

Nationell färdplan för elvägar

2017-11-29



Trafikverket

Postadress: Röda Vägen 1, 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Nationell färdplan för elvägar

Författare: Jan Pettersson, Magnus Lindgren, Anders Berndtsson, Veronica Viklund, Mats Andersson, Åke Öhrnberg, Ulf Söderberg, Dan Eriksson, Stefan Grudemo, Björn Hasselgren, Lotta Andersson, Anders Bülund, Anne-Karin Grönvold Andersson

Dokumentdatum: 2017-11-29

Version: 1.0

Kontaktperson: Jan Pettersson

Innehållsförteckning

Nationell färdplan för elvägar i korthet	4
Sammanfattning.....	6
Finansiering	6
Elvägstekniker	7
Planering och nyttiggörande	8
Standarder och regelverk	8
Kraftförsörjning	9
Begreppsförklaringar	10
Syfte.....	11
Problembeskrivning.....	11
Bakgrund	12
Marknadsaktörer och finansiering	14
Marknadsaktörer	14
Finansiering	17
Upphandling och koncessionsgivning m.m.	20
Aktiviteter.....	20
Teknikutvecklingen.....	21
Tekniker för dynamisk överföring	21
Kompletterande och konkurrerande tekniker	22
Slutsatser	27
Planering och nyttiggörande	28
Nyttor och effekter av elvägar	28
Landskap, natur och kulturmiljöer	30
Påverkan på säkerheten	32
Elvägssträckor.....	35
Aktiviteter.....	36
Standard och regelverk	37
Markåtkomst.....	37
Nätkoncession	38
Distribution av el	39
Standarder.....	40
Aktiviteter.....	41
Elnätets utbyggnad.....	41
Aktiviteter.....	44
Bilaga 1	45

Nationell färdplan för elvägar i korthet

Den nationella färdplanen för utveckling av elvägar för perioden 2018-2022 bygger på övervägande i denna rapport och anges i korthet nedan.

1. Marknad och finansiering

För att främja och skapa förutsättningar för en breddad marknad behöver frågor kring aktörsnätverkens sammansättning, lämpliga affärsmodeller och finansieringsstrategier samt anskaffningsformer belysas ingående. Parallellt med övriga aktiviteter i elvägsprogrammet inleds ett arbete med siktet inställt på att leverera en slutrapport till halvårsskiftet 2018. Extern expertkompetens behövs i det arbetet.

Utifrån tre olika scenarier redovisas hur en färdplan för elvägar skulle kunna utformas när det gäller aktörsnätverk och affärsmodeller/finansiering. Scenarierna föreslås baseras på:

- en statlig modell
- en regional/lokal modell
- en modell med omfattande privat engagemang.

Frågan om lämplig balans mellan fortsatta forsknings- och demonstrationsanläggningar och mer konkret implementering av teknik för elvägar och främjande insatser för marknadsbreddning behöver löpande bedömas och kan då hanteras inom ramen för elvägsprogrammet i Trafikverket.

2. Främja, bidra och skapa förutsättningar för en breddad marknad och ökad konkurrens mellan överföringssystemen genom att lyfta fler system till TRL-nivå 5-6.

Det uppnås genom att stötta utvecklingen av nya elvägstekniker och att säkerställa att systemen är tekniskt samt säkerhetsmässigt verifierade och demonstrerade i autentisk miljö. Siemens system i Sandviken kommer att vara Technology Rediness Level (TRL) 6 när tekniken är demonstrerad i sin helhet. Även Elways teknik testas nu på allmän väg utanför Arlanda. Affärsmodell, betalssystem, tjänster etc. ingår dock inte i demonstrationerna. Även efter att elvägsteknikerna demonstrerats i autentisk miljö kan ytterligare stöd för utveckling behövas. Antalet leverantörer och konkurrensen inom respektive elvägsteknik behöver öka över tid.

Trafikverket önskar att genomföra ytterligare en till två demonstratorer för att kunna lyfta nya elvägsteknologier till TRL 6. Flera olika kandidater finns:

- Volvo AB och Alstom utvecklar en avtagare som kan vara klar för demonstration inom de närmaste åren. Alstom utvecklar parallellt en markbaserad konduktiv elvägsteknik baserad på deras kommersiella elvägssystem för spårvagnar.
- Elonroad AB utvecklar en konduktiv teknik och har byggt en 200 m lång testbana på avskild plats i södra Sverige. Enligt plan kan den flyttas ut till allmän väg inom de närmaste åren.
- Bombardier har en induktiv teknik. Tekniken är inte färdigutvecklad men om företaget prioriterar utvecklingen bör den kunna demonstreras inom de närmaste åren.

3. Förbered och genomför en stor elvägpilot.

Syftet med en elvägpilot är att lyfta tekniken till TRL 7. Det omfattar inte bara att tekniken verifieras och demonstreras utan att hela elvägssystemet med kringtjänster, betal- och accessystem med mera demonstreras. Bedömningen är att det kan göras i ett första steg genom att projektera elväg på ett antal alternativa sträckor. Sträckorna bör vara minst 20-30 km långa och tungt trafikerade. Flera olika presumtiva sträckor är identifierade men ytterligare inventering är nödvändig.

4. Skapa långsiktig plan för uppförande och utbyggnad av elvägar

Efter analys av ägande, finansiering, möjliga vägsträckor, tekniska lösningar etc. uppförs en långsiktig plan för etablering av elvägar.

De offentliga kostnaderna för de närmaste åren bedöms uppgå till 150 Mkr, exklusive eventuella kostnader för att bygga och genomföra elvägpilot under denna period. För att lyfta ytterligare två elvägssystem till TRL 5-6 behövs sannolikt lika mycket offentliga medel som i den förkommersiella upphandlingen. I det exemplet utgjordes ca 70 % av offentliga medel. Den totala kostnaden var ca 125 Mkr varav Trafikverket stod för 95 Mkr. Projektering av tre till fem elvägssträckor bedöms uppgå till ca 25 Mkr.

Breddning av leverantörsmarknaden är svårbedömd men i dagsläget antas den kunna stimuleras inom de olika elvägsprojekt som sker i globalt. Utveckling av finansiella system kan ske inom ordinarie Fol budget.

Sammanfattning

Planering, nyttiggörande och den transportpolitiska målbilden

Lastbilstrafiken står för nära 89 % av den inrikes transporterade godsmängden medan personbilar står för drygt 90 % av trafikarbetet. Den tunga vägburna godstrafiken står för ca 25 % av vägtransportsystemets energianvändning och i stort sett motsvarande utsläpp av koldioxid. Riksdagen har fattat ett beslut om en klimatlag som bland annat innebär att utsläppen av koldioxid från transportsektorn ska reduceras med minst 70 % till 2030 för att 2045 nå nollnivå.

Den bärande idén med elvägar är att minska den tunga trafikens beroende av fossila bränslen, minska utsläppen av koldioxid och samtidigt säkerställa god transportförsörjning för näringslivet i ett framtida fossilfritt samhälle. En sådan god transportförsörjning ska då inte heller medföra försämringar inom områdena kultur- och naturmiljö samt säkerhet.

Teknikerna för avfossilisering av den tunga lastbilstrafiken är under utveckling, men ännu begränsade. Fram till 2030 bedömer marknadsaktörerna att diesel med inblandade biobränslen som hydrogenated vegetable oils (HVO) och fettsyrametylestrar (Fame) kommer att vara den dominerande tekniken för att avfossilisera den tunga lastbilstrafiken. På längre sikt kan elektrifierade drivlinor ersätta förbränningsmotorerna.

En översiktlig och preliminär analys har genomförts rörande de transportpolitiska vinsterna. Den visar att den största fördelen ligger på minskade koldioxidutsläpp. För tre sträckor med olika längd och olika trafikintensitet har utsläpp av koldioxid och kväveoxider kalkylerats vid olika penetration av elvägstekniken. Som jämförelse har även effekten av personbilars användning av elvägsteknik kalkylerats för sträckorna.

Även utsläppen av kväveoxider minskar. Kväveoxider är främst ett lokalt luftkvalitets- och hälsoproblem och analyser av dessa utsläpp blir mer meningsfulla när vi vet var elvägar kommer att nyttiggöras. Emissioner av buller bedöms inte påverkas då det främst är bilarnas hastighet som avgör bullernivåer längs landsvägarna.

Olika elvägstekniker kommer ha olika påverkan på natur- och kulturmiljöer samt säkerhet. Teknik med hängande trådar har en påtaglig visuell påverkan på landskapet. Nuvarande utformning är en prototyp och det finns utrymme för förbättringar av designen.

Någon påtaglig påverkan på trafiksäkerheten kan inte konstateras, vare sig i riskanalyser eller i praktiken (grundat på drygt ett års test i Sandviken). Trafiksäkerhetsmässigt är det främst olikheter i friktion mellan elskenan och omgivande beläggning som kan orsaka risk för halka. Elvägar som bygger på skenor i marken bedöms inte påverka landskap eller natur- och kulturmiljö. För teknik med strömförande skenor i marken är riskerna främst kopplade till elsäkerhet. Elsäkerheten säkerställs i första hand genom att tillämpa standarder från järnvägs- och spårvägsområdena. I de fall inga jämförbara standarder har kunnat tillämpas i riskbedömningar, så måste varje system och dess komponenter säkras genom tester och en dokumenterad riskanalys som säkerställer att tillräcklig säkerhet uppnås.

Finansiering

En väsentlig del i planeringen för ett införande av elvägar är att ta fram modeller för hur de anläggningar som krävs ska ägas, finansieras och betalas. Väginfrastrukturen finansieras och ägs till största delen av staten medan drivmedel och el för laddning av elbilar tillhandahålls på

marknadsmässiga villkor. Elvägar är ett system som involverar dessa områden och där det inte är givet om det är staten eller marknaden som ska vara ägare.

Detta öppnar upp för olika finansieringsmodeller, t.ex. utbyggnad av elvägsteknologi på vägnätet i offentlig och privat samverkan (OPS) med staten som beställare och med projektfinansiering från privata aktörer. Staten kan sedan ersätta OPS-motparten med tillgänglighetsbaserade avgifter eller överlåta trafikrisken till OPS-motparten t.ex. genom en koncession.

Finansierings och ägarmodeller kan även variera baserat på vilka aktörer och elvägsteknologier som kommer att vara involverade. Val av finansieringsmodell beror också av i vilken utsträckning man väljer att elektrifiera vägnätet samt om man riktar in sig på enbart tung trafik eller även på personbilar. En affärslogik och affärsmodell som passar för en teknologi behöver inte passa för en annan affärsmodell. Hur avgifter och skatter, både på drivmedel och elektricitet, utvecklas kommer att ha en mycket stor inverkan på affärsmodellerna.

Eftersom det under den kommande planperioden sannolikt är frågan om att i första hand genomföra ytterligare demonstratorer och pilotprojekt, och eftersom elvägsteknologierna alltjämt befinner sig i en utvecklingsfas, kan det bli aktuellt att använda sig av anskaffningsförfaranden där något slags samarbete mellan staten som väghållare och aktörer i privat sektor utgör grunden.

Sverige har idag genom ett aktivt forsknings- och utvecklingsarbete erhållit ett momentum när det gäller utveckling av ERS i jämförelse med omvärld. Vikten av fortsatt forskning, utveckling och demonstration är av största vikt och om det visar sig att det finns teknologier som är lämpliga att genomföras kommersiellt redan innan nästa planperiod, så kommer Trafikverket att arbeta för att stödja ett tidigare genomförande och därigenom bidra till snabbare utveckling av den svenska elvägsmarknaden.

Elvägstekniker

Det finns idag tre huvudspår när det gäller tekniken för kontinuerlig fordonsnära överföring av el från infrastrukturen till de elektriska vägfordonen:

- konduktiv överföring via luftledning
- konduktiv överföring via spår eller ledare i vägen
- induktiv överföring via elektromagnetiska fält från vägkroppen

Alla tre typerna är testade i någon form. Tekniken via luftledningar har kommit längst. Luftledningar passar inte för personbilar, då avståndet mellan bilens tak och ledningarna blir allt för stort. Siemens har byggt en 2 km lång sträcka på E16 utanför Sandviken som trafikerats med en lastbil från Scania sedan juni 2016. En motsvarande sträcka uppfördes under 2017 till Los Angeles hamn med bland annat lastbilar från Mack. Tre projekt om vardera ca 5 km är planerade i Tyskland varav en sträcka är avtalad att byggas i Hessen under 2018.

Konduktiv överföring via spår i vägbanan har inte kommit lika långt i utvecklingen. Rosersbergs Utveckling AB demonstrerar Elways ABs teknik på en 2 km stäcka på väg 893 utanför Arlanda. ElonRoad AB har byggt en testanläggning på några hundra meter utanför Lund och planerar för tester

i Mariestad med start 2017¹. Alstom har utvecklat sin spårvagnsteknik och testat den tillsammans med Volvo ABs strömavtagare på en 300 m lång sträcka på testbanan i Hällered.

Induktiv teknik har testats av Bombardier på avlyst bana i Tyskland. I Korea har KAIST University demonstrerat en teknik för stadsbussar på en slinga i staden Gumi. I USA samarbetar fem universitet inom SELECT-projektet kring den induktiva tekniken. Enligt plan ska en demonstration genomföras med en 5-axlig semitrailer under vintern 2017/18 med mål att nå en Technology Rediness Level (TRL) 6-nivå.

Planering och nyttiggörande

Elvägar bedöms kunna bidra till både de långsiktiga klimatmålen och transportpolitiska målen. Det är främst inom hänsynsmålet, och preciseringen begränsad klimatpåverkan som elvägar bidrar till genom att möjliggöra för transporterna att bli oberoende av fossil råolja. Det kan även finnas positiva bidrag till det övergripande generationsmålet genom att elfordon inte genererar några avgasutsläpp. På längre sikt kan elvägar även bidra till funktionsmålet genom att säkerställa att transportsystemet har god tillgång till långsiktigt hållbar energi. Beroende på hur kostnader och styrmedel utvecklas kan elvägar även bidra till en ökad konkurrenskraft för näringslivet, både genom att nya system och lösningar utvecklas i Sverige och ger lägre kostnader för transporter. Initiala bedömningar visar att utsläppen av koldioxid från lastbilar kan minska med mer än 200 000 ton för en relativt högt trafikerad sträcka på 250-300 km om 70 % av lastbilarna använder elvägen. Detta trafikflöde motsvarar i stort trafikflödet av tunga fordon på sträckan Stockholm-Malmö-Göteborg, en sträcka av 1 365 km. Om även personbilar använder elvägen kan nyttorna öka.

Vilka vägar som är lämpliga att elektrifiera och vilka trafikantgruppen som ska trafikera elvägen behöver analyseras ytterligare. Sannolikt kommer de första elvägsträckorna att vara kopplade till områden med ett stabilt transportbehov över tid, gärna med inslag av skytteltrafik. Arbetet måste ske i samarbete med regionala aktörer och tänkta användare och leverantörer av elvägssystemet.

Olika elvägstekniker kommer att behöva olika anpassning till landskap, natur och kulturmiljöer. Markbaserade tekniker bedöms ha en mindre påverkan medan tekniker med luftledning har en tydligare påverkan på stads- och landskapsbilden, både utifrån ett trafikantperspektiv och för boende samt friluftsliv.

Trafikverket eller den aktör som ansvarar för uppförande och drift av infrastruktur ska leva upp till de lagkrav som uttrycks i bl. a. Miljöbalken och Kulturmiljölagen vid anpassning av infrastrukturen. I Väglagen och Lagen om byggande av järnväg anges också ett allmänt krav på "att en estetisk utformning ska eftersträvas" och att "hänsyn tas till stads- och landskapsbilden och till natur- och kulturvärden". Detta gäller även vid utformning, uppförande och drift av infrastruktur för elvägar.

Standarder och regelverk

En omställning mot ett mer transporteffektivt samhälle i vilket elvägar på sikt förutsätts bli en del i det statliga vägnätet i Sverige, är beroende av ett sammanhängande rättsligt ramverk. Det innebär ett ramverk som understödjer parallella utvecklingslinjer som automation, delningsekonomi,

¹ <https://mariestad.se/Mariestads-kommun/Foretag--Naringsliv/Test-och-demonstrationsplats-Mariestad/ElectriVillage.html>

digitalisering, elektrifiering etc. och som betonar vikten av effektivitet och reglernas genomslag i samhällsplaneringen.

En inledande analys har identifierat ett antal områden där rättsliga rummet behöver ses över: åtkomst till mark för anläggande av nödvändig infrastruktur, finansiering för anläggande och drift av nödvändig infrastruktur, anläggande och drift av nödvändig infrastruktur samt distribution av el till elvägnätet. För det befintliga allmänna vägnätet innehar den svenska staten genom Trafikverket s.k. vägrätt. Huruvida mark för komponenter i elvägssystemet, som ligger utanför vägområdet, kan tas i anspråk är otydligt. Om elvägsinfrastrukturen ska ägas av annan aktör än Trafikverket kan inte vägrätten tillämpas rakt av. Det är dock möjligt för Trafikverket att bevilja tillstånd till uppförande av anläggning inom vägområde.

Motsvarande situation uppstår inom elnät och eldistribution. Tillstånd, eller så kallad nätkoncession, krävs som huvudregel för alla starkströmsledningar. En juridisk person som bedriver nätverksamhet får inte samtidigt bedriva handel med el. Detta innebär att den aktör som äger elnätet samtidigt är förhindrat att sälja el, via sitt nät, till fordonen. Det finns dock möjligheter att anlägga interna nät som alternativ till koncessionspliktiga nät. För elvägar skulle ett internt nät behöva anläggas inom vägområdet och användas för att förse den egna verksamheten med el, åtminstone delvis. Det är oklart om överföring till fordon på allmän väg kan anses utgöra överföring till egen verksamhet.

