 2035 antas ERS-infrastrukturen i stråket vara färdigutbyggd, vilket innebär att även ERS-kompatibla lastbilar antas kunna köra utan uppehåll för laddning.

Grafen nedan visar utvecklingen av de olika typer av lastbilar i flottan över tiden. I början observeras en skarp ökning av BEV och en minskning av ICEV. Med öppningen av ERS börjar ERSV ta sig in i lastbilsflottan och konkurrerar med BEV; ökningstakten minskar. År 2040 bedöms två tredjedelar av lastbilarna i flottan vara eldrivna, och andelen ICEV minskar löpande.



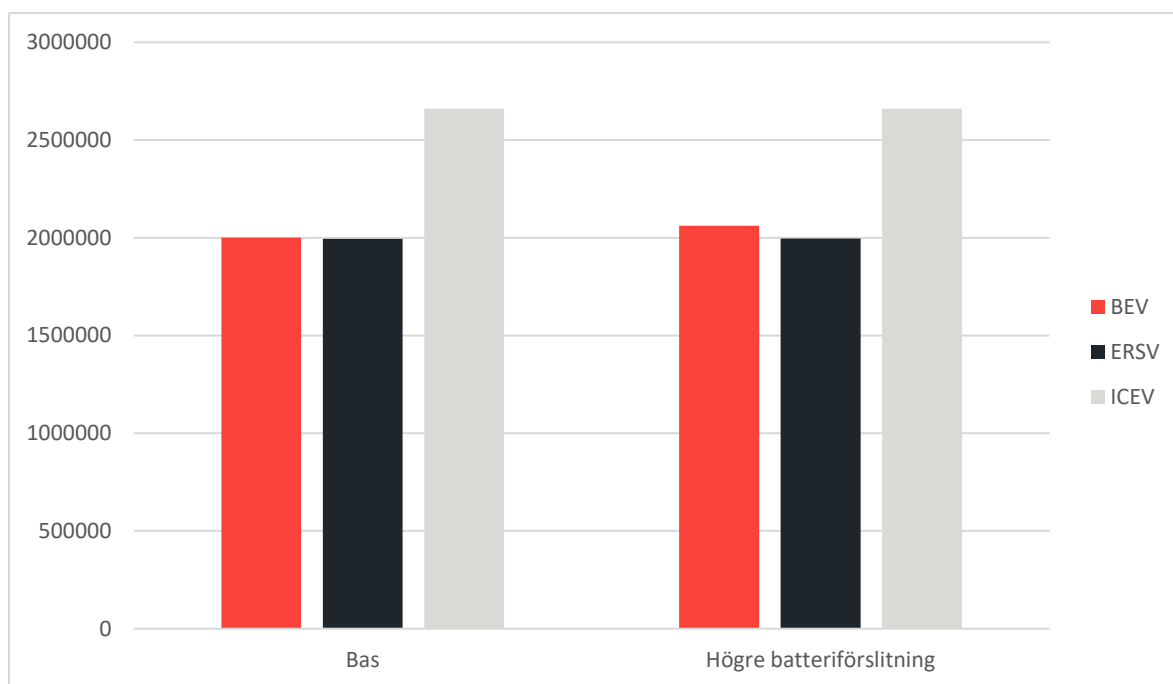
Figur 3: Andel fordon för respektive fordonstyp, för basscenariot

Känslighetsanalys: högre batteriförlitning

Eftersom lastbilar kommer att köra i varierande miljö, kan det vara rimligt att tänka att batteriförlitning kommer vara högre än annonserad av lastbilstillverkaren. För att testa effekten av detta görs en känslighetsanalys där batteriförlitningen är 20 procent av batterikapaciteten i stället för 10 procent, enligt Tabell 7.

Tabell 7: Sammanställning av de antagna variablerna som varierar i känslighetsanalysen

Kategori	Variabel	2025	2040	Enhet
BEV, ERSV	Batteriförlitning	20%	20%	Andel av kapacitet



Figur 4: Resultat över årlig totalkostnad år 2040 för känslighetsanalysen där batteriförlitning minskas till 20% av total kapacitet, jämfört med basscenariots 3 år.

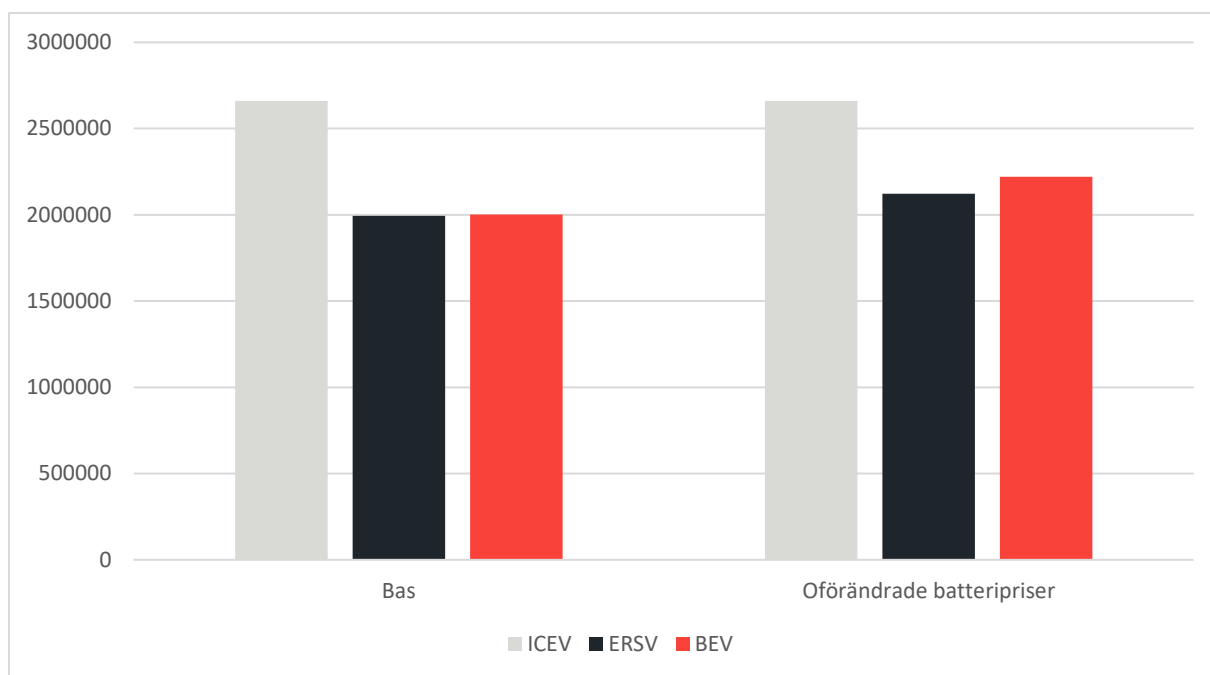
Resultatet tyder på att det endast blir en marginellt högre totalkostnad för BEV år 2040 enligt Figur 4, eftersom en längre batteriförlitning leder till flera tvungna laddningstillfällen och ökar den förlorade tiden från rena körtiden. Att det inte ger större utslag beror på att teknikutvecklingen antas göra att batterierna i stort blir billigare. ERSV och BEV antas ha 12 respektive 20 procent högre inköpskostnad än en ICEV år 2040. I nästa scenario ändras inköpskostnaden, vilket får effekter på "ordningen" mellan ERSV och BEV.