Kraftförsörjning

Fordonen skulle kunna strömförsörjas med antingen låg spänning (jfr spårvagn, ca 1000 volt) eller hög spänning (jfr tåg, ca 16000 volt). Lågspänningsalternativet innebär lägre fordonskostnader men högre kostnader för infrastrukturen. För högspänningsalternativet råder det omvända förhållandet. De elvägssystem som nu utvecklas är alla av typen lågspänning. Både växelspannings- som likspänningssystem testas. Trafikverket bedömer att det under de närmaste fem åren kommer att vara lågspänningssystem som testas.

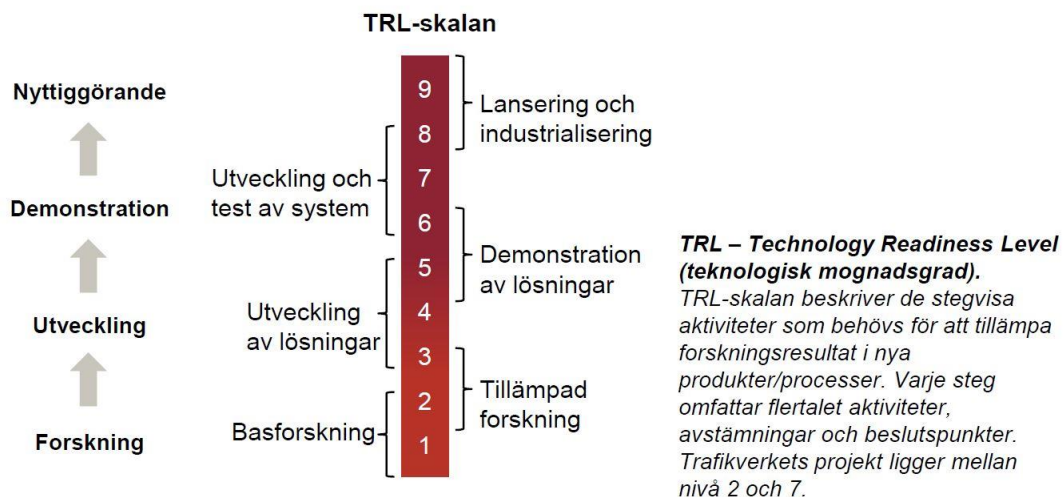
För att strömförsörja fordonen behöver ström från det allmänna eldistributionsnätet transformeras i omgångar. Det sker i tre steg:

- Ett högspänningsnät parallellt med vägen, inom eller i närheten av vägområdet, behöver sannolikt anläggas eftersom det normalt inte finns existerande nät för anslutningspunkter i tillräcklig omfattning.
- Transformatorstationer, som omvandlar högspänning till lågspänning, behöver uppföras längs vägen varannan eller var tredje km.
- Lågspänningsnät för slutlig distribution till fordonen behöver anläggas i enlighet med respektive tekniks utformning.

Vem som ska vara anläggningsinnehavare av elvägen behöver utredas. Det är emellertid viktigt att Trafikverket, i rollen som väghållare, har tillgång till elvägsanläggningarna i samband med drift och underhåll av väginfrastrukturen.

Begreppsförklaringar

Elväg	Vägar med dess kringutrustning, som oavsett teknisk lösning möjliggör överföring av elenergi till fordon under färd,
ERS	Electric Road System, elväg
EV	Electric Vehicle, Eldrivna fordon
Fame	Fettsyrametylester
FFF	Utredningen om fossilfri fordonstrafik, baserad på SOU 2013:84
FFI	Fordonsstrategisk Forskning och Innovation
FIFFI	Integrerad Fordons- och Infrastrukturutveckling inom FFI
H2020	Horizon 2020
HVO	Hydrogenerated vegetable oil
OPS	Offentlig och privat samverkan.
RISE	Research Institutes of Sweden – Sveriges forsknings- och innovationspartner för näringsliv och samhälle
Trafikarbete	Antal km
Transportarbete	Antal tonkm
VTI	Statens väg- och transportforskningsinstitut
TRL	Technology Readiness Level - se skiss nedan.
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Tysklands miljödepartementet
T&E	Transport & Environment - en europeisk miljöorganisation inom transportområdet
ÅDT	Årsmedeldygnstrafik, antalet fordon som passerar en viss punkt under ett genomsnittligt dygn



Syfte

Transportpolitikens övergripande mål är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgare och näringsliv i hela landet. Riksdagen har dessutom beslutat om målet att utsläppen från inrikes transporter, utom inrikes flyg, ska minska med minst 70 % senast år 2030 jämfört med 2010.

I FFF-utredningen (SOU 2013:84) konstateras att elvägar bär en potential för minskat beroende av fossila drivmedel. För närvarande genomförs demonstrationsprojekt av elvägar för att ge kunskap om hur dessa fungerar i praktiken. Ett svenskt forskningsprogram har startats i samarbete mellan industri, myndigheter och akademi. Men, i dagsläget är inte elvägen vare sig som teknisk lösning eller transportsystem, tillräckligt väl utvecklad och testad för att kunna användas reguljärt.

Utvecklingstakten inom elvägar och andra fossilfria alternativ är mycket hög. Det är angeläget att svenska myndigheter och företag är med i utvecklingen och visar att Sverige har ambitionen att ligga i framkant i den tekniska utvecklingen. På sikt kan elvägar bidra till de transportpolitiska målen genom lägre koldioxidutsläpp och högre energieffektivitet i transportsystemet. Elvägar förväntas också bidra till en högre samhällsekonomisk effektivitet samt till fler arbetstillfällen. För att säkerställa en lyckosam utveckling av elvägar behövs en samlad nationell färdplan och till den kopplade handlingsplaner.

Problembeskrivning

Lastbilstrafiken står för nästan 89 % av den inrikes transporterade godsmängden. Den tunga vägburna godstrafiken står för ca 25 % av vägtransportsystemets energianvändning och i stort sett motsvarande utsläpp av koldioxid². Riksdagen har fattat ett beslut om en klimatlag som bland annat innebär att utsläppen av koldioxid från transportsektorn ska reduceras med minst 70 % till 2030 för att 2045 nå nollnivå. Liknande tendenser finns i andra delar av världen och det finns en stor enighet bland de aktörer som är inblandade i transportsektorns omställning att elektrifiering har en viktig roll.

Den prognostiserade ökningen av godstransportarbetet i kombination med strävan att göra godstransportsystemet fossilfritt är en monumental utmaning. Långsiktiga styrmedel kommer att behövas för att driva på omställningen. Varje trafikslag kommer att behövas för att säkerställa en hållbar varuförsörjning. Varje trafikslag måste därför tillåtas att utvecklas både var för sig och tillsammans i samverkande lösningar. Detta stärker också tillförlitlighet och redundans i det totala transportsystemet.

Det offentligt finansierade svenska vägnätet är nästan 15 gånger så långt som motsvarande järnvägsnät. Kapaciteten på vägnätet är generellt sett god. Vägnätet når så gott som överallt i Sverige. Järnvägen och sjöfarten når endast en mindre del av godstrafikens destinationer. Endast för en mindre del av transporterna kan dessa trafikslag svara för hela transportsträckan. På vägarna går därför ca 89 % av den godsmängd som transporteras inom Sverige och lastbilar står för 65 % av det samlade transportarbetet inom Sverige.

² Elvägens möjligheter (bearbetad text från utlysning av Fol-program för elvägar aug 2015)

Under de närmaste decennierna kan dessa förhållanden endast ändras marginellt. Järnvägsnätets kapacitet är redan högt utnyttjad och redundansen är begränsad³. Vägnetet kommer således att fortsättningsvis svara för den största delen av transportarbetet i det svenska godstransportsystemet under överskådlig tid. Just därför är det oerhört viktigt att den vägburna godstrafiken minskar sin energiförbrukning och sin miljöpåverkan.

Utifrån den forskning och kunskap vi har idag ser vi inte att tunga godstransporter klarar att bära med sig den el som behövs för att klara långa transporter. Om de i huvudsak ska kunna drivas med el måste det till ett annat energilager ombord, exempelvis bränsleceller, eller så måste elen tillföras kontinuerligt under körning. Det finns flera olika tekniska lösningar för hur en lastbil mer eller mindre kontinuerligt skulle kunna strömförsörjas längs transportvägen.

I FFF-utredningen⁴ konstateras att elvägar bär en potential för minskat beroende av fossila drivmedel. Inom Forum för transportinnovationer har den tunga vägtrafikens beroende av fossila drivmedel lyfts fram som ett strategiskt område. I dagsläget är varken elvägar eller någon annan teknisk lösning tillräckligt väl utvecklad och testad för att kunna användas reguljärt.

Teknikutvecklingen står inför flera stora utmaningar. Utvecklingen av elvägar sker parallellt med utveckling av andra fossilfria tekniker. Hur utvecklas de och i vilket tempo? Om Sverige satsar på elvägar, kommer de då att bli samhällsekonomiskt lönsamma eller kommer annan teknik att göra så att de inte kommer att användas? Investeringar i väginfrastrukturen är kostsamma och tidskrävande om längre sträckor ska elektrifieras. Elvägar behöver därför byggas med en teknisk lösning som helst är kompatibel med så många fordonstyper som möjligt. Den ska också hålla över så pass lång tid att fordons- och infrastrukturinvesteringarna hinner bli ekonomiskt rimliga att göra.

Bakgrund

Den tekniska lösningen att överföra elenergi till ett fordon som rör sig på en väg har funnits sedan 1882 och från 1902 har det funnits trådbusslinjer i trafik. I Sverige bedrevs trafik med trådbussar i både Stockholm och i Göteborg från 1941 fram till början av 1960-talet. Även lastfordon har framförts med elektrisk kraft från kontaktledningar, bl.a. i Tyskland och Sovjetunionen under 1900-talet första del fram till och med 1960-talet. I Sverige fanns 1941 – 59 en kombinerad linje för trådbuss och dragfordon för last mellan Södra station i Stockholm och Kvarnholmen i Nacka, en sträcka på ca 5 km. 2003 togs en ny trådbusslinje i Landskrona i bruk. Men utöver detta har området i stort legat i träda fram till det senaste decenniet.

2010 lämnade IVA-projektet ”Transport 2030” sin slutrapport. I den fanns inte ett ord om elvägar. Någon diskussion om elvägar förekom inte bland de experter från myndigheter, industri och akademi som bemannade projektet. På de sju år som gått sedan dess har mycket hänt. För Trafikverket väcktes frågan genom förslag från två utvecklingsbolag; Elways AB och Svenska elvägar vilka hade utvecklat sina koncept med stöd från Energimyndigheten. I juni 2012 presenterade Trafikverket på regeringens uppdrag en utredning om möjligheterna att med elektriskt drivna lastbilar transportera järnmalm från gruvan i Kaunisvaara⁵, som öppnades senare samma år. I uppdraget ingick inte att

³ Järnvägens kapacitet 2015, Trafikverket 2016:038

⁴ Fossilfrihet på väg, SOU 2013:84

⁵ Trafikverket 2012; Malmtransporter från Kaunisvaaraområdet och elektriskt drivna lastbilar – 2012:147

genomföra ny forskning men läget inom området summerades och ett förslag till finansieringsprinciper lades fram.

Inom forskning, utveckling och demonstration har mycket hänt de senaste åren. En lista över ett urval rapporter och vetenskapliga artiklar finns i bilaga 1. Samlat bedömer vi att svenska beställda eller startade FoU insatser inom den offentliga delen av området kommer att ha omsatt upp mot 280 Mkr fram till 2020. De dominerande projekten är Trafikverkets förkommersiella upphandling av demonstratorer (ca 210 Mkr), forskningsplattformen för elvägar (knappt 30 Mkr) samt Energimyndighetens och FFIs andra program som bistår i den industriella utvecklingen.

Utöver ovanstående förekommer en industriell utveckling som vi inte helt kan överblicka. När Siemens gav offentlighet åt sin eHighway-teknik 2012, hade den utvecklats internt inom Siemens innan. När Nikola Motor visade upp sina planer på en bränslecellsdriven lastbil 2016 så fanns på motsvarande sätt en industriell utveckling bakom. Samma sak när Tesla presenterade sin batteridrivna lastbil under 2017.

Hur omfattande det industriella engagemanget är inom elvägsområdet är mycket svårt att bedöma. Inom personbilsindustrin är det endast Honda som har utvecklat en lösning, en arm på bilens sida som fälls ut och hämtar ström från ett räcke parallellt med vägen. Övriga personbilstillverkare varierar mellan ointresserade till avvisande i sin inställning till elvägar. I huvudsak förefaller fokus ligga på att vidareutveckla tekniker som bygger på batterier och bränsleceller. Den inställningen kan möjligen omprövas om elvägar visar sig vara ett framgångsrikt koncept för tyngre fordon, i de fall elvägstekniken lämpar sig för personbilar. Om tekniken också kan användas för stationär laddning kan den sannolikt verka som en språngbräda för utveckling av dynamiska laddningssystem.

Utvecklingen inom elvägsområdet är inne i ett mycket dynamiskt skede. Tre huvudspår för kontinuerlig överföring av el från infrastrukturen till de elektriska vägfordonen utvecklas och testas:

- konduktiv överföring via luftledning
- konduktiv överföring via någon form av spår eller ledare i vägen
- induktiv överföring, via elektromagnetiska fält, från vägkroppen

I Sverige genomförs två demonstrationer av olika konduktiva tekniker för elvägssystem. Ytterligare en handfull system för dynamisk överföring av el håller på att utvecklas, flera av dem i Sverige. Ett strategiskt 4-årigt FoU-program har etablerats genom FFI och Trafikverket. Programmet fokuserar på förutsättningar för och effekter av elvägar för samhälle och industri.

I ERTRAC⁶ har FoU-agendan för elektrifiering utvecklats till att också omfatta tunga fordon. Detta börjar så smått också att återspeglas i utlysningar inom Horizon 2020.

I Storbritannien har en förstudie om elektrifiering av vägnätet runt London genomförts. I Tyskland planeras för tre elvägpiloter med överföring genom hängande trådar. I USA genomförs en liknande demonstration som den som genomförs utanför Sandviken.

I Utah planeras demonstration av ett induktivt överföringssystem för lastbilstransporter. Induktiva elvägssystem utvecklas också i Korea, Spanien och Israel. I Norge genomförs en förstudie om elektrifiering av E39 och inom Nord FoU diskuteras elvägar som en möjlig gemensam satsning.

I juni 2017 i Sandviken hölls det första internationella vetenskapliga symposiet om elvägar.

⁶ European Roadmap Electrification of Road Transport, Status: final for publication, 3rd Edition, Version: 10, Date: June 2017 http://ertrac.org/uploads/documentsearch/id50/ERTRAC_ElectrificationRoadmap2017.pdf

Denna "forskningsboom" inom elvägsområdet ska ses i ljuset av internationella klimatmål. Allt fler aktörer och analytiker har kommit till insikt om att den mycket omfattande lastbilstrafiken kommer att vara en del av framtiden och därför behöver befrias från sitt beroende av fossila drivmedel. Elvägar kan vara en del av lösningen. Därför är just utveckling, test och demonstration av elväglösningar viktiga de närmaste åren.

Fler teknologier behöver verifieras för att kunna bli upphandlingsbara och bidra till att en marknad för elvägar skapas. Pågående initiativ behöver följas och resultatet från dem analyseras och sammanställas i en färdplan för elvägar i ett framtida samhälle utan fossila drivmedel.

Marknadsaktörer och finansiering

Marknadsaktörer

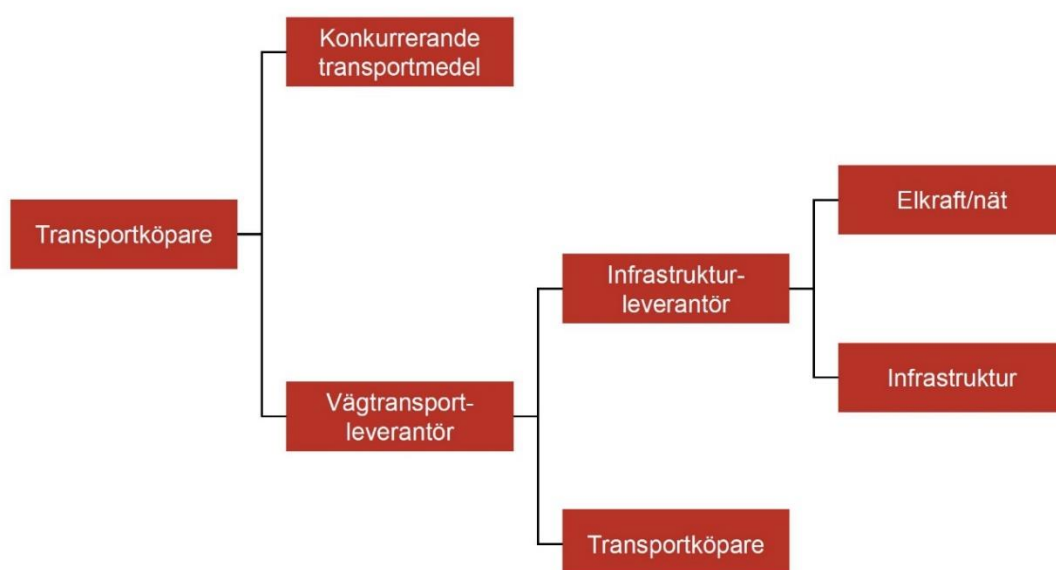
En väsentlig del i planeringen för ett införande av elvägar är att ta fram modeller för hur de anläggningar som krävs ska ägas, finansieras och betalas. Dessa olika aspekter innefattas i det som kan benämnas ett aktörsnätverk. Ett aktörsnätverk består av en mängd olika aktörer och gränssnitt som verkar i en omgivning med flera gränssättande omvärldsfaktorer.

Beroende på hur aktörsnätverket ser ut kan affärsmodell och ansvarsfördelning utformas på olika sätt. Även faktorer som val av teknologi kan påverka utformningen av affärsmodell. En ytterligare väsentlig aspekt är balansen mellan aktörer i offentlig och privat sektor.

I det här avsnittet beskrivs aktörsnätverken på en översiktlig nivå. Det ger en utgångspunkt för att, i nästa steg av arbetet med en nationell färdplan för elvägar, fördjupa analys och förståelse av väsentliga aspekter.

Elvägsmarknaden

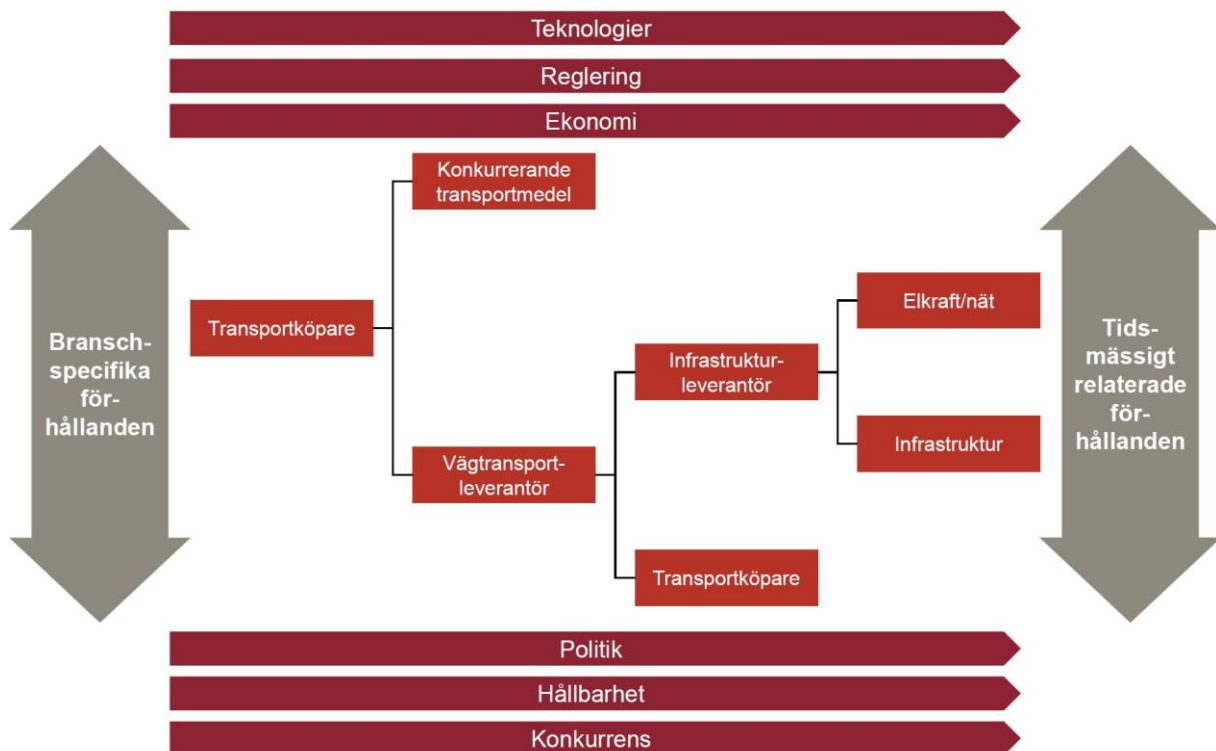
Schematiskt kan den aktuella marknaden och de aktörer som ingår beskrivas i figuren nedan:



Figur 1 Aktörsnätverk för Elvägar – schematiskt

I Figur 1 anges ett antal väsentliga funktioner och deras funktionella/logiska samband som behöver finnas i det nätverk som bygger upp elvägsorganisationen. Det är inte givet att funktionerna organiseras i separata organisatoriska enheter, men det kan mycket väl vara så. Huruvida en vertikal eller horisontell integration kan förväntas ske är bl.a. beroende på hur risker och gränssnitt definieras mellan funktioner/aktörer, något som behandlas t.ex. i transaktionskostnadsteori.

Ett antal omvärldsfaktorer sätter gränser för hur aktörsnätverken fungerar och påverkar dem löpande. Schematiskt kan det beskrivas som i Figur 2 nedan:



Figur 2 Aktörsnätverk för Elvägar – och gränssättande faktorer

Transportsystemet, och det gäller i hög grad för ett område som elvägar, byggs upp av aktörer som är organiserade i privat sektor. De, i sin tur, ägs av aktörer i privat sektor som finansieras av kunder som under frivillighet, dvs. konkurrens, köper de tjänster som aktörerna erbjuder. Därtill tillhandahålls vissa funktioner av aktörer i offentlig sektor. De offentliga aktörerna ägs av staten, regioner eller kommuner och finansieras till stor del med skattemedel (ibland avgifter) och omgärdas med någon form av tvångsinslag som monopol eller tvingande pålagor.

Balansen mellan de funktioner som tillhandahålls i offentlig sektor och de som tillhandahålls i privat sektor förändras över tiden. Den påverkas av teknologi, ekonomi och politik, men också av s.k. spårberoende. Med spårberoende menas att invanda mönster för organisering tenderar att ha en stark bärkraft snarare än att de är logiskt eller rationellt motiverade.

Det finns två olika typer av relationsformer i beskrivet nätverk, de som präglas av relationen privat – privat och de som präglas av relationen privat – offentligt/privat.

I relationerna mellan privata aktörer finns sedan tidigare upparbetade roller som inte primärt behöver påverkas i större utsträckning av att drivmedlet för transporter förändras. Här kan det

framförallt vara fråga om att underlätta övergången från en teknologi till en annan genom att anpassa funktionaliteten i hela nätverken och reducera risker/kostnader.

Att det skulle vara aktuellt att föra över funktioner/tjänster från marknadsorganiserade aktörer till organisering i offentlig sektor förefaller inte vara ett huvudalternativ. Mot det talar grundsynen att funktioner som kan tillhandahållas i konkurrens och på marknadsliknande villkor bör tillhandahållas på detta sätt även i fortsättningen. Det som däremot bör vara föremål för en mer principiell prövning är om argumenten för att behålla infrastruktur-tillhandahållandet i offentlig regi, när elvägsteknologi introduceras, alltså är tillräckliga. Av historiska skäl har staten valt olika vägar för järnväg och väg i det avseendet.

Drivmedel till vägtrafiken tillhandahålls på marknadsmässiga villkor medan elkraft till tågtrafiken tillhandahålls (förmedlas) av staten via Trafikverket. Om de logiska sambanden mellan infrastrukturens "kärntjänster" (vägkropp/beläggning med kringutrustning) och anläggningar för att tillhandahålla induktiv eller konduktiv laddteknik ska anses så närliggande att det motiverar ett statligt ägande och vilka ägandeformer som är legalt möjliga behöver analyseras vidare.

För tjänster/funktioner som det anses lämpligt att staten ska äga när det gäller elvägar, är grundmodellen anslagsfinansiering. Avgifter för nyttjandet av infrastrukturen kan komma ifråga men måste då vara tillåtna enligt EUs regler som införlivats i svensk rätt. Det är i allmänhet inte möjligt att specialdestinera sådana avgiftsintäkter till specifikt ändamål. Skatteinstrument kan därför vara ett alternativ till avgifter.

Alternativa finansieringsmodeller kan prövas för funktioner/tjänster som staten tillhandahåller. Det skulle t.ex. kunna vara möjligt att genomföra en utbyggnad av elvägsteknologi på vägnätet i offentlig och privat samverkan (OPS) med staten som beställare och med projektfinansiering från privata aktörer. Staten kan sedan ersätta OPS-motparten med tillgänglighetsbaserade avgifter eller överlåta trafikrisken till OPS-motparten t.ex. genom en koncession.

I vilken utsträckning det uppstår ett utrymme för aktörerna (transportföretag och transportköpare) att betala för de kostnader som investeringen i elvägstekniken medför är i sin tur beroende av vilka drivmedelsskatter som staten väljer att lägga på den el som tillförs till vägtrafiken. Det här är en av de mest avgörande faktorerna när en affärsmodell ska byggas upp för elvägar.

De olika modeller som prövas behöver också anpassas till de olika teknologier som diskuteras. En affärslogik och affärsmodell som passar för en teknologi behöver inte passa för en annan affärsmodell.

Synen på hur elvägsteknik ska byggas ut är en ytterligare faktor som behöver utredas. Flera olika modeller är möjliga, allt från att förlita sig till lokala och regionala initiativ till att göra en mer storskalig utrullning av ny teknik. Med tanke på att osäkerheten om teknikval är stor förefaller det rimligt att under en inledande period prioritera att få till stånd flera lokala anläggningar där olika tekniker kan testas. Det följer mönstret från när järnvägarna byggdes ut under 1800-talet. Efterhand får sedan staten eller en privat aktör ta på sig rollen att renodla teknikanvändning, affärsupplägg mm.

För att elvägsmarknaden ska utvecklas på bästa sätt kan även erfarenheter dras från andra parallella marknader och infrastrukturområden. Generellt sett förefaller möjligheterna till en snabb marknadsuppbyggnad vara gynnsamma om följande aspekter tillgodoses och uppmärksammas:

- **Standarder** - Spänningsnivåer, växel- eller likspänning, luftledningars höjd över väg och avstånd mellan trådar. För lösningar i vägkroppen behövs samma öppna beskrivningar.

Det är angeläget att finna en balans mellan de delar av systemet som skyddas av patent och andra rättigheter, och de som är öppna för olika aktörer att nyttja. Det är viktigt att inte låsa in systemet i för snäva patent m.m. för att öppna för konkurrens. Det innebär att olika former av speciallösningar för att möta enskilda leverantörers krav och önskemål bör undvikas.

- **Upphandlingsbarhet** - Öppna standarder, flera leverantörer, konkurrens m.m. är grunden för att lösningar ska gå att handla upp/tillhandahålla av flera olika aktörer.
- **Tydlig marknadskommunikation minskar riskerna** - Med en tydlig avsiktsförklaring, öppna kommunicerade standarder, upphandlingsbara lösningar och en tydlighet från Trafikverket och det politiska systemet, ökar möjligheterna för aktörerna att bedöma riskerna i marknaden. Finansiering av utveckling blir därmed billigare och möjliggör att hela teknikområdets utveckling snabbas på.

Drivkraften för olika parter i nätverket kring elvägar varierar, relaterat till direkta och indirekta effekter av elektrifiering. Elektrifiering möjliggör utveckling av dagens arbetssätt, men möjliggör också helt ny affärslogik, nya produkter och nya tjänster. Det är skillnad i affärslogik mellan olika parter och tekniker vilket i huvudsak beror på incitament och uppdrag. Det som är mål för vissa är medel för andra, det som är problem för vissa är möjligheter för andra. Samtliga aktörer utefter förädlingskedjan behövs, men en förståelse för att det finns olika drivkrafter är centralt.

Balansen mellan forskning, utveckling, implementering och nyttjande samt olika parter ambition att patentera och tjäna pengar på vägen dit behöver hela tiden uppmärksammas. Idag är det närmast en affärsidé i sig att forska, utreda, driva demonstratorer, produktutveckla och patentera olika ERS-komponenter med offentligt stöd. Detta är en rimlig väg framåt, men kan inte tillåtas bli för stor del av den fortsatta utvecklingen av elvägar. Det är viktigt att ta steg mot genomförande så snart det är möjligt för att kunna möta förväntningarna från det politiska systemet och för att behålla "momentum" i utvecklingen av den svenska elvägsmarknaden.

Finansiering

Introduktionen av elvägsteknik kan funktionellt göras på olika sätt. Vilken finansieringsmodell man väljer har att göra med vem som ska äga anläggningen, vilken teknik som väljs och hur uppsättningen av aktörer ser ut i de olika fallen. Investeringsbehovet, och det följande underhållsbehovet, för en ny sådan anläggning är relativt omfattande, även om det samlade beloppet är beroende av vilken teknik som väljs. De olika teknikerna har på detta stadium mycket olika kostnader. Val av finansieringsmodell beror också av i vilken utsträckning man väljer att elektrifiera vägnätet samt om man riktar in sig på enbart tung trafik eller även på personbilar. En investering i elvägsteknik, som har den omfattningen att den väsentligen kan bidra till att nå utsläppsmålen för transportsektorn (cirka 200 mil), kommer sannolikt att generera ett finansieringsbehov på minst 30-40 miljarder kronor.

En avgörande fråga för om en marknadsmässig avgiftsbaserad modell kan introduceras, är vilken beskattning som kommer att gälla för den elenergi som tillförs fordon som använder elektrifierade vägar. En generell beskattning av elkraften, på samma sätt som för användning till andra transportändamål, ger ett rimligt utrymme för att kunna finansiera även utbyggnad av väsentliga delar av infrastrukturen. Samtidigt ger det sannolikt också utrymme för att ge fordonsägare/transportörer/transportköpare ett så stort ekonomiskt utbyte att de ser det som attraktivt att byta till eldrift.

Skulle staten välja att beskatta elkraft som tillförs till elvägar högre än så, för att kompensera för ett skattebortfall som kan följa av minskad försäljning av fossila bränslen, kan kalkylförutsättningarna snabbt försämrats vilket kan försvåra en introduktion med privata aktörer som drivande. Osäkerheten kring framtida styrmedel är relativt stor och kan påverka elvägar på en rad olika sätt. Exempelvis kan ett avståndsbaserat styrmedel, som läggs på samtliga transporter, påverka lönsamheten för elvägar på ett annat sätt än beskattning av elkraft.

Tänkbara finansierings- (och organiserings-) modeller för en introduktion av elektrifiering kan på en övergripande nivå vara:

- Statlig finansiering och ägande
- Statlig finansiering och ägande av staten och regioner/kommuner
- Statlig finansiering och ägande av privata aktörer
- Regional/kommunal finansiering och ägande (sannolikt på lokala gator/i hamnar etc.)
- Privat finansiering och ägande/driftsättagande (t.ex. med en koncessionsmodell som för 4G-nätet)
- Privat finansiering med statliga garantier och privat ägande

En modell med uteslutande statlig finansiering skulle innebära att relativt väsentliga tillkommande investerings- och underhållsbehov skulle läggas till den redan hårt prioriterade statliga infrastrukturplaneringen och, budgeten. Det skulle utan tvekan leda till att andra angelägna objekt skulle föras ut ur planerna, vilket kan vara mindre önskvärt. För att vara (rimligt) konkurrensneutral behöver fordonsägare/transportörer i det fallet ändå debiteras kostnaden för elkraften, som i fallet med järnvägsdriften. Att staten genom ett sådant förfarande och under relativt lång tid, skulle hamna i en konkurrensutsatt situation, i relation till drivmedelsbolagen, är något som skulle kräva en ingående analys. Det kan medföra svåra komplikationer när det gäller konkurrensneutraliteten. En fördel med denna modell är att den skulle bibehålla statens/Trafikverkets rådighet över väganläggningen då andra aktörer inte skulle behöva beredas tillträde för att genomföra installationer.

Graden av engagemang, i finansiering och ägande av anläggningarna för eldrift från regioner och kommuner, aktualiserar andra frågeställningar. Regionerna är alltmer engagerade i infrastrukturfrågorna, främst i planeringen, men saknar idag ett ansvar för att äga och driva anläggningarna (med vissa undantag). Kommunerna har ett sådant ansvar, men då gäller det främst lokala infrastrukturanläggningar som gator och vägar i städer och hamnar etc. Om regioner och kommuner skulle vara intresserade av att utöka sitt ansvar inom elvägsområdet kan det leda till behov av förändringar i lagstiftningen, något som av erfarenhet kan bli komplicerat. Relationen mellan stat och kommunsektorn är ofta fylld av svåra avvägningar.

Privat engagemang i finansiering och ägande av anläggningar för eldrift (samt drift) har fördelen att kunna byggas upp som ett relativt separat system vid sidan av den övriga infrastrukturfinansieringen. Det är logiskt med tanke på att staten redan under 1940-talet, efter omfattande utredningar, tog ställning för att inte engagera sig i drivmedelsförsörjningen till vägtrafiken, t.ex. genom att förstatliga bensenbolagen, som då diskuterades. Rollfördelningen har inneburit att privata företag svarat för distribution och tillhandahållande av drivmedel på en marknad som präglats av en rimlig grad av konkurrens. Tillförseln av bränslen har varit stabil, kostnadsnivån för distributionen har i allmänhet uppfattats som skälig och en teknisk utveckling av nya bränslen har fungerat rimligt väl ur detta perspektiv. Allt inom ramen för den förhärskande tekniken med förbränningsmotorn.

En analogi kan också göras till hur elkrafttillförseln till järnvägen är organiserad. Där tillhandahåller Trafikverket infrastrukturen och säljer också elenergi. Till skillnad mot för vägtrafikens

drivmedelstillförel finns dock en viss statlig subvention av infrastrukturen för elkraft som kommer järnvägstrafiken tillgodo. Ur ett konkurrensneutralitetsperspektiv skulle det kunna hävdas att staten borde erbjuda eldriven vägtrafik samma subvention, men det behöver övervägas vidare. Att brukarna av elväg rimligen bör kunna välja mellan olika elleverantörer förefaller naturligt och i enlighet med principerna för elmarknadens generella reglering. Huruvida en privat aktör som tillhandahåller infrastruktur för eldrift längs vägar kommer att betraktas som nätägare och koncessionsinnehavare ur ellagstiftningens synvinkel behöver utredas.

Mycket talar för att en modell med privat engagemang också för eldrift längs vägarna, skulle kunna bli framgångsrik i parallell till hur bränsle tillförs till den fossilberoende trafiken. Flera praktiska och formella frågor behöver dock utredas.