Känslighetsanalys: oförändrade batteripriser

Tabell 8: Sammanställning av de antagna variablerna som varierar i känslighetsanalysen

Kategori	Variabel	2025	2040	Enhet
BEV	Inköpskostnad, ICEV som bas	200	200	%
ERSV	Inköpskostnad, ICEV som bas	160	160	%

I ett scenario där batterikapaciteten antas kunna bli så pass stor att inga långväga lastbilar behöver göra uppehåll för laddning, kommer elvägar, allt annat lika, inte att bli lika attraktivt på lång sikt. Det finns dock osäkerheter i antagandet om batterikapaciteten. Bland annat finns det en risk att råvarubrist leder till att batteripriser inte minskar. Nedan presenteras ett scenario där investeringskostnaderna för eldrivna lastbilar inte antas minska med tiden. Investeringskostnaden för BEV är alltså fortfarande dubbelt så hög som för ICEV.



Figur 5: Resultat för total årlig kostnad 2040 där scenariot med oförändrade batteripriser jämförs med basscenariot

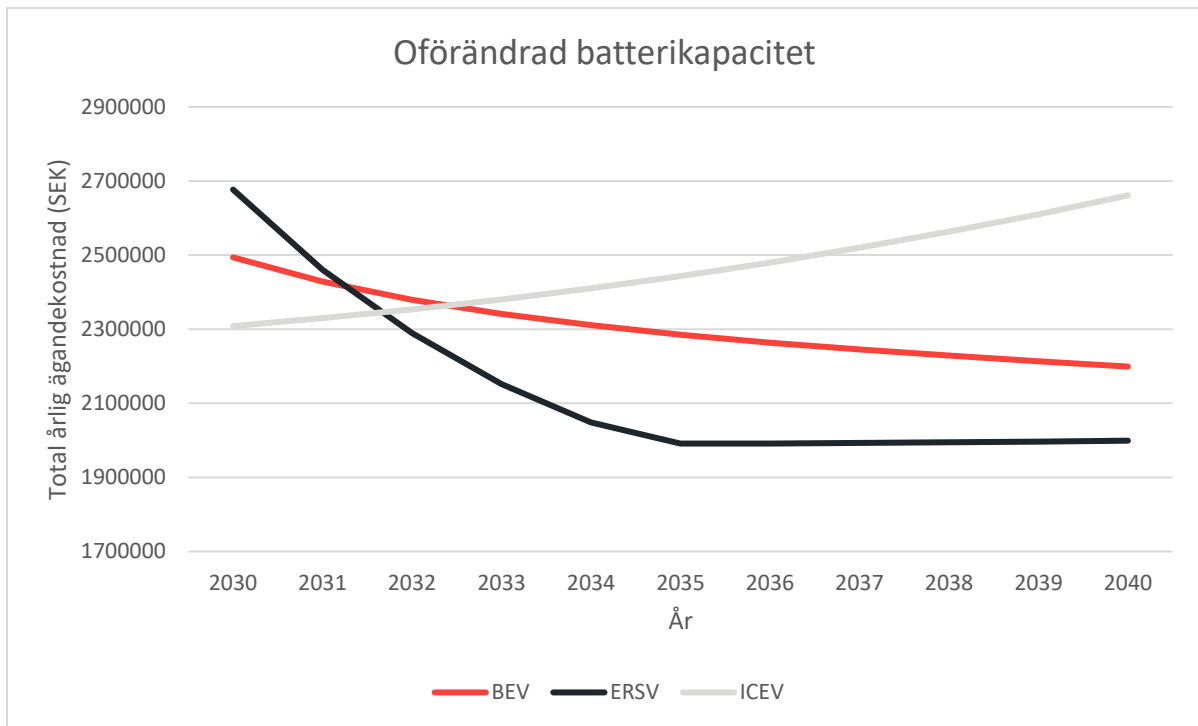
I basscenariot är skillnaden mellan BEV och ERSV obetydligt, även om ERSV är något billigare. Scenariot med oförändrade batteripriser innebär att båda typerna av eldrivna lastbilar blir dyrare jämfört med basscenariot. ERSV blir det billigaste alternativet år 2040. Det är dock fortfarande väldigt små skillnader mellan BEV och ERSV. Detta eftersom den publika laddinfrastrukturen fortsatt antas vara väl utbyggd, med många laddpunkter och hög effekt samt att batterikapaciteten förbättras med tiden.

Känslighetsanalys: oförändrad batterikapacitet

Tabell 9: Sammanställning av de antagna variablerna som varierar i känslighetsanalysen

Kategori	Variabel	2025	2040	Enhet
BEV	Batterikapacitet	500	500	kWh
ERSV	Batterikapacitet	300	300	kWh

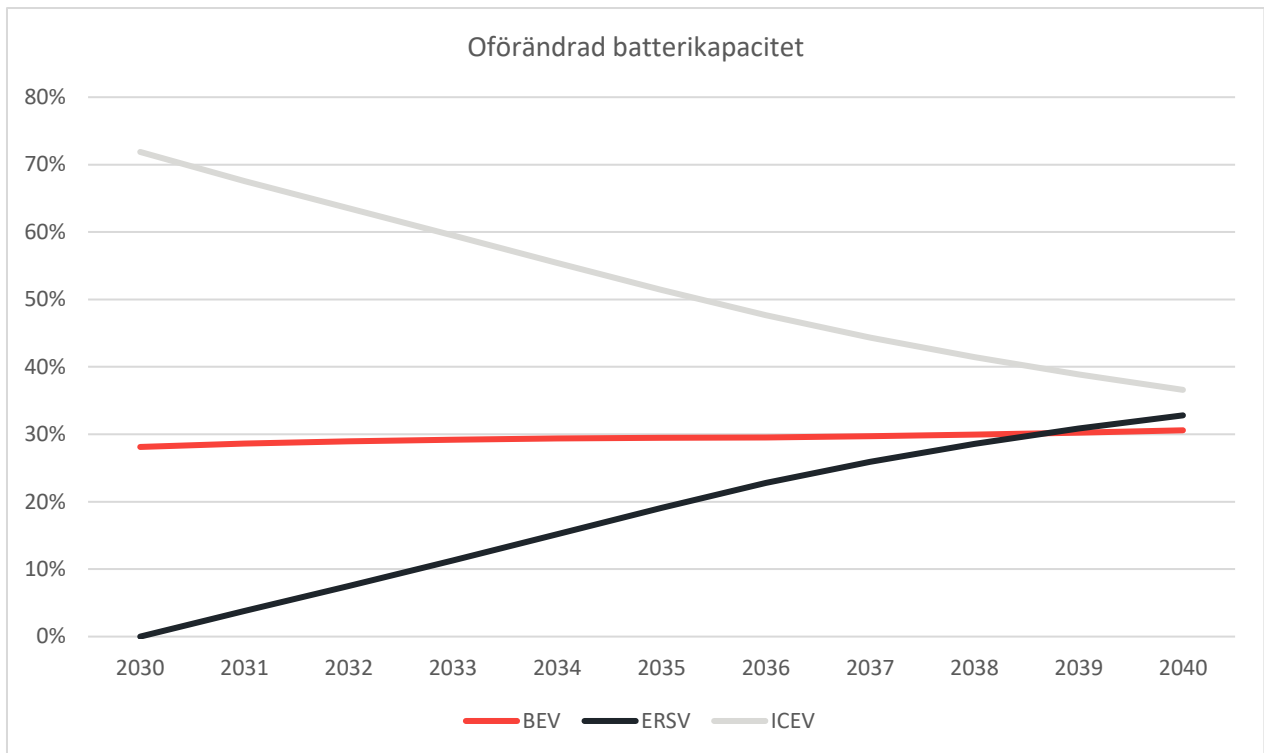
För att åstadkomma ett scenario där ERSV blir det billigaste alternativet år 2040, krävs i stora drag att batterikapaciteten inte förbättras. I ett sådant scenario kommer långväga lastbilar alltid att behöva göra uppehåll på vägen för att ladda. Detta innebär kostnader i form av längre uppehållstider.