Privata aktörer kommer sannolikt att kräva något slags garantier från staten som infrastrukturansvarig för att göra satsningar på elektrifiering. Det kan vara i form av en teknisk standard eller legala regler som gör att spelreglerna uppfattas som tydliga. Någon slags yttersta förlusttäckningsgaranti, i det fall satsningen skulle slå fel, kan också antas vara trolig, särskilt om osäkerhet kring teknikval etc. är stor.

Det skulle ändå vara möjligt att upplåta rätten att bygga och driva infrastruktur för eldrift längs de större vägarna, även för kommuner och privata företag, i mer slutna anläggningar vid industrier/hamnar/kollektivtrafik etc. med något slags koncessionsmodell som grund.

Trafikverket skulle t.ex. kunna erbjuda företag att bjuda på rätten att inneha en sådan koncession för angivna vägsträckor, med angiven teknik/funktionalitet, under en 20-årsperiod. Som motprestation får de ta betalt av brukarna, inom ramen för ett fastställt prissystem. Beroende på ambitionsnivå, skatteregler och upplevd risknivå, skulle priset på dessa koncessioner kunna variera avsevärt. Ett högt pris skulle antagligen driva prisnivåerna uppåt. Ett lägre pris skulle kunna öppna för en diskussion om att de företag som får koncessioner gör orimliga vinster. Att det finns en konkurrens mellan flera aktörer som deltar i koncessionsförfaranden, och att näten upplåts för distribution av el från flera olika elbolag, är sannolikt avgörande för modellens framgång.

Som medelväg kan man tänka sig olika former av offentlig/privat samverkan som modell för att bygga ut och driva elvägsinfrastrukturen. Här behöver liknande analyser av riskfördelning, finansieringskostnader, effektiviseringspotentialer etc. göras, som i alla upplägg med offentlig/privat samverkan. Trafikverket har nyligen lämnat en rapport om dessa frågor vad gäller höghastighetsjärnväg⁷. Iakttagelser och slutsatser kring alternativa finansieringsformer är till stor del överförbara även på elvägsinfrastrukturen. Därtill har den s.k. Finansieringsutredningen lämnat ett delbetänkande (SOU 2017:13) där för- och nackdelar med alternativ finansiering och organisering analyserats. Utredningen föreslår att ett program genomförs med s.k. OPS, omfattande tre större projekt, för att en erfarenhetsbas ska kunna skapas i Sverige.

Det är också möjligt att finna en medelväg som utgår från att staten, eller en annan part i offentlig sektor, genomför investeringen och driftsätter systemet för att sedan överlåta hela systemet, eller driften av det, till en extern part, företrädesvis i privat sektor. Flera aktörer på de finansiella marknaderna har ett stort intresse av att göra sådana kapitalplaceringar, vilket gör att avkastningskraven för närvarande är relativt begränsade. Även denna modell kan vara aktuell för elvägssystemet.

⁷ *En svensk höghastighetsjärnväg – alternativa former för finansiering och samverkan*, rapport till Sverigeförhandlingen från Trafikverket, med EY och Advokatfirman Lindahl som konsulter, februari 2017.

Betalningsflödena i de olika modellerna kommer att gå mellan brukarna av elvägarna till den part som står för kostnaderna för kapital och drift av systemet. Beroende på om systemet öppnas för fler leverantörer av elkraft, kan en uppdelning mellan infrastruktur och elkraft behöva göras. Det är avgörande att skapa en modell och rollfördelning där tillräckligt stor del, av den energieffektivisering som elektrifiering kan ge, överförs till transportköpare och transportörer så att incitamenten att nyttja anläggningen blir tillräckligt starka. Ett sätt att säkerställa det är via de avtal som omgärdar systemets utbyggnad. Ett annat angreppssätt är att se till att det blir en tillräckligt stark konkurrens mellan olika aktörer i systemet.

De närmre relationerna mellan olika aktörer i det system som kommer att byggas upp kring elvägarna behöver studeras vidare och är beroende av fler av de faktorer som redovisats ovan.

Upphandling och koncessionsgivning m.m.

Ett medel i utvecklingen av elvägssystem och marknader för elvägsteknologi och drift av elvägar är anskaffning av system för elektrifiering och/eller koncessionsgivning. Beroende på om staten önskar driva verksamheten i egen regi med statlig finansiering eller öppna för aktörer i andra sektorer att tillhandahålla elvägssystem, kan antingen upphandling eller koncessionsgivning användas som metod. Det kan samtidigt inte uteslutas att staten eller Trafikverket öppnar möjligheten för aktörer i andra sektorer att anlägga elvägssystem som vare sig kräver upphandling eller koncessionsgivning.

Eftersom det under den kommande perioden sannolikt är frågan om att i första hand genomföra ytterligare demonstratorer och pilotprojekt, och eftersom elvägsteknologierna alltjämt befinner sig i en utvecklingsfas, kan det bli aktuellt att använda sig av anskaffningsförfaranden där något slags samarbete mellan staten som väghållare och aktörer i privat sektor utgör grunden. Det kan åstadkommas genom t.ex. ett förhandlat förfarande eller genom att ett innovationspartnerskap bildas för att ta ett nästa steg i utvecklingen.

Det kan samtidigt inte uteslutas att ett samarbete mellan staten/Trafikverket och andra parter skulle kunna organiseras i form av ett s.k. offentligt-privat samarbete där ett specialdestinerat bolag sätts upp för att kanalisera samarbetsprojektet. Det kan inte uteslutas att ett sådant samarbete skulle kunna arrangeras genom ett annat formellt förfarande än en upphandling eller koncessionsgivning, men det kan också vara lämpligt att använda dessa former även för offentlig privat samverkan.

Den lämpliga formen för att driva samarbetet och anskaffningen är i hög grad situationspecifik och behöver analyseras noga i varje enskilt fall.

Aktiviteter

- Ett projekt skall inledas under hösten 2017, parallellt med övriga aktiviteter i elvägsprogrammet, med sikte på en slutrapport till halvårsskiftet 2018 där de frågeställningar som tas upp ovan, belyses mer ingående. Sannolikt behövs extern expertkompetens i projektet.
- Förslagsvis utarbetas tre olika scenarier för hur en färdplan för elvägar skulle kunna utformas när det gäller aktörsnätverk och affärsmodeller. En statlig modell, en regional/lokal modell och en modell med omfattande privat engagemang.
- Frågan om lämplig balans mellan fortsatta forsknings- och demonstrationsanläggningar, mer konkret implementering av teknik för elvägar jämte främjandeinsatser för

marknadsbreddning behöver också löpande bedömas, t.ex. inom ramen för elvägsprogrammet i Trafikverket.

- Frågor om anskaffningsformer och samarbetsformer som berörs ovan bör ingå i projektet.

Teknikutvecklingen

Tekniker för dynamisk överföring

Det finns idag tre huvudspår när det gäller tekniken för kontinuerlig fordonsnära överföring av el från infrastrukturen till de elektriska vägfordonen:

- konduktiv överföring via luftledning
- konduktiv överföring via någon form av spår eller ledare i vägen
- induktiv överföring, via elektromagnetiska fält, från vägkroppen

Alla tre typerna finns testade i någon form. Tekniken via luftledningar har kommit längst. Luftledningar passar inte för personbilar, då avståndet mellan bilens tak och ledningarna blir allt för stort. Elvägar med luftledningar, för tung trafik, har testats på Siemens 2 km långa testbana öster om Berlin. Full fordonsintegration har genomförts i samarbete med Scania för tester i Tyskland och i Sverige. Integration i tre olika lastbilar, varav en Mack-lastbil, sker också i USA.

Under 2016 påbörjades test med luftledning på allmän väg i Sverige och under 2017 i USA. Det svenska testet genomförs på en 2 km lång sträcka av motorvägen E16 utanför Sandviken. Det amerikanska testet startade sommaren 2017 på en 1,6 km lång stadsväg utanför Los Angeles (City of Carson). Det leds av South Coast Air Quality Management District (SCAQMD).

Elways AB har utvecklat en strömförande skena som fräses ned i vägbeläggningen. Tekniken har testats på en 400 meter lång testbana utanför Arlanda. Fordonsinstallation och tekniken för att växla mellan segment med skenor har ännu inte dokumenterats offentligt, men är en del av projektet. Nästa steg är att elvägssystemet testas på en 2 km lång allmän väg med fordonstekniken helt integrerad på en DAF-lastbil, med hjälp av E-Traction och en ZF-drivlina.

Alstom har genomfört tester med strömskenor i vägen tillsammans med AB Volvo på en 300 meter lång testbana vid Volvos testplats i Hällered. Fordonsintegrationen har utförts som en del av ett Slide In-forskningsprojekt, som finansieras av Svenska Energimyndigheten.

Den Svenska Energimyndigheten finansierar för närvarande ett forskningsprojekt som, under 2017, demonstrerar en lösning med skena på vägen baserad på företaget Elonroads teknik. Den största skillnaden från Elways och Alstoms lösningar är att strömförande delar av Elonroads teknik alltid är helt täkta av fordonet.

Bombardier har forskat i över fem år på dynamisk induktiv kraftöverföring som en vidareutveckling av sin kommersiella statiska lösning Primove. Systemet har integrerats i en Scania-lastbil och testats på en 80 meter lång slutna testbana i Mannheim, Tyskland, som en del av Slide In-projektet.

Det kommersiella företaget OLEV, ett spinoff-företag till KAIST University, Sydkorea, har investerat 50 miljoner dollar sedan 2008 i induktiv kraftöverföring. Deras lösning har testats på en allmän väg på KAIST:s campus Daejeon sedan 2012. Sedan 2013 har en busslinje med två bussar, med totalt 144 meter installerade spolar, varit i drift i Gumi.

Under 2016 startade ett EU-projekt, som leds av spanska företaget Endesa, med en elektrisk busslinje i Málaga med en självkörande buss. Linjen baseras på induktiv kraftöverföring utvecklad av företaget CIRCE. Åtta, 80 cm långa spolar på 50 kW, installeras längs den 100 meter långa vägen. Den autonoma bussen är från företaget Gulliver.

Storbritanniens Transport Research Laboratory (TRL) har, på uppdrag av Highways England, genomfört en förstudie av dynamisk induktiv kraftöverföring längs ett nätverk av större vägar i Storbritannien.

Tysklands miljöministerium (BMUB) har utfärdat en uppmaning att finansiera demonstrationen av elvägar baserade på luftledning. Installation på allmän väg förväntas påbörjas under 2017. De första, av minst tre projekt, har redan upphandlats och kommer att genomföras kring Frankfurt, i delstaten Hessen.

Det norska vägverket finansierar den norska forskningsorganisationen SINTEF för utförandet av ELINGO-studien, som studerar en trådlös ERS-lösning på kustvägen E39. Projektet samordnas med svenska forskningsprojekt.

Det omfattande EU-projektet FABRIC demonstrerade dynamisk induktiv kraftöverföring på två testbanor under 2016. Induktiv teknik som utvecklats av SAET Group har testas på en testbana utanför Torino, Italien, med hjälp av en Fiat-van. Den andra demonstrationen har installerats på Vedecom testbana i Satory, Frankrike. Kraftöverföringstekniken bygger på den kommersiellt tillgänglig lösningen för statisk laddning från företaget Qualcomm, och har installerats på en Renault-van.

Israeliska ElectRoad har en 30 meter lång testbana för induktiv överföring i Caesarea, Israel. Under 2018 ska tekniken testas i Tel Aviv på en 800 meter lång sträcka i kollektivtrafik. Projektet har stöd från Israeliska staten. Om projektet faller ut väl kan en 18 km lång sträcka mellan Eilat och Ramons internationella flygplats vara aktuell för utbyggnad.

Laddning av fordon från konduktiv elväg saknar naturlig skydds Jordanslutning av fordonets chassi. Detta kan hanteras genom s.k. "dubbelisolering". Men på moderna fordon är detta en komplicerad och opraktisk lösning. I stället behövs någon form av galvanisk isolation mellan matande "elväg" och fordonets elektriska drivlina. Sådan isolation kan byggas på flera sätt, men ofta krävs lösningar som är kostnadsdrivande/tunga/volymskrävande. Även om lösningar finns för att sätta mindre serier av fordon i drift, så är elvägsanpassade fordon ännu inte mogna för kommersiella applikationer. En vidare utveckling av själva elvägstekniken kräver således också en utveckling av elvägsanpassad fordonsteknik. Sådana frågor borde t.ex. adresseras inom FFI (Fordonsstrategisk Forskning och Innovation).

Kompletterande och konkurrerande tekniker

Utveckling av fossilfria tekniker och bränslen för tung lastbilstrafik

Utvecklingen av fossilfria tekniker för att driva vägfordon går fort. Särskilt inom personbilssidan har batterierna nu nått en sådan kapacitet och mognad att fullelektriska bilar kan ha en aktionsradie på upp mot 400-500 km. De börjar bli kommersiellt konkurrenskraftiga och alltmer oberoende av laddinfrastruktur utanför den som hemmet och arbetsplatsen erbjuder.

Även den tunga sidan har utvecklats. Det finns nu fullelektriska batteridrivna bussar och distributionsfordon för kommersiell användning främst inom tätbebyggt område med

laddinfrastruktur (för bussar) och begränsade körsträckor (för distributionsfordonen). Men, de fordon som drivs elektriskt har endast totalvikter på uppemot 26 ton⁸.

Denna bild återspeglas bl.a. i Transport & Environments (T&E) rapport, Roadmap to climate-friendly landfreight and buses in Europe, 2017. Där man menar att elektrifiering via batterier är den snabbaste och mest kostnadseffektiva metoden att avfossilisera distributionsbilar och bussar, men att det råder mycket större osäkerhet kring vilka tekniker som är effektiva för riktigt tunga lastbilar (>40 ton).

För riktigt tunga fordon (40-74 ton) och för långväga trafik (mer än 100 km) är alternativen få. Det kommersiellt tillgängliga alternativ som finns är inblandning av flytande biobränslen (HVO; Hydrogenated vegetable oils, och Fame; fettsyrametylestrar) i dieseln. Denna inblandning bedöms i dagsläget stå för ca 18 % av den tunga godstrafikens energianvändning (Naturvårdsverket 2016) och därmed lika stor del av trafikarbetet. En avgjord fördel med denna inblandning är att den kan blandas i befintlig diesel och varken kräver speciell drivlina eller speciell infrastruktur. En avgjord nackdel är att det redan idag, och på sikt i än större utsträckning, är ont om både HVO och Fame. Sverige använder en stor del av den internationella produktionen. Biobränslen i form av ED95 (etanol) och biometan (biogas) används i begränsad skala av tunga fordon, främst bussar och lastbilar i distributionstrafik.

Någon annan fossilfri teknik för tunga lastbilstransporter finns idag inte kommersiellt tillgänglig. Det pågår dock forskning kring bland annat Dimetyleter (DME), alkoholer och andra drivmedel. Sweco har under våren genomfört en intervjuundersökning bland ett 30-tal aktörer inom transportområdet⁹; fordonstillverkare, elvägstillverkare, bränsleleverantörer, transportörer, analytiker och akademiker, om deras syn på utvecklingen av fossilfria tekniker fram till 2030 respektive 2045. Utifrån deras svar och utifrån Swecos egen kompetens inom området, har Sweco bedömt utvecklingen av teknikerna och marknaderna fram till 2030 och 2045¹⁰.

Teknikerna som bedömts

Avfossiliseringen av transportsektorn innehåller en rad olika presumtiva åtgärder så som energieffektiva fordon, energieffektiv användning av fordon och system, samhällsplanering, alternativa energikällor så som hållbara drivmedel och el. Att effektivisera fordon och system är positivt, men för att nå fossilfrihet behöver de kvarvarande transportererna energiförsörjas på ett hållbart sätt. Grovt kan teknikerna delas in i två grupper; de som använder förbränningsmotorer av olika slag och de som har elektriska drivlinor. Dessa tekniker kan sedan kombineras i olika hybridiserade drivlinor.

För **biodrivmedel** kan användningen delas upp i två grupper, inblandning i diesel för konventionella dieselmotorer, så kallad drop-in, eller i dedikerade motorer. Dagens dieselmotor kan drivas med i stort sett hur stor andel HVO som helst, men med max 7 % inblandning av Fame, så länge slutprodukten fortfarande uppfyller specifikationen för diesel.

⁸ IEA. 2017. The Future of Trucks - Implications for Energy and the Environment. Insight Series 2017. International Energy Agency

⁹ Sweco; Avfossilisering av tunga fordon – en rapport till Trafikverket juni 2017

¹⁰ Sweco; Avfossilisering av tunga fordon – bedömning av utvecklingen, ett PM till Trafikverket, juli 2017

ED95 (ett etanolbränsle) respektive DME (Dimetyleter) är bränslen för kompressionsmotorer (där bränslet antänds genom kompression som i dieselmotorer och inte genom tändstift), men kan inte blandas inbördes eller med vanlig diesel. Dessa drivmedel kräver unika motorer, bränslesystem och distributionssystem. Detsamma gäller för LNG (Liquid natural gas)/flytande metan som kräver gnisttända motorer. CNG (Compressed Natural Gas) eller fordonsgas som det kallas i Sverige är ett drivmedel med biologiskt eller fossilt ursprung (och blandningar däremellan). Motorer som går på metan är i regel gnisttända men det finns tekniker som nyttjar kompressionständning, så kallad dual-fuel eller metandiesel. För lätta fordon används ofta metan i kombination med bensin i gnisttända motorer. Eftersom de olika biobränslena kräver olika infrastruktur för distribution liksom olika motorer, råder tydlig konkurrens mellan dessa bränslen och tekniker.

Bränsleceller är i grunden en elektrisk teknik. Motorn som driver bilen är elektrisk, men energin kommer från vätgas som omvandlas till elektricitet i bränslecellen. Utöver ren vätgas kan väte erhållas från andra kolväten vilka kan kräva en reformer ombord på fordonet. Utvecklingen och försök med bränsleceller har pågått i flera decennier. I den årliga "Fuel cell industry report 2016" antyds att industrin ännu är liten och sårbar och till största delen beroende av stöd. Industrin ser inte själv tekniken som en dominerande lösning och det kommer att dröja innan det finns storskaliga system etablerade. Industrin har ändå svarat bra på politiska signaler och kunders önskemål. Det finns nu personbilar som drivs med bränsleceller till salu och i drift även i Sverige. Emellertid finns bara fyra tankstationer i landet så bilarna är ännu få. För tung trafik finns ännu inga kommersiellt tillgängliga fordon som drivs med bränsleceller.

Elektrobränslen är kolväten som framställts från vätgas och koldioxid. Processerna för detta är energiineffektiva och ännu inte väl utvecklade. En förstudie¹¹ antyder ändå att det under vissa förutsättningar skulle gå att producera fossilfri metanol med hjälp av vindkraft i Västra Götaland. Innan det är möjligt att bedöma vilken potential elektrobränslen kan ha i den framtida transportsektorn behöver många faktorer så som produktionskostnad, tillgång på elektricitet och koldioxid studeras närmare¹².

Elvägar (ERS – Electrical Road Systems) bygger på principen att elektricitet, direkt för framdrift eller för lagring i batterier, tillförs fordonet samtidigt som det kör. Tekniken är antingen konduktiv (strömmen överförs via kontaktledning) eller induktiv (strömmen överförs utan direktkontakt via elektrisk induktion). Båda teknikerna utvecklas för tung trafik och två konduktiva tekniker demonstreras i Sverige.

I valet mellan olika tekniker med mindre klimatpåverkan är kostnaderna ofta avgörande. Något som bl.a. Volvo Group framhåller¹³. Några exempel¹⁴: En tank för LNG är 70 % dyrare än motsvande tank för CNG. Vätgas har 6 ggr högre energitäthet/volym och 300 ggr högre energitäthet/vikt vid 70 MPa tryck, än batterier. Men vätgastanken behöver ändå 4 ggr större utrymme än motsvarande tank för diesel och har mycket högre krav på konstruktionen än dieseltanken. Beräkningar antyder att en diesellastbil med 260 kW motorstyrka endast kostar en fjärdedel av vad en motsvarande lastbil med bränsleceller skulle kosta idag. De flesta kostnadsjämförelserna mellan olika tekniker visar att diesel

¹¹ Liquid wind; Storing energy by making fuel, 2017

¹² Brynolf, S. Taljegard, M. Grahn, M. Hansson M (2016). Electrofuels for the transport sector: A review of production costs. Renewable and Sustainable Energy Reviews (In Press)

¹³ Position on Directive 2014/94/EC

¹⁴ OECD/IEA 2017; The future of trucks

är ett billigare drivmedel än de fossilfria alternativen om kostnaderna för ny infrastruktur ska tas med¹⁵.

Användningen av alternativa tekniker begränsas inte bara av tillgång och pris, utan också av distributionsmöjligheter. I Sverige finns t.ex. ett 60-tal anläggningar för CNG¹⁶, men gasen används främst av personbilar och lokala flottor av tyngre fordon så som sopbilar och bussar. Av personbilsflottan och tunga fordon är runt 1 % av fordonen gasdrivna. För bussar är motsvarande siffra 17 %.

Respondenternas svar i Swecos intervjuundersökning ska ses som bedömningar för både utveckling av teknikerna och marknaderna för dem. De innehåller också förhoppningar om utvecklingen av den teknik respondenterna själva företräder. Förmågan att få uppslutning bakom en teknik kan till stor del vara avgörande för teknikens framtid. Resultatet av undersökningen ska således inte tolkas som en sanning om framtiden, även om bedömningarna för 2030 förmodligen kommer att stämma bättre än de för 2045. Det är så mycket svårare att överblicka utvecklingen till 2045.

Utöver den tekniska utvecklingen av fordon och drivmedel står även samhället och transportsystemet inför presumtvt betydande förändringar. Olika tjänster som exempelvis mobilitet som tjänst, delad mobilitet, självkörande fordon kan förändra synen på mobilitet och transporter. Dessa frågor kommer att bevakas och ett samarbete upprättas med Trafikverkets program för digitalisering.

Utvecklingen till 2030

Samtliga respondenter och Sweco bedömer att den fossila dieseln kommer att behålla sin marknadsdominans länge. Ingen verkar tro att de tunga lastbilstransporterna kommer att vara oberoende av fossila drivmedel till 2030. De flesta menar att låginblandning av biodrivmedel i diesel kommer att stå för det största bidraget till fossilfrihet inom de tunga godstransporterna, även om höginblandade eller rena biodrivmedel kan lämna ett litet bidrag. Elvägar och bränsleceller kommer att vara begränsade till demonstratorer eller enskilda sträckor. Batterier kommer främst att förekomma för mycket korta sträckor i kombination med andra tekniker.

Även om det råder en liten skillnad i uppfattningen mellan olika grupper verkar alla vara överens om att batteritekniken inte kommer att vara tekniskt eller kommersiellt mogen som en egen framdrivningsteknik för riktigt tunga fordon till 2030. Batterier har ökat sin energitäthet fyrfalt från 2009 till 2015 (IEA, 2017), men är ännu inte i närheten av den energitäthet som gör dem användbara för riktigt tung trafik.

Elvägar med konduktiv överföring kan ha börjat spela en roll medan utveckling av bränsleceller ännu kommer att vara på demonstrationsstadiet som bäst. Hur utvecklingen av alkoholer och flytande metan kommer att gestalta sig beror till stor del hur regelverk, styrmedel och marknadstilliten för dessa bränslen utvecklas. Tilliten tycks ligga hos dieselmotorn eftersom drivmedel och teknik redan finns och inte behöver utvecklas samt att styrmedel (reduktionsplikt m.m.) gynnar låginblandning. För alkoholer och metan krävs både teknikutveckling och kunder som är beredda att satsa på ny teknik och bra infrastruktur för distribution av bränslet.

¹⁵ OECD/IEA 2017; The future of trucks

¹⁶ OECD/IEA 2017; The future of trucks

Samma sak skulle kunna sägas om bränsleceller när det gäller infrastruktur för distribution av bränslet. Bränsleceller kan däremot föda vilken elmotor som helst och elmotorer finns redan idag och kan även användas med ström från elvägar och batterier. Utvecklingen av bränsleceller för applikationer i tung trafik går också framåt. Såväl Scania som Toyota och Nikola Motors utvecklar fordon. Sandviken AB bidrar till utvecklingen genom att leverera specialdesignad plåt till själva bränslecellen. Genom en bred industriell förankring av bränslecellsteknik kan elektrifiering få en fördel framför utvecklingen av olika specifika biobränslen.

Den sammantagna bedömningen av marknaden 2030 för alternativa drivmedelstekniker blir då:

- 1) inblandning av biodrivmedel i diesel
- 2) alkoholer, metan och konduktiva elvägar
- 3) bränsleceller och elektrobränslen
- 4) batterier

Utvecklingen till 2045

De stora skillnaderna mellan 2030 och 2045 är frågorna om elektrifieringens utveckling, tillgången till biodrivmedlen och frågan om vad de ska användas till samt den lokala betydelsen av utsläppen av reglerade emissioner. Övergång från diesel till t.ex. naturgas (fossil metan) är tveksam ur ett klimatperspektiv, men bidrar samtidigt till bättre luftkvalitet genom minskade utsläpp av kolväten, partiklar och kväveoxider.

Till 2030 är det uppenbart att förbränningsmotorer med diesel och biodrivmedel kommer att dominera den tunga trafiken. Därmed kommer också de reglerade emissionerna att ligga ungefär på dagens nivåer. För att minska de hälsovådliga nivåerna av dessa emissioner så kan tung trafik i tätorter behöva regleras med förbud, miljözoner eller liknande åtgärder. Redan idag, i efterdyningarna av dieselskandalen, att flera städer i Europa diskuterar om att helt eller delvis förbjuda dieslbilar på grund av deras påverkan på luftkvalitet. Andra viktigt lokala aspekter kan vara buller- och vibrationsstörningar. Lokala miljöhänsyn kan således vara en av drivkrafterna för snabbare elektrifiering, vilket är ett viktigt skäl för South Coast Air Quality Management District i Los Angeles, USA¹⁷. Elektrifiering kan vid 2045 vara ett alternativ till dessa åtgärder och kan ha nått så långt att sådana åtgärder inte behöver motiveras av hälsoskäl. Lokala miljöhänsyn kan således vara en av drivkrafterna för snabbare elektrifiering. Transport & Environments menar att om vi ska nå nollutsläpp till 2045-50 så är basen fossilfritt genererad av elektricitet medan förbränningsmotorer, som drivs med bio- eller elektrobränslen, kan bli komplement till elektrifiering.

Biodrivmedel måste rimligen betraktas som en begränsad resurs. Redan i dag importerar Sverige en stor del av den tillgängliga HVO¹⁸. Det är framförallt tillgången till hållbara och kostnadsmässigt konkurrenskraftiga råvaror för biodrivmedel som är begränsningen. En betydande risk för denna marknad är förändringar i styrmedel och regelverk, exempelvis uppdatering av EUs förnybarhetsdirektiv. På sikt kommer andra användningsområden än lastbilstrafik att konkurrera om de tillgängliga biodrivmedlen. Särskilt inom flyg- och sjöfartsområdena kan det vara svårt att ersätta förbränningsmotorer med el. En större del av de tillgängliga biobränslena kan därför komma att styras mot sjö- och luftfart.

¹⁷ Clean Fuels Program 2016 Annual Report and 2017 Plan Update, SCAQMD

¹⁸ Energimyndigheten (2016). Drivmedel och biobränslen 2015 - Mängder, komponenter och ursprung rapporterade i enlighet med drivmedelslagen och hållbarhetslagen. ER 2006:12

Till 2045 bedömer många marknadsaktörer att framför allt bränsleceller kan ha utvecklats till en kommersiell tillämpning för de tunga lastbilarna. Det skulle innebära att elektrifierade drivlinor kunde få ström från såväl elvägar, bränsleceller som batterier och att förbränningsmotorer av olika slag skulle vara på väg att fasas ut.

I figur 3 nedan har Sweco sammanfattat resultatet från intervjuundersökningen och slutsatser från ett antal rapporter inom området. Tillsammans utgör de en bild över hur de olika teknikernas marknadsandel (i termer av trafikarbete) kan ha utvecklats till 2020, 2025, 2030 och 2045.

	Nuläge		2020		2025		2030		2045	
	Kvalitativt	%	Kvalitativt	%	Kvalitativt	%	Kvalitativt	%	Kvalitativt	%
Gasformiga biodrivmedel	Förkommersiell	0-0,1	Kommersiell	0-1	Kommersiell	1-5	Kommersiell	2-8	Kommersiell	2-10
Flytande biodrivmedel	Kommersiell	-	Kommersiell	-	Kommersiell	2-5	Kommersiell	2-5	Kommersiell	20-40
Drop-in	Kommersiell	18	Kommersiell	26	Kommersiell	33	Kommersiell	44	-	0
Elvägar (konduktiva)	Utveckling/tidig demonstration	0	Demonstration	0	Demonstration	0-0,5	Kommersiell	1-10	Kommersiell	10-40
Bränsleceller	Utveckling	0	Utveckling	0	Demonstration	0	Förkommersiell	0-2	Kommersiell	5-25
Electro-bränslen	Demonstration	0	Demonstration	0	Kommersiell	0-1	Kommersiell	0-5	Kommersiell	1-10
Batterier	Utveckling	0	Utveckling	0	Utveckling/tidig demonstration	0	Demonstration? Förkommersiell?	0-1	Kommersiell	2-15
Diesel		82		74		58-63		41-53		0-20

Figur 3. Avfossilisering av tunga fordon – bedömd utveckling (Sweco juli 2017)

Slutsatser

Fram till 2030 kommer diesel med inblandade biobränslen som HVO och Fame att vara den dominerande tekniken för att avfossilisera den tunga lastbilstrafiken. Förändrade förutsättningar i form av bland annat regelverk och styrmedel kan ändra situationen. På längre sikt tyder mycket på att elektrifierade drivlinor kommer att ersätta förbränningsmotorerna.

Elektriska vägar kommer att kunna bidra till elektrifieringen och driva på elektrifieringstrenden. Med stor sannolikhet kommer flera källor för elektricitet att finnas parallellt: dynamisk laddning och direktöverföring av el genom elvägar, bränsleceller med energilager ombord i form av vätgas eller annat kolväte samt batterier. Dessa system kommer mer att vara komplement till varandra än konkurrenter.

Flytande metan, alkoholer, fordonsgas och andra biobaserade bränslen för dedikerade motorer kan utgöra lokala nisch-tillämpningar för begränsade fordonsflottor.

Utvecklingen av marknaden för elektrobränslen kommer att bero av elmarknaden, tillgången och priset på fossilfri el.

Mot den bakgrunden stärks Trafikverket i att i första hand stötta den fortsatta utvecklingen av elektrifieringen. Särskilt då elvägar eftersom de knappast kan byggas utan stöd från Trafikverket. Trafikverket bör också följa den fortsatta utvecklingen av fossilfria framdrivningstekniker, särskilt vad gäller elektriska drivlinor.

Planering och nyttiggörande

Nyttor och effekter av elvägar

Kunskapen om elvägars nyttor och effekter är begränsad. De nyttor och effekter som tas upp i detta kapitel bygger därför på ett antal osäkra parametrar och förutsättningar. Det är ofrånkomligt eftersom det saknas traditionella effektsamband, kalkylvärden och efterfrågeberäkningar. Det kan därför vara lämpligt att genomföra känslighetsanalyser beträffande hastighet, andel elfordon etc.

Fordonskostnader

Fordonskostnader måste tas fram för såväl konventionellt fordon samt elfordon. De kalkylparametrar som används kan ställas upp enligt tabellen nedan.

Tidsberoende, kr/fordonstimme	Förarlön
	Kapitalkostnad
Avståndsberoende, kronor/fordonskm	Värdeminskning
	Däck
	Underhåll och reparation
	Övrigt

Vägslitage

I analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, kallat ASEK, finns differentierade marginalkostnader för drift, underhåll och reinvesteringar för tung trafik, med hänsyn till fordonets totalvikt. Dessa anges i kr per fordonskm.

Vägslitaget från ett fordon är proportionellt mot fordonets standardaxelantal. Ett genomsnittligt tungt fordon har 1,3 standardaxlar (SA) och således kan vägslitage, som vi antar beror på axelvikt, differentieras med hjälp av faktorer som motsvarar skillnaden i antal standardaxlar.

Det finns inget som tyder på att elfordonet ger upphov till ett annorlunda slitage än ett konventionellt fordon. Det finns vissa studier som pekar på ett samband mellan slitage och fordonets massa. Att elbilar för elvägar kommer att vara tyngre än konventionella bilar är inte givet, speciellt eftersom stora batterier inte behövs för elvägsfordon.

Utöver det vägslitage som uppkommer mellan däck och vägbana kan elvägar även generera partikelutsläpp genom kontaktytan mellan pantograf och luftledning eller avtagare och elskena. Betydelsen av dessa utsläpp kommer att studeras inom Forskning och Innovationsplattformen för elvägar.

Emissioner inklusive koldioxid

Emissionsfaktorer appliceras på beräknad bränsleförbrukning. De emissioner vi har att ta hänsyn till är koldioxid (CO₂) och kväveoxider (NO_x)

De partikelutsläpp man förväntas reducera med elvägar är i första hand de som sker på landsbygden, dvs. det handlar om regionala miljöeffekter. Där är partiklarnas skadeverkan tämligen liten och värderas inte monetärt. De lokala hälsoeffekterna av partiklar kan beräknas först när sträckningen (och därigenom exponeringen) är känd. Därför bortser vi från partikelutsläpp i detta sammanhang.

Tre exempelberäkningar har gjorts för tre olika fiktiva vägsträckor med olika årsmedeldygnstrafik (ÅDT) för att se hur stor utsläppsreduktionen av koldioxid respektive kväveoxider skulle kunna bli.

Detta visas i tabellerna nedan. Tabell 1 och 2 är baserade på att enbart tunga fordon nyttjar elvägen medan tabell 3 och 4 visar motsvarande effekt för lätta fordon. Data anger minskade utsläpp från vägtransportsektorn. I ett livscykel och systemperspektiv uppkommer emissioner i andra delsystem, till exempel vid produktion av elektricitet.