Figur 6: Total årlig kostnad för scenariot där batterikapaciteten hålls oförändrad över tid

I detta scenario blir ERSV det billigaste alternativet för den här typen av långväga transporter som sker längs med ett fullt elvägsutbyggt stråk.

Figur 7 nedan visar utvecklingen av de olika typer av lastbilar i flottan över tiden. Före år 2030 sker en skarp ökning av BEV och en minskning av ICEV. Då har ERSV inte öppnat än till användningen. Med öppningen av elvägen börjar ERSV ta sig in i lastbilsflottan och konkurrera med BEV. Ökningstakten för BEV minskar när andelen ERSV ökar. År 2040 beräknas majoriteten av lastbilarna i flottan vara eldrivna, med en marginell fördel för ERSV.



Figur 7: Andel fordon över tid för respektive fordonstyp

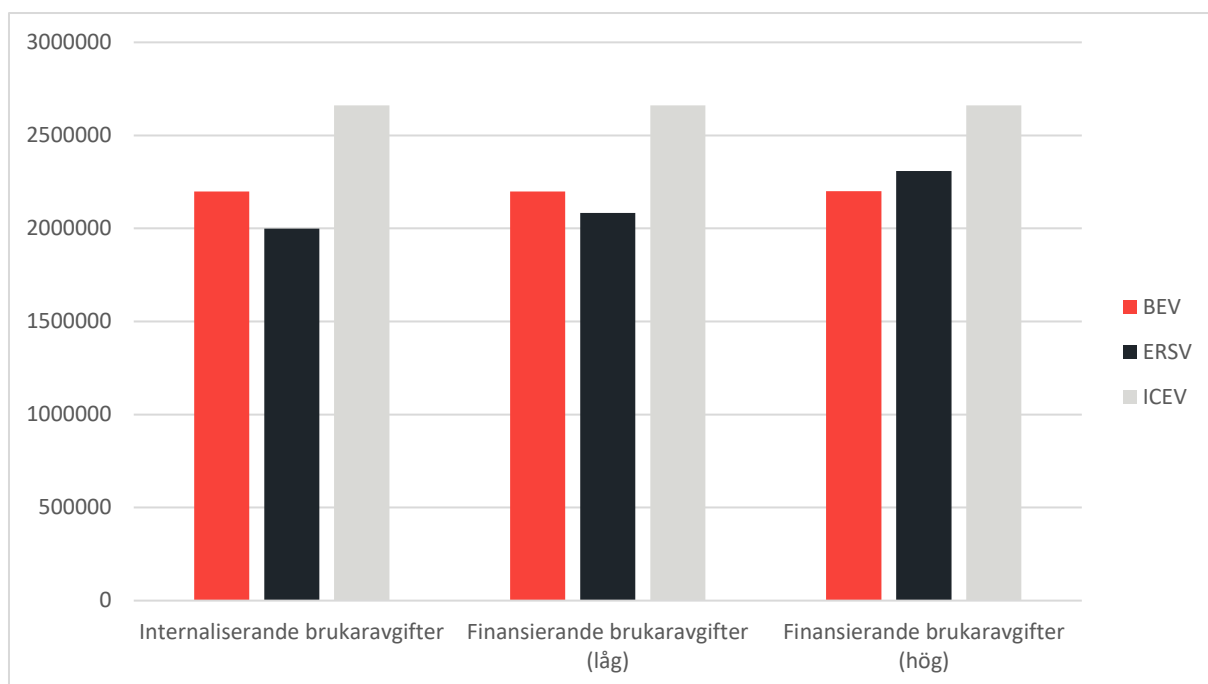
Känslighetsanalys: finansierande brukaravgift och oförändrad batterikapacitet

Tabell 10: Sammanställning av de antagna variablerna som varierar i känslighetsanalysen

Kategori	Variabel	2025	2040	Enhet
BEV	Batterikapacitet	500	500	kWh
ERSV	Batterikapacitet	300	300	kWh
ERSV	Brukaravgift	2,01 resp. 4,83	1,28 resp. 3,08	kr/fkm

Antagandet om brukaravgifter har en stor påverkan på kostnaden. I basscenariot antas den nuvarande svenska finansieringsmodellen för infrastruktur (staten finansierar investeringen och brukarna betalar för de externa marginalkostnaderna). I Europa är det vanligt med användarfinansiering, dvs att användarna betalar investeringen samt drift och underhåll.

I Trafikverkets (2021b) regeringsuppdrag om elvägar presenteras fyra scenarier för finansierande brukaravgifter som baseras på olika antaganden om investeringskostnader, underhållskostnader och nyttjandegrader. I dessa känslighetsanalyser används den högsta respektive lägsta brukaravgiften, enligt tabellen ovanför.



Figur 8: Total årlig kostnad för 2040 där nivån på brukaravgiften varierar.