Tabell 1: Koldioxid (ton/år) från tunga fordon

Km	ÅDT, tung trafik	CO2 utsläpp			
		hela sträckan, utan elfordon	CO2-reduktion med 10% elfordon,	CO2-reduktion med 40% elfordon	CO2-reduktion med 70% elfordon
40	2 000	18 104	1 810 (2 633 tkr)	7 242 (8 556 tkr)	12 673 (14 447 tkr)
25	5 000	28 288	2 829 (3 225 tkr)	11 315 (12 899 tkr)	19 801 (22 573 tkr)
270	5 000	305 505	30 550 (34 827 tkr)	122 202 (139 310 tkr)	213 854 (243 794 tkr)

Tabell 2: Kväveoxid (ton/år) från tunga fordon

Km	ÅDT, tung trafik	NOX utsläpp			
		hela sträckan, utan elfordon	NOX-reduktion med 10% elfordon	NOX-reduktion med 40% elfordon	NOX-reduktion med 70% elfordon
40	2 000	67	6,7	26,8	46,8
25	5 000	132	13,2	52,9	92,6
270	5 000	1 429	142,9	571,6	1 000,3

Tabell 3: Koldioxid (ton/år) från lätta fordon

Km	ÅDT, lätt trafik	CO2 utsläpp			
		hela sträckan, utan elfordon	CO2-reduktion med 10% elfordon,	CO2-reduktion med 40% elfordon	CO2-reduktion med 70% elfordon
40	18 000	36 792	3 679 (4 119 tkr)	14 717 (16 777 tkr)	25 754 (29 360 tkr)
25	35 000	44 712	4 471 (5 097 tkr)	17 885 (20 389 tkr)	31 299 (35 681 tkr)
270	20 000	275 940	27 594 (29 177 tkr)	110 376 (125 829 tkr)	193 158 (220 200 tkr)

Tabell 4: Kväveoxid (ton/år) från lätta fordon

Km	ÅDT, lätt trafik	NOX utsläpp			
		hela sträckan, utan elfordon	NOX-reduktion med 10% elfordon	NOX-reduktion med 40% elfordon	NOX-reduktion med 70% elfordon
40	2 000	63,1	6,3	25,2	44,2
25	5 000	76,6	7,6	30,7	53,7
270	5 000	473,0	47,3	189,2	331,1

Av tabellerna ovan kan man utläsa att den stora vinsten med eldrivna tunga fordon skulle vara minskade koldioxidutsläpp. Naturligtvis är det föga överraskande eftersom syftet med elfordon, åtminstone i Sverige, är just att minska koldioxidutsläppen.

Vad gäller koldioxidnyttan för tunga respektive lätta fordon är den beroende på längd och ÅDT. Generellt sett kan man säga att ju längre sträcka desto större nytta för tunga fordon i förhållande till lätta.

Buller

I farter över 50 km/h är bullret från däckerna helt dominerande.¹⁹ Vad gäller den tunga trafiken som mestadels trafikerar sträckor på landsbygden kommer därför bullereffekten vara marginell. Däremot kan elfordon, främst då lätta fordon, vara betydelsefulla i stadsmiljö med låga hastigheter.

Elmix

I det resonemang som förs i detta kapitel antas att den el som används till elvägen och driften av fordonen härrörs från svensk elmix²⁰. Till övervägande delen framställs denna el av vattenkraft och kärnkraft, dvs. den är fossilfri. Således antas här att produktionen av elen som används av elfordonen inte ger upphov till några koldioxidutsläpp.

Miljö- och klimatpåverkan ur ett livscykelperspektiv (LCC)

Elvägar är en helt egen typ av väg och inget som vi i nuläget har schabloner för att räkna på när det gäller klimatbelastning. Utifrån den befintliga kunskapen och den kunskap som erhålls inom pågående forskning, exempelvis forsknings- och innovationsplattform för elvägar, kan befintliga schabloner baserad på konventionell teknik modifieras. Trafikverket har ett tätt samarbete med Forsknings- och innovationsplattform för elvägar där elvägars påverkan på miljö- och hälsoeffekter utreds.

Beräkningar visar dock att om den tunga trafiken Stockholm-Malmö-Göteborg (1 365 km) övergår helt från drift av fossila bränslen till eldrift skulle detta innebära en reduktion av koldioxidutsläpp med 1 miljon ton per år. Detta är drygt 2 % av Sveriges utsläpp av växthusgaser från fossila bränslen. Beräkningarna rörande koldioxidutsläpp från elproduktion bör utgå från svensk elmix. I denna utgör vattenkraft och kärnkraft majoriteten av den producerade elen.

Landskap, natur och kulturmiljöer

Väg- och järnvägs miljöer är ofta mycket långsiktiga till sin uppbyggnad och funktion. De ska tåla slitage, väder och vind – under alla årstider och dygnets alla timmar. Trafikverkets arkitekturpolicy slår fast att våra anläggningar ska präglas av god arkitektur, det vill säga en genomarbetad utformning som samspelar med landskapet och människorna. Genom historien har t.ex. stolpkonstruktioner utvecklats och anpassats till vad som ansetts vara god design. Uppförandet av ny

¹⁹ Enligt Mikael Ögren, bullerexpert på VTI är däckbullret helt dominerande i farter över 50 km/h. Undantag är trafik i backar samt vid acceleration. Enligt Mikael Ögren skulle därmed byte från diesel- till eldrift endast påverka bullernivån marginellt.

²⁰ Remiss av föreskrifter om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränsle, Remiss från Energimyndigheten Dnr 2017-010464

infrastruktur för elvägar, inte minst elvägar med luftledning, innebär ett intrång i landskapet. Hur stort detta intrång blir beror dels på den valda tekniken men även vilken hänsyn som tas vid planering och utformning. Detta inkluderar även den infrastruktur som behövs för att koppla samman elvägen med det allmänna eldistributionsnätet.

Elvägar som bygger på teknik med hängande trådar (t.ex. Siemens eHighway) påverkar/förändrar stads- och landskapsbilden både utifrån ett trafikantperspektiv men också för boende och friluftsliv. Den väg som nu demonstreras är en prototyp och det finns utrymme för förbättringar av gestaltning och landskapsanpassning. Stolparna är främst utformade för att kunna motstå krockvåld utan att strömförande ledningar landar på vägbanan. Denna funktionalitet borde kunna uppnås även med en smäckrare konstruktion.

Det sätt på vilket de strömförande ledningarna är upphängda kan ge den som färdas under ledningarna en känsla av att befinna sig i en tunnel. Ledningarna kan också begränsa sikten och försvåra läsbarheten av vägmiljön och landskapet. En konstruktion med färre bärledningar skulle kunna minska denna känsla och även ge trafikanterna en bättre möjlighet att läsa vägmiljön och att anpassa anläggningen till befintligt landskap.

Elvägar kan uppföras inom befintligt vägområde och behöver därmed inte ta ytterligare mark i anspråk utöver den mark som eventuellt krävs för upprättande av transformatorstationen (elanläggningen i gränssnittet mellan högspännings- och lågspänningsnätet). Dessa transformatorstationer behöver placeras längs med vägen med ungefär två kilometers mellanrum. Vid planering av elvägar behöver hänsyn tas till vart transformatorstationen ska placeras i förhållande till befintlig väganläggning, vilken utformning/gestaltning de ska ha, på vilken mark de ska placeras samt hur åtkomst till transformatorstationen ska säkerställas. Sett till fyrstegsprincipen kan elvägar beskrivas som en åtgärd mellan steg 2 och steg 3. En elväg kan betraktas som en åtgärd som medför ett mer effektivt utnyttjande av den befintliga infrastrukturen genom att en ny funktionalitet tillförs väganläggning utan att påverka den befintliga väganläggningens kapacitet. Samtidigt innebär elvägar begränsad ombyggnation av väganläggningen.

För elvägar som bygger på induktiv eller konduktiv teknik i vägbanan finns ingen påverkan på landskapsbilden utöver den som transformatorskåpen ger.

Trafikverket eller den aktör som ansvarar för uppförande och drift av infrastruktur ska leva upp till de lagkrav som uttrycks i bl. a Miljöbalken och Kulturmiljölagen vid anpassning av infrastrukturen. I Väglagen och Lagen om byggande av järnväg anges också ett allmänt krav på "att en estetisk utformning ska eftersträvas"²¹ och att "hänsyn tas till stads- och landskapsbilden och till natur- och kulturvärden"²². Detta gäller även vid utformning, uppförande och drift av infrastruktur för elvägar.

Regeringen har beslutat att betydelsen av den biologiska mångfalden och värdet av ekosystemtjänster ska vara allmänt kända och integreras i ekonomiska ställningstaganden, politiska avvägningar och andra beslut i samhället där så är relevant och skälig. Målet ska vara uppfyllt till 2018.²³

För att leva upp till detta ansvar har Trafikverket infört en riktlinje landskap (TDOK 2015:0323). Riktlinjen omfattar det samspel med och den påverkan på landskapet som vägar och järnvägar har, vilket innefattar såväl planering som investering, och reinvestering, drift och underhåll. Riktlinjen ska

²¹ Väglagen § 4 samt Lagen om byggande av järnväg, kap 1, § 3.

²² Väglagen § 13 samt Lagen om byggande av järnväg, kap 1, § 4.

²³ Regeringsbeslut M2012/1171/MA. (2012-04-26).

påverka framtagning av såväl tidiga strategiska planeringsdokument som mer konkreta dokument för planering, projektering, drift och underhåll samt processerna som styr detta arbete. Vid nästa revidering av denna riktlinje bör hänsyn tas till hur elvägar, beroende på typ av överföringsteknik, påverkar landskap samt natur- och kulturmiljöer.

Elvägar kan påverka landskap, natur- och kulturmiljön både genom den fysiska utformningen och genom den påverkan elektromagnetiska fält kan ha på naturmiljön. För de djurgrupper som identifieras i riktlinjen är det främst fladdermöss och vattenlevande djur som bedöms kunna påverkas av elvägar. Fladdermöss är skyddade enligt artskyddsförordningen (2007:845) men interaktionen mellan infrastruktur och fladdermöss är relativt lite studerad, än mindre interaktionen mellan fladdermöss och elvägar. Vattenlevande djur, inte minst vandrande fiskar, kan påverkas av elektromagnetiska fält. Vid planering av elvägsinfrastruktur bör hänsyn tas till vilka delar av vägsträckningen som behöver vara utrustad med teknik för dynamisk överföring och vilka delar som bör vara fria från elektromagnetiska fält.

Även fåglar kan påverkas av elvägar, då främst elvägsteknik som bygger på luftledning. Detta är ett område där det finns förhållandevis mycket studerat internationellt (kraftnät, järnväg mm)²⁴. Vid utformning av luftledningar bör hänsyn tas för att minimera påverkan på fåglar. Elvägar kan även medföra positiva effekter på naturmiljön, exempelvis genom att energiförsörja viltvarningssystem.

Påverkan på säkerheten

Elvägar skulle kunna påverka säkerheten på en given vägsträcka. Trafikverkets åsikt och inriktning är att elvägssträckor ska ha en säkerhet som motsvarar andra jämförbara sträckors. Elvägen ska alltså inte tillföra någon extra risk för trafikanter eller personer vid sidan av vägsträckan.

Säkerhetskrav för anläggningarna – Säkerhetskrav för såväl befintlig och nu infrastruktur måste utredas både ur ett trafiksäkerhets- och ett elsäkerhetsperspektiv, men även ur ett allmänt säkerhets- och sårbarhetsperspektiv. Säkerhetsaspekter kan få betydelse inte minst för hur stora området som behöver tas i anspråk för infrastrukturen, exempelvis för att nödvändiga skyddsavstånd ska kunna iaktas. Vilka säkerhetskrav som blir tillämpbara kommer ytterst att avgöras av vilken teknisk lösning som väljs.

En grundprincip i säkerhetsarbetet är att ta fram en riskanalys för hela systemet och att det är den aktör som är närmast verksamheten, ofta teknikleverantören, som ansvarar för riskanalysen. Detta för att det är den som har mest detaljerad kunskap om verksamheten, som också har mest kunskap om vilka möjliga risker som kan finnas med den.

En riskanalys ska omfatta samtliga aspekter på säkerhet, såväl risker för olyckor som risker till följd av avsiktliga händelser, såsom sabotage och annan brottslig verksamhet. I den Nationella säkerhetsstrategin lyfts flera områden fram som har bäring på transportsystemet och därmed även elvägar, exempelvis "Att tillgodose invånarnas trygghet, säkerhet och hälsa" samt "Att säkra försörjning och skydd av viktiga samhällsfunktioner".

En elvägsanläggning ska även vara utförd enligt god elsäkerhets- teknisk praxis så att den ger betryggande säkerhet mot person- eller sakskada på grund av el. De grundläggande säkerhetskraven enligt ELSÄK-FS 2008:1 3 kap 1-9 ska tillämpas. För elektromagnetisk kompatibilitet ska förordning

²⁴ Protecting Nature in Power Grid Planning. Recommendations from the BESTGRID project. Handbook. Birdlife International.

(SFS 2016:363), § 6 tillämpas. Utrustning ska med hänsyn till tillämpbar teknik vara konstruerad och tillverkad så att den inte alstrar en elektromagnetisk störning som överskrider en nivå som tillåter radio- eller teleutrustning eller annan utrustning att fungera som avsett, och har en sådan tålighet att den elektromagnetiska störning som kan förväntas vid avsedd användning inte medför att utrustningens funktion försämras i en oacceptabel utsträckning.

Inom den förkommersiella upphandlingen av elvägar har Trafikverket valt att möta varje teknik med krav utifrån den specifika teknikens förutsättningar. Detta har skett utan att ge avkall på säkerheten. Det leder till att en leverantör kan verifiera sitt säkerhetsarbete på tre olika sätt:

1. Tillämpa en för applikationen utvecklad standard
2. Tillämpa en standard utvecklad för en jämförbar applikation
3. Tillämpa ett systematiskt säkerhetsarbete som utgår från generella säkerhetsprinciper med uttryckliga riskuppskattningar

Eftersom elvägar inte finns som begrepp i lagtexter eller standarder, finns heller inget generellt systematiskt säkerhetsarbete att falla tillbaka på. Detta har inneburit att standarder för jämförbara applikationer har använts (fall 2, eHigway) eller att ett systematiskt säkerhetsarbete utvecklats (fall 3, Elways). Nya elvägstekniker behöver stöd genom forskning och innovation för att utveckla dem, tekniskt och säkerhetsmässigt, till en demonstrerbar utvecklingsnivå.

Frågorna behandlas lite olika beroende på vilken teknik som används för överföring av el från infrastruktur till fordonet.

Tekniker med hängande ledningar

Den preliminära bedömningen av säkerhetsfrågor kopplade till denna teknik är hanterbara. 45 risker har analyserats inom demonstratorn vid Sandviken. Inga incidenter av rang har inträffat under det dryga år som anläggningen varit i drift.

Elledningarna är spänningssatta dygnet runt så länge elvägen är i drift. Stolparna som bär upp ledningarna är skyddade av ett förstärkt sidoräcke (H2) för att hindra påkörning. Enligt Trafikverkets standard så är ett normalt sidoräcke (N2) tillräckligt. Skulle elledningarna eller upphängningen av dem brista, så är de strömförande ledningarna designade så att de rullas upp och blir hängande i luften, samtidigt som strömmen bryts. Inga strömförande delar ska då finnas i nåbar höjd.

Transformatorstationer placeras ovanför bakslänten och löper därmed en liten risk att bli påkörda.

Tekniken innebär inte någon påverkan på själva vägbanan annan än det spårslitage på banan (kanalisering) som kan följa av att ögat följer ledningarna och fordonen rör sig mindre i sidled än normalt.

Omkörning av elfordon är inte ett större problem än omkörning av andra fordon. Det elektrifierade fordonen har också möjligheter att köra vidare med batteri- eller dieseldrift eller vid ett eventuellt strömavbrott, så inga fordon blir stillastående och därmed ett hinder i vägen p.g.a. strömlöshet.

Tekniker med elskena i vägbanan

Flera olika tekniker bygger på att en skena monteras i vägbanan och förser fordonen med ström genom en strömavtagare (släpkontakt) som finns under fordonet.

De risker som tillförs är av två slag, dels elektriska och dels trafikala.

De elektriska riskerna är kopplade till själva skenan som spänningssätts när fordonen passerar över den. Till skillnad från tekniken med hängande elledningar är alltså aldrig en längre sträcka strömförande. De strömförande sektionerna varierar mellan 1 och 50 meter (skillnad mellan teknikerna). Oavsett längd på sektionerna slås spänning på först när fordonet kommer in på sektionen och av när fordonet har lämnat sektionen. För tekniker med kortare sektioner täcker alltid fordonet den spänningssatta delen av elskenan. För tekniker med längre sektioner slås strömmen av när fordonet står stilla eller rör sig sakta (fordonet drivs då med batteri eller diesel). Detta för att hindra personer som rör sig på vägen att av misstag utsättas för ström vid köbildning, stopp eller olyckor. Genom att fräsa ned skenan i asfalten kan också möjligheten att nå strömförande delar begränsas.

Att montera en elskena på vägen eller att fräsa ned den i vägen innebär ett ingrepp i vägbanan som kan föra med sig trafikala säkerhetsrisker. En metallskena har t.ex. annorlunda friktionsegenskaper än asfalt/betong. Detta är särskilt betydelsefullt för tvåhjuliga fordon. Risken för sladd eller längre bromssträckor ökar om vägytan har varierande friktionsegenskaper. Skulle skenan monteras så att den sticker upp mer än 4 mm ovanför vägbanans yta, så bryter det mot Trafikverkets regelverk Vägar och gators utformning (VGU) om en vägbanas jämnhet.

Genomgående är det leverantörens uppgift att säkerställa och visa att den levererade produkten uppfyller regelverk och säkerhetskrav. När det gäller elskenor i vägbanan har ännu inte utvecklingen kommit så långt att något system nått en utvecklingsnivå som uppfyller dessa krav för kontinuerlig drift.

Tekniker med induktiv överföring

Tekniker som är baserade på induktiv överföring innebär att det inte finns någon fysisk kontakt mellan fordonet och elvägen. Detta innebär även att det inte finns några elektriska komponenter som är exponerade för trafikanterna eller allmänheten. Motsvarande gäller för de trafikala effekterna. I och med att överföringstekniken ligger under vägytan finns ingen risk med varken nedfallande ledningar, uppstickande metallskenor eller annorlunda friktionsegenskaper. Däremot innebär den induktiva överföringen risker förknippade med elektromagnetisk strålning. Den elektromagnetiska strålningen kan dels påverka elektronisk utrustning och dels människors hälsa.