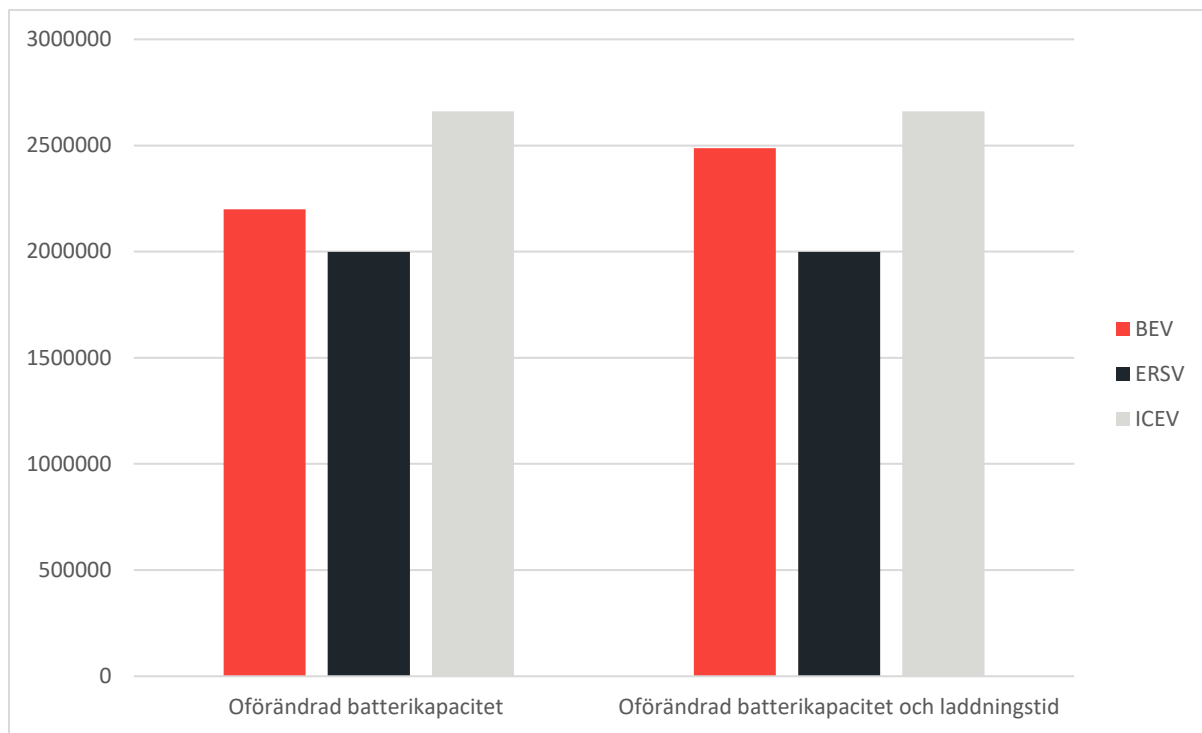
Givet att batterikapaciteten inte förbättras, innebär de internaliserande brukaravgifterna att ERSV är det billigaste alternativet, som presenterades i det tidigare scenariot. Om en finansierande avgiftsregim med höga investeringskostnader används, minskas skillnaden mellan BEV och ERSV. Om ännu högre kostnader antas, enligt en finansierande brukaravgift, blir skillnaden ännu större, till ERSVs nackdel.

Känslighetsanalys: oförändrad effekt i publik laddningsinfrastruktur och oförändrad batterikapacitet

Tabell 11: Sammanställning av de antagna variablerna som varierar i känslighetsanalysen

Kategori	Variabel	2025	2040	Enhet
BEV	Batterikapacitet	500	500	kWh
ERSV	Batterikapacitet	300	300	kWh
BEV, ERSV	Genomsnittlig effekt i offentlig laddinfrastruktur	130	130	kW

Antagandet om laddningstiden bygger i stort sett på att effekten i den publika laddinfrastrukturen ökar kraftigt under den kommande tiden. I jämförelsealternativet antas att effekten ökar från 130 kW till 600 kW år 2040. Det är dock inte säkert att denna utveckling sker, bland annat kan effektbrister i elnätet tänkas påverka utbyggnaden av snabbladdare. Därför presenteras nedan ett scenario där effekten inte antas öka från dagens 130 kW.



Figur 9: Total årlig kostnad för 2040 där scenariot för oförändrad batterikapacitet jämförts med ett scenario där även laddningstiden hålls konstant. Effekten blir att kostnaden för BEV blir ännu högre.

Resultatet av den lägre effekten i laddinfrastrukturen blir att laddningstiden inte minskar. Givet att batterikapaciteten inte förbättras fram till år 2040, leder detta till att kostnaden för rent batteridrivna lastbilar ökar. Detta eftersom de då behöver stå stilla och ladda fordonen en längre tid.

Slutsatser

En säker analys av framtida teknikers roll i transportsystemet är svår att göra på grund av många osäkerhetsfaktorer, där utvecklingen av batterier är en av de mest centrala. Fler viktiga aspekter behöver beaktas, bland annat att tillgången till batterier framöver är osäker vilket medför att elvägar har en riskdämpande effekt genom ett minskat behov av stora batteripack i fordonen. Hittills har batterikapaciteten utvecklats i snabb takt, men det återstår att se hur snabbt utvecklingen kommer att fortsätta och när den eventuellt avstannar. Framför allt är det den batterikapacitet som fordonstillverkarna anser vara kommersiellt gångbar som är av intresse (rent teoretiskt kan man alltid packa lastbilen full med batterier – men det är inte av praktiskt intresse).

Ytterligare en faktor att beakta är att laddningseffekten avgör längden på laddstoppen. För optimal batteriladdning skulle det krävas laddstationer längs hela vägen. Så långt kommer vi inte att nå, men det återstår att se hur omfattande utbyggnaden av laddstationer kommer att bli och om det kommer att finnas fungerande bokningssystem tillgängliga.

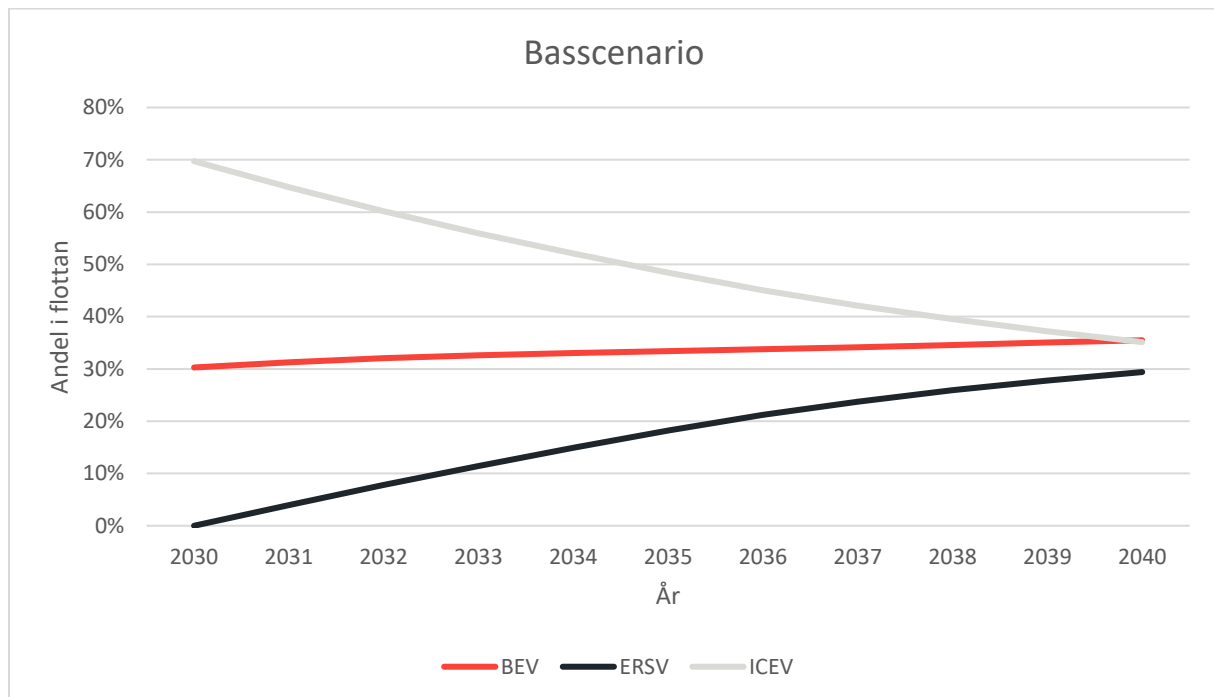
En annan viktig faktor för att bestämma den totala kostnaden är vilka avgifter som tas ut. Detta påverkas både av elpriset och prispåslaget för kommersiell laddning. I nuläget är prispåslaget högt och det är osäkert hur mycket det kan komma att minska i framtiden. I Sverige finansieras det statliga vägnätet huvudsakligen genom statsbudgeten, utöver drivmedelskostnader betalar användarna endast sina externa marginalkostnader. Om elvägar finansieras genom brukaravgifter, som är vanligt i många europeiska länder, kan kostnaden öka markant.