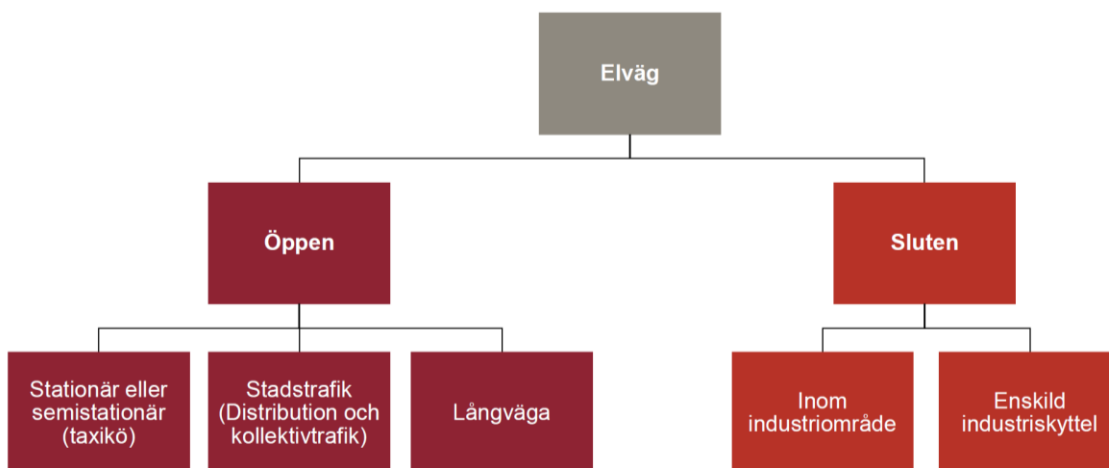
Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) regelverket ger redan idag tydliga krav på hur en starkströmsanläggning, exempelvis för laddning eller framdrift av elfordon ska vara utförd och hur den ska användas och underhållas²⁵. Även för den akuta hälsopåverkan, excitera nerverna, finns gränsvärden framtagna av Strålsäkerhetsmyndigheten och Internationella strålskyddskommissionen för icke-joniserande strålning. Enligt dessa riktlinjer får strålningen på allmänna platser uppgå till högst 6,25µT. Långtidseffekterna av att utsättas av magnetfält, speciellt inom det område som används för laddning av fordon, är inte väl utrett. Strålskyddsmyndigheten anger dock att inga säkerställda hälsorisker med svaga elektromagnetiska fält finns.

²⁵ Elsäkerhet och elektrisk infrastruktur för transportsektorn. Elsäkerhetsverket Dnr 17EV372

Elvägssträckor

För elvägar i jämförelse med konventionell dieseldrift gäller generellt att varje vägkilometer som elektrifieras och varje elvägsfordon skapar extra kostnader medan varje körd kilometer med eldrift skapar besparingar. Ju större andel av den totala årliga körsträckan för ett enskilt fordon som sker på elväg desto större är besparingen. Motsvarande gäller för investeringen, ju färre kilometer elväg som tillverkas och ju färre fordon som tillverkas desto lägre investeringskostnad. Det är i sammanhanget viktigt att elvägen inte är för kort annars påverkas studien negativt av att fordonen tillbringar stor del av tiden för omlastning (tungta fordon) eller är parkerade (personbilar).

Elvägar kan beskrivas på en rad olika sätt, bland annat beroende på systemets uppbyggnad, vilka aktörer och fordon som har tillgång till elvägen samt ägandeformerna. Grovt kan elvägssystemen delas upp i öppna respektive slutna system, figur 4. I det slutna systemet sköts elvägen och transportarbetet helt av privata aktörer som en del av ett avgränsat produktionssystem. Exempel på sådana system är transporter inom ett industriområde eller en industriell skyttel. Dessa system är relativt enkla att bedöma då transportarbetet över tid är känt och majoriteten av analysen kan göras utifrån ett företagsekonomiskt perspektiv. Risken är hanterbar men den totala potentialen är relativt låg eftersom denna typ av transportuppdrag står för en relativt liten andel av det nationella trafikarbetet med tunga fordon. Initiala beräkningar har visat att det krävs ett förhållandevis stort transportunderlag för att nå lönsamhet. Enligt rapporten Förstudie av affärsekosystem för elvägar²⁶ kommer det för en 30 km lång sträcka att krävas 50 lastbilar där varje lastbil kör fram och tillbaka 8 gånger per dag, året runt.



Figur 4. Principiell uppdelning av olika elvägssystem

I ett öppet elvägssystem förekommer en icke-diskriminerande åtkomst till systemet. I princip kan alla aktörer som trafikerar den aktuella vägsträckan ansluta sig till elvägen. För ett öppet system krävs en förhållandevis hög årsmedeldygnstrafik (ÅDT) för att säkerställa en tillräcklig hög andel elvägsfordon. Risken med ett öppet system är högre än för det slutna systemet då fler av varandra oberoende aktörer måste samverka. I ett öppet system kommer majoriteten av transporterna sannolikt att ha

²⁶ Sundelin, H. Mellquist, A-C., Linder, M. Gustavsson, M. Börjesson, C. och Pettersson, S. (2017) Förstudie av affärsekosystem för elvägar. RISE/ICT Viktoria

sin utgångspunkt eller destination utanför elvägsområdet och därmed behöva ett fordon som även fungerar utanför elvägen.

Följande faktorer kan vara viktiga att titta närmare på vid utredning och val av elvägsträckor i ett första utbyggnadsskede:

- Viktiga målpunkter för tung trafik
- Viktiga målpunkter för bussar och lätta fordon
- Hög ÅDT med stor andel skytteltrafik
- Förekomst av enskilda aktörer med ett stabilt transportarbete i skytteltrafik
- Andel av totala transportsträckan som sammanfaller med tänkt elvägssträcka
- Stabilt transportbehov över tid
- Intresserade aktörer
- Samspel med övriga trafikslag
- Sträckans betydelse i ett framtida utbyggt elvägsnät

Vilka faktorer som ska vara avgörande vid utredning och sedermera val av elvägssträckor samt processen och metodiken för hur det ska gå till behöver utredas ytterligare. Arbetet måste ske i samarbete med regionala aktörer och tänkta användare och leverantörer av elvägssystemet. Om även lätta fordon nyttjar elvägen kan möjligheterna till att nå lönsamhet förbättras. Intresset från personbilstillverkarna har dock hittills varit lågt. Det fortsatta arbetet med utredning av elvägar bör även inkludera lätta fordon i analyserna.

Aktiviteter

- Säkerställa att varje överföringstekniks funktionalitet och säkerhet är acceptabel genom tillämpning av vedertagna metoder och tekniker.
- Forskning och Innovation för att ta fler elvägssystem, som idag inte hunnit så långt, till en demonstrerbar utvecklingsnivå.
- Vid anläggande av elvägar bör en översyn göras av bl.a. Trafikverkets interna föreskrifter rörande säkerhet i anslutning till vägar och väganläggningar.
- Utredda hur åtkomst till transformatorstationer ska säkerställas på ett effektivt, säkert och landskapsanpassat sätt.
- Utredda om säkerhetsfrågorna påverkas av ägandeformerna för elvägar.
- Anpassa Trafikverkets riktlinje för landskap till att även inkludera elvägar och dess eventuella påverkan på landskap, skyddade arter och andra djur.
- Genomföra en detaljerad samhällsekonomisk kalkyl inklusive framtagande av grova effektsamband.
- Analys av konsekvenser och nyttor av att ansluta olika trafikantgrupper till elvägar.
- Planera för och genomför ett till två ytterligare demonstrationsprojekt.
- Planera för och genomför ett pilotprojekt på systemnivå.
- Ta fram en plan för nyttiggörande av elvägar, inklusive faktorer för lämpliga elvägssträckor, metod för utredning av elvägssträckor, klarlägga processen för hur utredning och val av elvägssträckor ska gå till samt förslag till nästa Nationell plan för transportsystemet (för åren 2022-2033).

Standard och regelverk

En omställning mot ett mer transporteffektivt samhälle, i vilket elvägar på sikt förutsätts bli en del av det svenska statliga vägnätet är beroende av ett sammanhängande rättsligt ramverk. Det innebär ett ramverk som understödjer parallella utvecklingslinjer som automation, delningsekonomi, digitalisering, elektrifiering etc. och som beaktar behovet av effektivitet och reglernas genomslag i samhällsplaneringen. Det är angeläget att redan i det här skedet överväga och utreda om det finns behov av förändringar i befintliga regelverk för att kunna uppnå en optimal utformning av anläggningar tillhörande elvägar, samt deras finansiering, ägande och drift.

Nuvarande reglering innebär att den fysiska planeringen för väg främst sker inom ramen för väglagen (1971:948) och vägförordningen (2012:707). Planeringen ställer krav på samordning med olika offentligrättsliga subjekt på olika nivåer men även privaträttsliga subjekt. Några av de lagar som berörs är miljöbalken, plan- och bygglagen (2010:900), jordabalken, kommunallagen (1991:900, efter den 1 januari 2018 2017:725), lagen (2016:1145) om offentlig upphandling (LOU), lagen (2016:1146) om upphandling inom försörjningssektorerna (LUF), lagen (2016:1147) om upphandling av koncessioner (LUK), ellagen (1997:857), elsäkerhetslagen (2016:732), lagen (1992:1512) om elektromagnetisk kompatibilitet, lagen (1994:1776) om skatt på energi samt den unions- och internationellrättsliga lagstiftning som hela eller delar av den nationella lagstiftningen baseras på.

Utöver de rättsliga överväganden som lyfts fram i följande text kommer anläggande och drift av elvägar att aktualisera andra rättsliga frågeställningar som skulle kunna ge behov av förändringar i lag. Det kan gälla t.ex. frågor om skadeståndsansvar, hantering av personuppgifter, planförfarande/bygglov, områdesskydd samt säkerhetskrav för anläggningarna.

En förutsättning för att kunna göra en mer djupgående analys av regelverken är att verksamheten är, i någon grad, konkretiserad varför detta endast är en inledande, översiktlig analys som i huvudsak syftar till att lyfta fram områden och frågor som bör utredas vidare.

Utbyggnaden av elvägnätet aktualiserar följande huvudsakliga områden:

- Åtkomst till mark för anläggande av nödvändig infrastruktur
- Behov av nätkoncession för byggande och användande av elanläggning för infrastruktur
- Distribution av el
- Översyn av standarder

I det följande redogörs under särskilda rubriker för förutsättningarna när det gäller markåtkomst, anläggande och drift samt eldistribution. När det gäller finansiering av anläggandet bör en juridisk analys ske fortlöpande och i samband med de fortsatta övervägandena kring de olika finansieringsmodellerna och deras lämplighet. Redan nu kan konstateras att en sådan analys behöver omfatta bl.a. frågan om huruvida bestämmelserna om avgifter i lagen (2014:52) om infrastrukturavgifter på väg är tillämpliga på uppförande av anläggning för elväg på befintlig väg.

Markåtkomst

För det befintliga allmänna vägnätet innehar den svenska staten genom Trafikverket s.k. vägrätt. Vägrätt uppkommer genom att vägghållaren tar mark eller annat utrymme för väg i anspråk med stöd av en fastställd vägplan eller i särskilda fall, med stöd av en skriftlig överenskommelse. Det är en rimlig utgångspunkt att markåtkomst för nödvändig infrastruktur för elvägnätet, precis som för

nuvarande vägnät, ska kunna säkerställas genom vägrätt. Huruvida det är möjligt att uteslutande förlita sig på vägrätt är dock osäkert och det kommer sannolikt att bli nödvändigt att se över och delvis ändra regelverket om det ska vara möjligt att förlita sig på vägrätt för att erhålla markåtkomst för hela den nödvändiga infrastrukturen.

För att vägrätt ska kunna erhållas till mark som behövs för de aktuella anläggningarna måste dessa omfattas av väglagens definition av väganordning, dvs. en anordning som stadigvarande behövs för vägens bestånd, drift eller brukande. Det är osäkert om samtliga delar av en anläggning för överföring av el för framdrift av fordon kan anses utgöra en väganordning enligt nuvarande definition. Som exempel på en sådan del av anläggningen som eventuellt inte omfattas kan nämnas transformatorstationerna.

Det har bedömts att i de fall då en ny funktion läggs till i en befintlig väg så krävs en ny vägplan. Möjlighet till framdrift av fordon med el via ledningar utgör med all sannolikhet en sådan ny funktion som förutsätter att en ny vägplan antas för relevanta sträckor. Det är idag inte helt klart hur långt från själva vägen som en väganordning kan placeras. Det kan bli nödvändigt att förtydliga detta, liksom om väganordningen alltid måste ha en fysisk beröring med vägen eller övriga väganordningar. Avståndet har betydelse för vägplanens utbredning, och därmed även för frågan om vilka anläggningar som kan omfattas av vägrätten och för vilka anläggningar mark kan tas i anspråk med vägrätt.

Vid utbyggnad av elvägar med konduktiv överföring av el via luftledningar kommer trådsäkring utmed ledningsgatan/vägen behöva ske. Det innebär att Trafikverket kan behöva komma åt mark utanför det ordinarie vägområdet. Vid markåtkomst genom vägrätt saknas möjlighet att lösa åtkomst till områden utanför vägområdet genom exempelvis servitut.

Om infrastrukturen ska ägas av annan än Trafikverket är det tveksamt om sådana anläggningar som hör till infrastrukturen kommer att anses utgöra väganordningar. Det innebär i sin tur att det sannolikt inte är möjligt att använda väglagens bestämmelser för markåtkomst. Det kan dock noteras att Trafikverket har möjlighet att bevilja tillstånd till uppförande av anläggning inom vägområde med de villkor och krav på utredningar som anses rimliga, enligt 43 § väglagen. Att infrastrukturen ägs av någon annan utesluter således inte att infrastrukturen i mån av behov anläggs inom vägområdet.

Åtkomst till mark utanför vägområdet måste dock lösas genom frivillig överenskommelse, genom erhållande av ledningsrätt eller genom ett expropriationsförfarande som initieras av anläggningsägaren. Detta är något som bör beaktas och utredas vidare i samband med överväganden rörande såväl markåtkomst som finansiering och framtida anläggningsägare. Även frågan om statsstöd kan aktualiseras om infrastrukturen ägs av annan än staten.

Nätkoncession

Nätkoncession dvs. tillstånd för att bygga och använda starkströmsledning, krävs som huvudregel för alla starkströmsledningar. En nätkoncession gäller normalt sett tillsvidare men den kan även tidsbegränsas. Den som beviljas nätkoncession har ensamrätt till överföring av el för annans räkning inom koncessionsområdet, så kallad nätverksamhet. Med denna ensamrätt följer skyldigheter, däribland skyldigheten att leverera el över nätet enligt de villkor som uppställts i ellagstiftningen och att ansvara för nätets drift, underhåll och säkerhet. För nätverksamheten tas en nätavgift ut av dem som är anslutna till nätet och för överlåtelse av nätkoncession krävs särskilt tillstånd. Innehavare av nätkoncession är skyldig att mäta eller beräkna elanvändarnas förbrukning och rapportera in

resultatet till berörda parter Nätverksamhet bedrivs av juridiska personer, vilket innebär att nätverksamheten kan bedrivas antingen av ett av statligt ägt bolag eller av ett privat bolag.

En juridisk person som bedriver nätverksamhet får inte samtidigt bedriva handel med el. Detta innebär att om Trafikverket äger elnätet så är Trafikverket förhindrat att sälja el – via sitt nät – till fordonen.

Möjligheten för Trafikverket att få nätkoncession är idag begränsad genom ellagens bestämmelse om att nätkoncession inte får meddelas för ett område som helt eller delvis sammanfaller med ett annat koncessionsområde.

Ett alternativ till att anlägga ett koncessionspliktigt nät är att tillämpa undantagsbestämmelserna om interna nät enligt förordningen (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen, nedan undantagsförordningen. Ett internt nät omfattas inte av koncessionsplikt och det får enligt förordningen anläggas inom området för en väg för att tillgodose trafikens behov. Trafikverket kan sannolikt redan idag anlägga och drifva en elkabel för högspänning inom vägområdet om den är avsedd för att tillgodose trafikens behov. Detta nät skulle då betraktas som ett internt nät. Att nätet skulle sträcka sig över förhållandevis långa vägsträckor är sannolikt inte något hinder. Dock ska här ändå noteras att det i motiven till nämnda förordning anges att ett internt nät inte bör ha för stor utbredning och anledningen till detta är att koncessionshavaren inte ska påverkas alltför negativt. För att ett elnät ska anses vara ett internt nät, förutsätts att den som innehar nätet eller elledningen använder nätet för att överföra el till sin egen verksamhet. Det är oklart om överföring till privata fordon på allmän väg kan anses utgöra överföring till egen verksamhet.

Det är idag enligt undantagsförordningen tillåtet att anlägga ett internt nät som huvudsakligen är avsett för fordons elbehov men ett sådant nät måste vara ett s.k. lågspänningsnät vilket utgör en begränsning för framtida teknikval.

Vad gäller överföring av el till annan från interna nät får det endast äga rum i de särskilda fall som särskilt anges i 24-29 §§ i undantagsförordningen. På andra typer av elnät får sådan överföring aldrig äga rum. I dessa bestämmelser finns inte internt nät inom vägområde angivet.

Som ovan nämns är det oklart vad som omfattas av begreppet ”tillgodose trafikens behov”. Det är inte säkert att detta innefattar överföring av el till privata fordon varför det idag är oklart om sådan överföring är att anse som överföring till annan och omfattas av förbudet eller inte. Även i de fall det är tillåtet enligt förordningen måste det finnas beaktansvärda skäl för att överföring av el för annans räkning ska få äga rum på elnätet.