Nyttan av elvägar i Sverige beror delvis på vilka nätverkseffekter som möjliggörs genom kompatibla elvägar utomlands, vilket förutsätter att utländska elvägar både byggs och har en teknik som är kompatibel med den svenska. Nyttan av elvägar beror också på vilka fordonstyper som nyttjar dem. I rapporten har bland annat logistiska förutsättningar för olika typer av lastbilsekipage analyserats. Trots att debatten ofta har fokuserat på långväga godstransporter visar en svensk studie att det går att nå relativt höga nyttjandegrader även för personbilar. Detta kan vara av vikt med tanke på att personbilar utgör den övervägande majoriteten av trafiken.

I en framtid med högre eller lägre grad av förarlöst framförande av lastbilsekipagen kan hela logiken med nödvändiga vilostopp, kombinerade med stationär laddning, komma att förändras. Det skulle sannolikt medföra att nyttan av dynamisk laddning längs elvägar blir väsentligt tydligare än för förarstyrda fordon. För lastbilstransporter mellan terminaler med tillräckligt utbyggd elvägsinfrastruktur längs Europavägar, skulle fordonet skulle kunna gå non-stop och, i samband med lastning och lossning, kunna kopplas in för kortvarig stationär laddning vid terminal. En utveckling som skulle höja transporteffektiviteten väsentligt jämfört med dagens läge.

Vår kvantitativa analys med SD-modellen visar att ERS-lastbilar och BEV har liknande TCO men att ICEV ligger på en betydligt högre nivå. Eftersom det finns en heterogenitet i körsträckor, logistikupplägg med mera innebär det att ERS och BEV båda kommer att ha höga andelar av fordonsflottan. Vår skattning är att BEV, ERSV och ICEV alla har ungefär en tredjedel var av fordonsflottan 2040 (se figur nedan), men att ERSV är ökande och ICEV kraftigt minskande. I vår basanalys har vi antagit en snabb utveckling av batterikapaciteten samt en snabb minskning av förbrukningen per kilometer. Om vi inte gör dessa antaganden kommer andelen ERS att öka. Batteriutvecklingen är en avgörande faktor. Vi kan dock med hög säkerhet säga att ICEV-andelen är stadigt minskande över tid och att

BEV och ERSV båda kommer att ha en hög andel (givet att respektive infrastruktur byggs ut).



Figur 10: Andel fordon för respektive fordonstyp, för basscenariot

Vi har gjort känslighetsanalyser på de parametrar som vi bedömt vara av störst betydelse. De förändringar som gett störst utslag är kostnader för batterier och vilket avgiftssystem man väljer. Mycket övergripande kan man säga att ingen av känslighetsanalyserna ändrar den övergripande bilden att alla tre tekniker förutspås ha liknande andelar 2040 (där ICEV:s andel är kraftigt avtagande). En mer pessimistisk utveckling av batterier gör dock att andelen ERSV skulle överstiga BEV.

Frågan om elektrifiering via BEV eller ERS har varit högaktuell under ett par års tid, mycket beroende på den omställning som sker inom transportbranschen mot klimatneutralitet. Trafikverket har varit drivande och stödjande i Sverige och två större studier i Sverige refereras till i den här rapporten. Ett antal internationella studier har också gjorts, bland annat i Tyskland, Frankrike och Nederländerna. På grund av frågans komplexitet är det svårt att jämföra eller dra någon tydlig slutsats av dessa rapporter och artiklar. Det beror i första hand på att de har olika syften, grundantaganden och metoder. Exempelvis fokuserar rapporten av Börjesson et al (2021) framför allt på en kostnadsnyttoanalys baserad på tre olika storlekar av elektrifierade vägnät. De baserar dessa nät på Trafikverkets regeringsuppdrag och de däri identifierade vägnäten. Deras utgångspunkt är driftkostnader och kostnadseffektivitet. De antar även en tämligen låg kostnad för byggnation och el men är tydliga med att det finns många osäkerheter, såsom faktisk investeringskostnad, batteriutveckling och elpris. Studien av Rogstadius bygger på en egenutvecklade simuleringsmodell och fokuserar enbart på ERS och BEV med ett antagande om en minskning av batterikapacitet på 70 procent och tillgänglig statistik respektive dynamisk laddning som täcker behovet. Studien pekar på att ingen enskild typ av laddning kommer fylla behovet

De internationella rapporterna fokuserar delvis på utnyttjandegrad och kommer fram till stora spann, men med något lägre utnyttjandegrader.

Sammanfattningsvis undersöker de tre svenska studierna olika aspekter av elektrifierade vägar och deras potential att minska koldioxidutsläppen från tunga lastbilar i Sverige. Trots skillnader i metod och fokusområden pekar alla tre studierna på möjligheten att elvägar kan spela en viktig roll i att minska koldioxidutsläppen och främja en hållbar utveckling av godstransportsektorn.

Referenser

- ACEA. (2021). *ACEA Position Paper Heavy-duty vehicles: Charging and refuelling infrastructure requirements*. European Automobile Manufacturers Association.
- Ainalis, D., Thorne, C., & Cebon, D. (2020). *White Paper: Decarbonising the UK's Long-Haul Road Freight at Minimum Economic Cost, Technical Report CUED/C-SRF/TR17*.
- Andersson, M., Johansson, E., Jöhrens, J., & Mottschall, M. (2023). *Opportunities for electric road systems in road freight economics: A discussion paper from the COLLERS2 project*. COLLERS2 - Swedish German research collaboration on Electric Road Systems.
- Basma, H.; Rodríguez, F. (2023). *Analyzing the economic competitiveness of truck decarbonization pathways in Europe*. The international council on clean transportation (ICCT).
- Börjesson, M., Johansson, M., & Kågesson, P. (2021). The economics of electric roads. *Transportation Research Part C*.
- Cagliano, A. C., Carlin, A., Mangano, G., & Rafele, C. (2017). Analyzing the diffusion of eco-friendly vans for urban freight distribution. *Int. J. Logist. Manag.*, 1218–1242.
- Corinna, C. A., Antonio, C., Giulio, M., & Giovanni, Z. (2015). System dynamics modelling for electric and hybrid commercial.
- Elvägsutredningen. (2021). *Regler för statliga elvägar (SOU 2021:73)*. Stockholm: Infrastrukturdepartementet.
- Energimyndigheten. (2020, 10 15). *8 tips för ett längre batteriliv*. Retrieved from <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2020/8-tips-for-ett-langre-batteriliv/>
- Forbes. (2022, 07 13). *How Long Do Car Batteries Last?* Retrieved from <https://www.forbes.com/wheels/advice/how-long-do-car-batteries-last/>
- Förordning. (SFS (2020:750)). om statligt stöd till vissa miljöfordon. Klimat- och näringslivsdepartementet. Retrieved from https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2020750-om-statligt-stod-till-vissa_sfs-2020-750/
- Galletta, A. (2012). *Mastering the Semi-Structured Interview and Beyond: From Research Design to Analysis and Publication*. New York University Press.
- Ghisolfi, V., Tavasszy, L., Homem de Almeida Correia, G., de Lorena Diniz Chaves, G., & Mattos Ribeiro, G. (2022). Freight Transport Decarbonization: A Systematic Literature Review of System Dynamics Models. *Sustainability*, 14, 3625.
- Hagman, J. (2023, 09 15). *Laddoperatörer – framtidsutsikter (Del 2 av 2)*. Retrieved from omEV: <https://omev.se/2023/09/15/laddoperatorer-framtidsutsikter-del-2-av-2/>

- Holmgren, K., Takman, J., Vierth, I., Heyne, S., Ekström, M., Fröberg, M., . . . Petrén, O. (2021). *KNOGA. Fossilfri framdrift för tunga långväga transporter på väg: Kostnadsfördelning och risker för olika aktörer*. Rapport nr FDOS 12:2021.
- IKEM. (2022). *European launch vision for Electric Road Systems. Policy paper*.
- ITF. (2022). *Decarbonising Europe's Trucks: How to Minimise Cost Uncertainty*. International Transport Forum Policy Papers, No. 107, OECD Publishing, Paris.
- Jöhrens, J., Allekotte, M., Heining, F., Helms, H., Räder, D., Köllermeier, N., & Waßmuth, V. (2022). *Vergleichende Analyse der Potentiale von Antriebstechnologien für Lkw im Zeithorizont 2030*.
- Jöhrens, J., Rucker, J., Kräck, J., Allekotte, M., Helms, H., Biemann, K., & Schillinger, M. (2020). *Roadmap OH-Lkw: Einführungsszenarien 2020-2030-Optimierung des Infrastrukturaufbaus für O-Lkw und Analyse von Kosten*.
- Kallio, H., Pietlä, A.-M., Johnson, M., & Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing*, 2954 - 2965.
- Larsson, M.-O. (2023, 12 22). *Jämförelse av totalkostnad för olika kombinationer av lastbilar och bränslen till 2040*. Retrieved from <https://omev.se/2023/12/22/jamforelse-av-totalkostnad-for-olika-kombinationer-av-lastbilar-och-branslen-till-2040/>
- Lumsden, K., Stefansson, G., & Woxenius, J. (2019). *Logistikens grunder*. Lund: Studentlitteratur.
- Pélata, P., & Gavaud, O. (2021). *Groupe de travail n°1 –Système de route électrique: Décarboner le transport routier de marchandise par l'ERS, enjeux et stratégie* [swed. "Arbetsgrupp1 - Elektriskt vägsystem: Dekarbonisera väggodstransporter genom ERS, utmaningar och strategier"].
- Qvist Consulting. (2023). *Kraftsamling elförsörjning: Scenario analysis 2050*. Svenskt Näringsliv.
- Regeringskansliet. (2009). *Mål för framtidens resor och transporter*. Näringsdepartementet: Prop 2008/09:93.
- Rogstadius, J. (2022). *Interaktionseffekter mellan batterielektriska lastbilar, elvägar och statisk laddinfrastruktur: Resultat från högupplöst simulering av godstransporter på det svenska vägnätet under perioden 2020–2050*. RISE.
- Scania. (2022, 7 7). *Megawatt charging in sight*. Retrieved from <https://www.scania.com/group/en/home/newsroom/news/2022/megawatt-charging-in-sight.html>
- Scania. (2023, 12 15). *Batteridrivna lastbilar med regional kapacitet*. Retrieved from <https://www.scania.com/se/sv/home/products/trucks/battery-electric-truck.html>
- Shafiei, E., Davidsdottir, B., Leaver, J., Stefansson, H., & Asgeirsson, E. (2014). Potential impact of transition to a low carbon transport system in Iceland. *Energy Policy*, 127–142.

- Shoman, W., Karlsson, S., & Yeh, S. (2022). Benefits of an Electric Road System for Battery Electric Vehicles. *World Electr. Veh. J*, 13(197). doi:<https://doi.org/10.3390/wevj13110197>
- Södra. (2023, 12 20). *Våra insatser för ett fossilfritt Södra inom logistiken*. Retrieved from <https://www.sodra.com/sv/se/hallbarhet/klimatpositiv-verksamhet/ett-fossilfritt-sodra/fossilfritt-sodra---transporter/>
- Speth, D., Sauter, V., & Plötz, P. (2022). Where to Charge Electric Trucks in Europe - Modelling a Charging Infrastructure Network. *World Electric Vehicle Journal* 13.9.
- Thaller, C., Clausen, U., & Kampmann, R. (2016). System Dynamics Based, Microscopic Freight Transport Simulation for Urban Areas. *Springer International Publishing*, 55-72.
- Thaller, C., Dahmen, B., Liedtke, G., & Friedrich, H. (2016). Freight Transport Demand Modelling Typology for Characterizing Freight Transport. *Springer International Publishing*, 39-54.
- Trafikanalys. (2022). *Transporternas energi- och klimateffektivitet*. Rapport 2022:1.
- Trafikanalys. (2023, 12 15). *Lastbilstrafik*. Retrieved from <https://www.trafa.se/vagtrafik/lastbilstrafik/>
- Trafikverket. (2021a). *Elektrifiering av tunga transporter: affärsmodeller fas 5*. Trafikverket.
- Trafikverket. (2021b). *Regeringsuppdrag - Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar*. Trafikverket.
- Trafikverket. (2021c). *Behov av laddinfrastruktur för snabbladdning av tunga fordon längs större vägar*. Trafikverket 2021:012.
- Van Ommeren, K., Haanen, P., Lelieveld, M., Aldenkamp, M., van der Woude, T., van Sloten, R., & Quee, J. &. (2022). *Cost-effectiveness analysis of Electric Road Systems (ERS) for the Netherlands*.
- Volvo Lastvagnar. (2023, 12 08). *Vanliga frågor och svar om eldrivna lastbilar*. Retrieved from <https://www.volvotrucks.se/sv-se/trucks/trucks/alternative-fuels/electric-trucks/faq.html>
- Volvo Lastvagnar. (2023, 06 29). *Volvo introducerar eldrivna lastbilar med ännu längre räckvidd*. Retrieved from <https://www.volvotrucks.se/sv-se/news/press-releases/2023/jun/volvo-presents-electric-trucks-with-longer-range.html>
- VTI. (2023). *Nyttjandegrad elväg: omvärldsanalys och faktorer som påverkar nyttjandegraden av elvägar*. VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- WSP. (2022). *COLLERS 2: PM FROM WSP TO THE SWEDISH TRANSPORT ADMINISTRATION*.