Det kan noteras att det även finns en bestämmelse som reglerar interna nät inom trafikområdet för järnvägs-, spårvägs- tunnelbane- och trådbussdrift i syfte att tillgodose de trafikslagens behov av el. I motiven till undantagsförordningen anges att överföring av el för annans räkning från ett internt nät inom nämnda trafikområden inte bör vara tillåtet. Detta följer av att sådan överföring inte omnämns i 24-29 §§ undantagsförordningen.

Ytterligare en begränsning för det interna nätet är att detta sannolikt utesluter att annan aktör än väghållaren, dvs. Trafikverket, kan äga nätet.

Distribution av el

En aspekt rörande distribution av el som bör övervägas särskilt är att drivmedel till vägtrafiken idag tillhandahålls på marknadsmässiga villkor och att en eventuell statlig distribution/försäljning av el till

fordon kan påverka konkurrensen på drivmedelsmarknaden på ett önskat sätt. Elmarknaden i Sverige är avreglerad vilket innebär att elanvändare har rätt att köpa el från den leverantör de själva bestämmer. Även om leverans av el till fordon under färd är en anomali på dagens elmarknad bör nog övervägas om det är möjligt att motivera en ordning där elen tillhandahålls av en enda aktör om tekniska förutsättningar för en konkurrensutsatt distribution finns. Om det likväl blir Trafikverket som levererar elkraft till fordonen på svenska elvägar bör det övervägas om denna rätt bör följa av lag, om det är lämpligt att lägga fast tariffer genom föreskrifter, eller om det kan komma att krävas att ellagstiftningen justeras i någon del. I det fall trafikanterna ska kunna välja elleverantör kan det komma att enligt ellagen ställas särskilda krav på mätningen av elanvändningen.

Enligt drivmedelslagen (2011:319) ska den som levererar ett drivmedel för vägtrafik (inklusive el) och är skattskyldig årligen lämna en utsläppsrapport till Statens energimyndighet. Den som säljer elen betraktas som drivmedelsleverantör.

Standarder

Av annan karaktär är frågor om vilka krav som ska ställas på t.ex. produkt- och komponentutveckling avseende elvägstekniker och ansvaret för dem när de väl finns på marknaden; standarder, försäkringslösningar, tredjemanseffekter och bristande prestationer. Samma frågeställningar gäller de elfordon som är tänkta att trafikera framtida elvägar. Här åsyftas bestämmelserna på fordonsområdet, dels de som tar sikte på fordonets beskaffenhet och utrustning exempelvis frågan om vilka krav som ska gälla i fråga om elfordon, dels sådana bestämmelser som avser kontrollen av att elfordon också uppfyller gällande krav.

Syftet med standardisering är i huvudsak att underlätta för industriell produktion och bidra till gott tempo i spridning av innovationer. Samtidigt skapas industriella vinnare och förlorare. Därför står ofta strider kring standardiseringsfrågor. Standardisering sker också på olika tekniknivåer i en innovationsprocess. Dels kan komponenter och gränssnitt i teknologier standardiseras vilket ofta är en teknisk och industriell process i standardiseringskommittéer. Dels kan den övergripande designen för elvägssystem standardiseras. Den frågan har också en industripolitisk och internationell aspekt. Frågan om vilka elvägstekniker som bedöms att bli framgångsrika på marknaden och i vilken omfattning de ska bli föremål för standardiseringsarbete återkommer ofta.

Här har olika aktörer olika syn. Länder med stor andel transittrafik har större behov av en paneuropeisk standard för elvägar än länder som importerar eller exporterar stora delar av sitt gods via de internationella vattenvägarna. Fordonsindustrin ser gärna att en "champion" utses bland teknikerna så man kan få en effektiv produktion av fordon i stora serier. Samma intresse har de som äger eller tillverkar olika elvägssystem, fast under förutsättning att det är deras system som blir "champion". De som vill ha elvägar i sina städer och de som vill ha elvägar för transport av sitt gods har inte nödvändigtvis samma syn på vilket system som är mest lämpligt. Det beror på vilken transportapplikation som ska stödjas. För Trafikverket är frågan liknande; vilken trafik ska elektrifieras? Men också frågan om under vilka förutsättningar och till vilka kostnader som elvägar kan anläggas på det statliga vägnätet.

Beroende på val av tekniska lösningar av hur elvägen utformas och kraftöverföring till fordon sker kommer kravspecifikationen att se olika ut. Exempel på befintliga regler som påverkas vid uppförande av en elväg är att det idag finns fler gällande tekniska regelkrav som en etablering av en elväg måste beakta, oberoende av teknisk lösning.

- I vägen: bärighet, jämnhet i längdled, jämnhet i tvärled, friktion, synbarhet, anpassning till vägmarkering, elsäkerhetsregler.
- Ovan vägen: Fria rummet. Höjkrav med hänsyn till el längs/tvårs vägen. Säkerhetszon, krävs erforderliga skyddsåtgärder enligt regelverk för att skydda trafikanter vid av-/påkörning.
- Vid sidan av vägen: Säkerhetszon, krävs erforderliga skyddsåtgärder enligt regelverk för att skydda trafikanter vid av-/påkörning.

Aktiviteter

- En utbyggnad av elvägar kommer att medföra behov av förtydliganden och ändringar inom bland annat väglagen och vägförordningen. Det kan även bli aktuellt med ändringar inom andra författningar som exempelvis ellagen. Dock krävs en fördjupad analys, varför Trafikverket idag inte kan ge en exakt redogörelse för behovet av författningsändringar.
- Sammanfattningsvis måste för- och nackdelar med, samt de praktiska förutsättningarna för, att anlägga, låta anlägga eller upphandla ett koncessionspliktigt nät alternativt att anlägga ett internt nät utredas vidare. Vid en sådan utredning bör en lång rad överväganden göras, däribland hur förutsättningarna för markåtkomst ser ut beroende på ägandeform, vilka krav på offentlig upphandling som kan komma att ställas i olika skeden, vem som ska anses som slutlig elanvändare och eventuell skyldighet att möjliggöra val av elleverantör för slutliga elanvändare, vem som ska vara skyldig att erlagga nätavgift och hur sådan nätavgift ska bestämmas, praktiska frågor rörande underhåll av och tillträde till såväl befintliga väganläggningar som anläggningar för elväg osv.
- Något som bör övervägas särskilt i samband med frågan om vem som lämpligen bör beviljas rätt att tillhandahålla nät för elväg och formerna för ett sådant beviljande, är om förfarandet i någon del kan komma att ses som en stödåtgärd som faller under reglerna om förbjudet statsstöd. Denna fråga bör analyseras särskilt och ur ett brett perspektiv.
- Olika aktörers syn på standarder behöver inhämtas inför vidare utredning.
- Det finns behov av att ta fram en standard för uppförande, drift och trafikering av elvägar.

Elnätets utbyggnad

Det allmänna vägnätet har idag inget utbyggt långsgående elnät för den elkraft som erfordras för vägens behov. På vissa platser där kraft erfordras för vägen, t.ex. belysnings- eller pumpanläggningar, finns framdragna elabonnemang från en kraftleverantör med områdeskoncession. De redan befintliga abonnemangen är för glest placerade och inte heller dimensionerade för att kunna användas för fordonsdrift. Med införandet av elvägar uppstår ett kraftbehov längs stora delar av vägen sträckning och inte heller eldistributörerna har, annat än undantagsvis, färdiga nät längs vägarna med tillräckligt hög överföringsförmåga.

Det allmänna elnätet kan också behöva anpassas/utvecklas i andra aspekter än kraft-/effektbehov. Elvägar innebär att elnätet får en annan belastning än idag. För att klargöra vilka effekter och behov som elnätet kan behöva uppfylla p.g.a. elvägar behövs forskning och eventuellt innovation. Där har Trafikverket och Energimyndigheten ett ansvar för att det görs.

Där det inte finns befintliga tillräckligt starka allmänna eldistributionsnät tillgängliga tillräckligt nära och frekvent till elvägen, behövs nytt lokalnät byggas för högspänning. Det innebär sannolikt att det inom vägområdet behöver byggas ett kabelnät för högspänning, ca 10-30kV, som en del av väginfrastrukturen. Gällande regelverk Förordning (2007:215) om undantag från kravet på nätkoncession enligt ellagen (1997:857) tillåter att ett sådant internt nät byggs "för att tillgodose trafikens behov". Detta kabelnät behöver sannolikt anslutas till regionnät eller ett tillräckligt starkt lokalnät inom mellanspänningsnätet.

Med någon eller några kilometers avstånd behöver den höga spänningen omvandlas till en lägre spänning i en elanläggning, figur 5. Därefter distribueras den lägre spänningen till elvägens överföringssystem och slutligen till fordonen. Även om elvägsanläggningarna för överföring av energi från det allmänna eldistributionsnätet till fordon är under utveckling bör gemensamma standarder för tekniker, spänningsnivåer, effekter och kommunikationsprotokoll kunna bestämmas relativt snart.

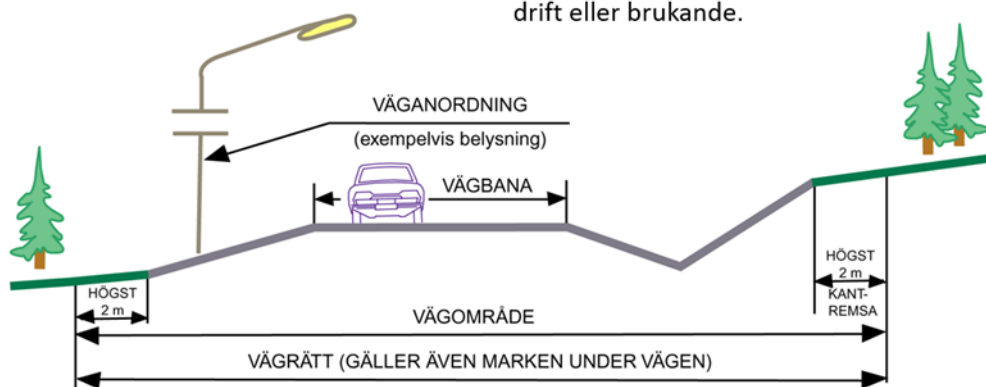


Figur 5. Exempelbild på hur en elanläggning längs elvägen kan se ut.

Om elanläggningen inte ryms inom området för vägen så är det troligt att Trafikverket inte kan anlägga den som en del av det interna nätet utan att utöka vägområdet. Se figur 6 för vad som kan ingå i vägområdet. Utökning av vägområdet kan ske antingen genom frivillig överenskommelse med markägaren eller med vägrätt erhållen genom vägplan enligt väglagen (1971:948). Introduktionen av elvägar kan innebära att de nuvarande skrivelserna i väglagen behöver ses över utifrån behoven kopplade till långsgående kabelnät för högspänning, elanläggningarna längs elvägen och för elanläggningen på vägen närmast fordonen.

Vägområde är den mark som tas i anspråk för väganordning.

Väganordning är anordning som stadigvarande behövs för vägens bestånd, drift eller brukande.



Exempel på väganordning: belysning, damm, dike, slänt, vägbana.

Figur 6. Vägområde för allmän väg

De elvägslösningar som testas nu i Sverige har strategin att fordonen ska kraftförsörjas med en spänning av cirka 600 – 800 V DC eller AC. Det är en låg spänning och inom definitionen för lågspänning. (Det innebär spänningar på upp till 1500 V DC eller 1000 V AC.) Förespråkarna av det hävdar att det är bäst ur fordonsperspektivet. Kostnaderna för fordonen blir då lägre och komponenterna som behövs på fordonen finns då redan på marknaden. För en elvägsinfrastruktur är den låga spänningen en nackdel med hänsyn till ekonomi och energieffektivitet. För att kraftförsörjningen till fordonen ska bli acceptabel, med hänvisning till överförd effekt och rimliga överföringsförluster, måste infrastrukturens kraftförsörjningsanläggning närmast fordonet (kontaktledning, kontaktskena) med en lägre spänningsnivå ha en matning relativt tätt från ett starkare elnät, dvs. "billiga" fordon innebär mer omfattande och dyrare infrastruktur. Vilken matningsspänning till fordonen som är lämpligast i ett helhetsperspektiv med fordon och infrastruktur kommer att studeras inom CENELEC/TC9X under år 2018.

Elnätets uppbyggnad från det allmänna eldistributionsnätet till fordonet på elvägen:
Se siffror i illustrationer nedan.

1. Det allmänna eldistributionsnätet (regions eller mellanspänningsnät ägt av ett bolag som har områdeskoncessionen)
2. Högspänningsnätet parallellt med vägen och inom vägområdet
 - a. byggs sannolikt inom vägområdet och ägs antingen av väginfrastrukturhållaren eller en annan aktör.
3. Elanläggningen i gränssnittet mellan högspännings- och lågspänningsnäten
 - a. byggs som en del av elväginfrastrukturen och ägs antingen av väginfrastrukturhållaren eller annan aktör. Elanläggningen och elvägen är integrerade anläggningar som endast är avsedda för elvägen.
4. Lågspänningsnätet inklusive elanläggningen i gränssnittet närmast fordonet

- a. byggs som en del av elvägsinfrastrukturen och ägs antingen av väginfrastrukturhållaren eller annan aktör. Vid annan ägare än väginfrastrukturhållaren behöver tydliga regler och gränsdragningar kopplat till tillgång till samt drift och underhåll för väginfrastrukturen och elvägsinfrastrukturen utvecklas.



Figur 7. Princip för elförsörjning av elväg

Aktiviteter

En rad aktiviteter behöver genomföras kopplat till kraftförsörjning av elvägar och fordon

- Den samhällsekonomiskt mest lämpliga matningsspänningen till fordonen behöver analyseras. Ska det vara lik- eller växelspanning och med vilken spänningsnivå?
- Behovet av att standardisera spänningsnivå, transformatoreffekter m.m. på det parallella nätet.
- Vilka krav och regler som gäller för energileveransen till fordonen samt möjligheterna för användare av elväg att välja energileverantör. Ska trafikanterna kunna köpa elenergin från valfri energileverantör eller får Trafikverket vara leverantören?
- Översiktligt analysera (el) energi- och effektbehov längs med elvägsnätet samt möjliga anslutningspunkter med beaktande av möjligheter och hinder i samband med pågående och förväntad förändring/utveckling av det allmänna elsystemet.

Bilaga 1

1. Rapporter och uppsatser inom elvägsområdet som kopplar till Trafikverket och den svenska satsningen inom elvägsområdet.
2. Grontmij 2010; Förstudie elektrisk vägar – elektrifiering av tunga vägtransporter, P Ranch.
3. Grontmij 2011; Elektrifiering av E4 Södertälje Helsingborg – Översiktlig samhällsekonomisk analys, M Haraldsson.
4. KTH 2012; Förstudie Eldrivna godstransporter på väg, H Ingvarsson.
5. Trafikverket 2012:147; Malmtransporter från Kaunisvaaraområdet och elektriskt drivna lastbilar, R Engström et al.
6. Test Site Sweden TSS 2012; förstudie Miljöer för simulering och demo av elektromobilitet, M Borgqvist.
7. Forum för transportinnovationer 2013; Färdplan elektrifiering av vägtransporter, M Henke, A Berndtsson, F Kjellgren.
8. WSP 2013; Elvägar – intervjuer med aktörer, C Nilsson, B Hugosson.
9. WSP 2013; Elektrifiering av tunga transporter – En bedömning av potentialen, M Nilsson, A Wärmark.
10. Chalmers 2013; Comparative LCA of Electrification Alternatives for Long Haul Trucks, A Björkman.
11. WSP 2013; Elektrifierade vägar för tunga godstransporter- underlag till färdplan, B Hugosson et al.
12. Projektengagemang Energipartner AB & Svenska elvägar AB 2013; Lokalisering-, intressent- och finansieringsutredning för en demomiljö av elvägar, A Nordqvist, P Ranch, J Snygg.
13. KTH 2014; The Business model dilemma of technology shifts, S Tongur, M Engwall.
14. KTH 2014; The development of the Electric Road System and I-710 in LA, S Tongur.
15. KTH 2014; An Electrified Road Future - A feasibility study of Electric Road Systems (ERS) for the logistic sector in Sweden, G.M Lykogianni, M Österlind.
16. JBGC AB 2014; Början på en ny väg till elvägar, H Jeppson.
17. Sweco 2015; Förstudie Arktisk Elväg, P Berggrund et al.
18. Viktoria Swedish ICT 2015; Förstudie om betalssystem för elvägar, M.G.H Gustavsson et al.
19. VTI 2015; Elvägar i körsimulator – design, test, utvärdering och demonstration av elvägstekniker och elfordon med virtuella metoder, A Nåbo et al.
20. SEC, Swedish Electromobility Center 2015; Cost Analysis of Electric Land Transport, H Bängtsson, M Alaküla.
21. Nationellt kunskapscentrum för kollektivtrafik K2 2016; Elektrifiering av stadsbussar - En genomgång av erfarenheter i Sverige och Europa, J Kahn et al.
22. Viktoria Swedish ICT & KTH 2016; The Maturity of Electric Road Systems, H Sundelin, M.G.H Gustavsson, S Tongur.
23. ERTRAC, Smart Grids & EPoSS 2017, European Roadmap electrification of Road transport, 3rd edition.
24. KTH 2017; Exploring window of opportunity dynamics in infrastructure transformation, S Tongur, M Engwall.
25. Viktoria Swedish ICT 2017; Förstudie av affärsekosystem för elvägar; H Sundelin et al.
26. Chalmers 2017; The effect of electric roads on future energy demand for transportation; D Jelica.
27. Chalmers 2017; Electric Road Scenarios, rapport från AP1 i FoU-plattformen för elvägar, F Johnsson.

28. Viktoria Swedish ICT 2017; Delrapport arbetspaket 7, Affärsmodeller, tillträde och betalsystem FoU-plattform elvägar, C Börjesson.
29. Sweco AB 2017; Avfossilisering av tunga fordon, F Mohseni et al.



Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda Vägen 1
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se