Bilaga 1: Intervjuer

FORDONSTILLVERKARE

En grupp i intervjustudien bestod av lastbilstillverkare, närmare bestämt Scania och Volvo. Dessa lastbilstillverkare är stora aktörer på marknaden och innehar stora marknadsandelar. Data från Mobility Sweden visar att lite drygt 90% av alla nyregistrerade lastbilar i Sverige (>16 ton) var tillverkade av Scania eller Volvo år 2023, med 44% marknadsandel vardera⁸. I samband med intervjuerna har vi lyckats identifiera både likheter och olikheter i hur man ser på nuläge, framtiden och tekniska aspekter kopplat till batterielektriska fordon och elvägar.

Likheter

Vad gäller likheter så verkar både Scania och Volvo vara engagerade i klimatomställningen och att reducera koldioxidutsläpp genom elektrifiering av sina respektive fordonsflottor. I dagsläget är dock andelen elektriska lastbilar relativt liten i jämförelse med diesellastbilar för båda företagen. I Scantias fall utgör ellastbilar endast en procent av den totala lastbilsförsäljningen medan den utgör cirka två procent för Volvo. Både företagen har dock som mål att markant öka andelen nollemissionsfordon fram till 2030. Scania har som mål att 50% av alla sålda lastbilar ska vara ellastbilar medan Volvo istället har som mål att cirka 70% av alla sålda lastbilar ska vara nollemissionslastbilar, det vill säga antingen batterielektriska eller bränslecellsfordon.

Både Scania och Volvo anser också att totalkostnaden för ellastbilar är avsevärt mycket dyrare i jämförelse med andra drivmedelsalternativ. Särskilt dyrt verkar batterisystemet vara samt avsaknaden av en tydlig andrahandsmarknad. Företagen anser inte att ellastbilar är i TCO-paritet med andra drivmedel men att statliga subventioner (klimatpremier) är en viktig del i TCO-kalkylen. Det utgör osäkerheter för kunder som är mindre benägna att skriva längre leasingkontrakt eller göra avskrivningar på mer än 3–4 år. För att underlätta för kunderna och reducera osäkerheten erbjuder Scania ett garanterat restvärde på sina ellastbilar, det vill säga att Scania köper tillbaka lastbilarna från kunderna och blir den första andrahandskunden för fordonet. Storleken på restvärdet beror dock på en rad olika variabler.

Olikheter

Det framgår tydligt från intervjuerna att Volvo ställer sig skeptiska till en framtida utrullning av elvägar i Sverige. Volvo har istället siktat inställt på att fortsätta utveckla sina batterielektriska lastbilar som idag är nära att kunna köra 4,5 timma på 80 km/h. Volvo argumenterar även att 85% av alla lastbilar kör mindre än 50% av sin årliga körsträcka på de stora vägnäten i Sverige, vilket enligt Volvo indikerar att nyttjandegraden kommer bli för låg på en framtida elväg. Istället bör fokus ligga på att bygga ut den stationära laddinfrastrukturen på strategiska platser runt om i landet. Även där har Volvo genomfört studier och säger sig ha dataunderlag till nätägare för strategiska platser där effekt från elnätet kan komma att behövas.

Scania är något försiktigare med att ställa sig emot elvägar även ifall man i intervjun indikerar att man idag inte planerar för att bygga elvägsspecifika fordon. Scania ser dock ingen större skillnad på om man ska använda stationära megachargers eller elvägar men betonar vikten av att det måste finnas en standardiserad teknik. Scania ser dock effektuttaget som en utmaning, en önskad effekt från dynamisk laddning på väg är cirka

⁸ (Mobility Sweden, 2023)

100 kWh kontinuerligt i 80km/h. Scania nämner även att elvägar kan bidra till minskade batteristorlek på mellan 30 – 50% vilket i sin tur ger möjlighet till ökad lastkapacitet men batteristorleken inte kommer gå mot noll som ett resultat av implementerade elvägar.

Tabell 12. Sammanställning av svar från fordonstillverkare

	Scania	Volvo
Andel ellastbilar	1%	2%
Andel ellastbilar i framtiden	Försäljning ska vara 50% ellastbilar vid 2030 (ca 50 000 st)	70% av försäljning ska vara nollemissionsfordon 2030, batterielektriska eller bränslecell.
Restvärde	Garanterat restvärde	Implicit i leasingkostnad, ej garanterat
Dyrast komponent	Batterisystem	/
Inköpskostnad	Inte TCO-neutralt 30% investering, underhåll, värdeminskning 30% förarens kostnad 30% bränsle	Inte TCO-neutralt 20% av kostnad är täckt av klimatpremier
Övergång till eldrift	6 år (2030)	/
Vill kunder betala mer?	Nej	Nej
Motstånd	Kostnad, räckvidd, laddinfra	Kostnad
Förväntningar på elvägar	Förväntar sig inte att ladda på vägar Elväg eller megachargers utgör inte stor skillnad dock men man kommer inte bygga elvägsspecifika lastbilar. Måste finnas standardiserad teknik	Dött Enligt egna studier kör allt för få lastbilar på de sträckor där det planeras elvägar i Sverige. Det kommer bli för liten nyttjandegrad. Deras batterielektriska fordon är inte långt ifrån att kunna köra i 4,5 h i 80km/h.

Lastkapacitet	30–50% mindre batteri med ERS-system utbyggt Batteristorlek går inte till noll pga ERS.	/
Effektuttag vid start	Behövs batterikapacitet som kan leverera 400 kW för start	/
Effektuttag vid start (60t)	400 kW	/
Effektuttag vid start (24t)	150 – 200 kW	/
Räckvidd (40t)	1,5 kWh per km 15 kWh per mil 1,0 kWh per km (2040)	/
Teknikval	Teknikagnostiska	Elvägar är inte intressant
Effekt vid dynamisk laddning	100 kW kontinuerligt vid 80km/h.	/
Räckvidd vid extremiteter	Räckvidd sjunker med ca 30% på vintern	

SPEDITÖRER

Den andra gruppen som intervjuades var speditörer, i detta fall aktörerna DHL och Schenker. Sammantaget berättar aktörerna i intervjuerna att valet av drivmedel till största del är ett resultat av totalkostnads kalkylerna. Även frågetecken kring effekt, tillgänglighet och laddinfrastruktur har tagits upp som hinder för en övergång till eldrivna fordon.

Likheter

Både DHL och Schenker äger sina egna fordon samtidigt som man har upphandlat med privata åkerier. Dessutom körs idag mellan 37 – 48 procent fossilfritt där man har mellan 40 – 50 fullelektriska fordon i sina flottor. Båda aktörerna anger även att man har ambition att fortsätta elektrifiera sina flottor men att man främst siktar på fossilfria transporter.

Olikheter

Vad gäller erfarenheter kring elvägar har DHL redan genomfört tester med en skena vid Malmö terminal men trycker på att ett beslut kring elvägsteknik måste komma från staten. Schenker uppger inte några erfarenheter med elvägstekniker men att det potentiellt skulle kunna utgöra ett alternativ för deras elektriska transporter i framtiden.

	DHL	Schenker
Äger ni egna fordon?	100 egna fordon, mesta är upphandlat med privata åkerier.	Cirka 700 fordon 240 fjärr (64 ton) 360 distribution 130 paketbilar
Andel el, diesel, vätgas?	48% av tonkm är fossilfritt. 50-tal fullelektriska fordon.	37% biodiesel 40-tal el (=6%), mest paketbilar
Regelbundna körmönster?	500 rörelser per natt (+/- 15 min)	180 – 190 ekipage per dag
Mellan vilka platser?	Mellan 25 största städerna och kör på motorvägarna mellan 22 – 00.	Mellan Göteborg, Jönköping, Linköping och Stockholm
Hur tunga lastbilar?	40-tonnare	
Mål för framtiden	Fossilfria 2050	
Drivkrafter	Elektrifiera där det är möjligt så fort det går. Jobbar för fullt med att elektrifiera lokala transporter.	
Efterfrågar kunder klimatneutrala transporter?	Ja	
Motstånd mot eldrift?	TCO-kalkyl för tunga transporter är dyrare Osäkerhet kring effekt för laddning Kommer det vara ledigt för laddning vid publika laddare Måste finnas DC-laddare på destinationsplatser som kan ladda 350kW på 1 – 1,5 h.	Effekt, laddinfrastruktur, elnät, omställningstid att gå från diesel till el, moderbolaget Schenker äger terminaler, TCO

MW-chargers eller elväg?	Svårt att säga. Nätägare måste kunna leverera den effekt som behövs.	
Har ni funderat på elvägar?	Staten måste besluta om teknik. Vi har testat skena i Malmö terminal, hade detta funnits hade vi kunnat spara laddningstid på 1 – 1,5 h.	Ja men inget konkret uppdrag. Kan göra det mer flexibelt och minskar risk för överdimensionerade batterier
Vilka stråk bör ha elväg?	Göteborg - Borås pga stora flöden med dragbilar och trailers. Göteborgs hamn även intressant.	E6, E4, E20, E4 Norrland Där fjärtrafiken går.

VARUÄGARE

En tredje och sista grupp som intervjuades var varuägare, i detta fall Arla, ICA och IKEA. Från intervjuerna framkommer det att samtliga aktörer har visioner om att elektrifiera sina transporter, dock i varierande utsträckning med olika tidslinjer. Ingen aktör ställer sig emot en implementering av elvägar, det viktiga är att man kan ha nytta av att ladda sina fordon när man behöver det. Aktörerna verkar vara indifferent till om det ska vara en stationär eller dynamisk lösning i slutändan.

Likheter

Samtliga aktörer har en majoritet av sina distributionscentraler i de södra delarna av Sverige. Framförallt nämns orter som Jönköping, Linköping, Stockholm och Helsingborg. Aktörerna har idag en liten andel av sina transporter elektrifierade där de största utmaningarna utgör laddinfrastrukturen, laddkapacitet och kostnaden för ellastbilar jämfört med andra drivmedel. Specifikt verkar kostnaden vara en avgörande faktor för aktörerna när det kommer till att elektrifiera en större andel.

Olikheter

IKEA är den enda aktören som inte äger ett enda fordon medan Arla äger cirka 50% och där ICA har en majoritet av sina transporter upphandlade. Det innebär att man inte har full kontroll över sina transporter och vilka drivmedel som används men man har direktiv och mål om fossilfria transporter. När det kommer till att betala mer för elektrifierade transporter verkar aktörerna ha olika inställning – Arla har en positiv bild av att man kan få generösa subventioner från stat och garanterat restvärde från tillverkarna men ger ingen tydlig bild över sin betalningsvilja. ICA ställer sig lite skeptiska i dagsläget då matpriserna har ökat markant och där en dyrare transport hade lett till ökade påslag på matvaror – vilket inte är positivt givet dagens ekonomiska situation. IKEA däremot betalar redan idag mer för bättre lösningar men betonar vikten av att en ellastbil måste kunna rulla oftare.

	Arla	ICA	IKEA
Var finns distributionscentralerna?	Linköping, Jönköping, Kalhäll, Sundsvall, Götene	Kungälv, Västerås, Kalhäll, Viby, Helsingborg, Linköping, Växjö, Sundsvall, Östersund och Umeå.	Jönköping, X och Arlanda Stad.
Har ni fasta och regelbundna körmönster?	Ja. Mycket i slingor mellan Jönköping – Linköping och via andra orter.	/	Nej.
Anlitar ni speditörer eller har ni egna fordon?	Det är cirka 50/50.	Största delen transportörer men vi har eget åkeri i Västerås och Linköping	100% upphandlat.
Andel elektrifierad lastbilspark	Idag: (4/150) = 2,5% 2024: (11/162) = 7%	Idag: (5/450) = 1% 1 tungt fordon elektrifierat som kör distribution i Helsingborg	Göteborg – Torsvik är den enda elektrifierade sträckan vi har.
Mål för framtiden	Fossilfria 2025	Fossilfri i städer 2025 Fossilfria transporter 2030 Nettonollverksamhet 2040	Globala mål om X procent transporter med nollutsläpp vid 2040.
Utmaningar med att elektrifiera en större andel	Laddinfrastruktur och laddkapacitet	Infrastruktur och el Laddning vid lastning/lossning Effekt ute på elvägarna Laddkapacitet	Infrastruktur och laddkapacitet Schemaläggning Kostnad Samarbete mellan INTER och INKA (olika företag)
Största drivkraften till att elektrifiera transporter?	Egna visioner om nollutsläpp Kostnadsfråga	När det finns infrastruktur, laddkapacitet och vi kan planera det i våra optimeringsprogram. Det får dock inte vara dyrare än andra drivmedel.	Egna visioner Kunder

Är ni villiga att betala mer för en ellastbil?	Priset är högre men man får generösa bidrag från Energimyndigheten samt garanterat restvärde. (<i>Dock oklart om man är villiga att betala mer</i>)	Kanske inte i dagsläget då priser på maten i sig ökat markant – blir då ytterligare påslag. För två år sedan – troligtvis ja.	Ja – idag betalar vi mer för en bättre lösning men isf måste en elbil rulla oftare.
Har ni funderat på elvägar?	Om det finns elvägar och det underlättar för oss kommer vi använda det. En utmaning är dock temperaturer och som ett resultat minskad räckvidd.	Vår inställning är att teknik inte spelar någon roll så länge man kan ladda när man behöver det. Om det är stationärt eller dynamiskt spelar ingen roll. Vi ser potential men det får inte vara dyrare än att ladda stationärt.	Ja vi har idag bilar som kan behöva laddning under dagen och där kan elvägar vara en bra lösning.
Vilka sträckor/stråk skulle vara intressanta elvägsstråk för er?	E4, E20, E18. E4 mot Norrland	Triangeln Helsingborg – Kungälv – Västerås. E6, E4, RV44. Vi kör ca 50-tal lastbilar mellan HBG – GBG varje dag.	Karlshamn – Älmhult Runt Torsvik
Har ni samarbeten med andra aktörer?	/	Samtransporter med ICA, Coop och Systembolaget i ex Småland.	/
Hur packar ni era bilar?	/	Uteslutande pall i distribution. Mellan enheter är det oftast packat gods (ca 90% rullcontainrar)	/
Vilka områden har ni tittat på?			Hamnar Älmhult – Malmö/HBG Älmhult – Stockholm

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880

wsp.com

