

Kan elektrifiering av vägar minska godstransporternas klimatpåverkan?

I denna artikel presenteras beräkningar av utsläppsminskningspotentialer och klimatnyttan av att elektrifiera delar av vägnätet för tunga lastbilstransporter. En enkel samhällsekonomisk analys tyder på att om dagens koldioxidskatt används för att beräkna värdet av koldioxidutsläpp och en tredjedel av lastbilarna kör på el skulle det kunna löna sig att elektrifiera E4 i Stockholms län. Med ett högre koldioxidvärde på sju kr/kg CO₂ som rekommenderas av de nya ASEK-riktlinjerna ökar lönsamheten till att åtminstone omfatta E4 från Skåne genom hela landet t o m Västernorrlands län, alla europavägar i Skåne län, hela E6, E18 från Stockholm genom Västmanland och Örebro län, samt E20 från Örebro till Göteborg.

I tonkilometer mätt går ca 50 procent av alla godstransporter i Sverige på väg. Andelen har varierat mellan 45 och 52 procent under perioden 2000–2018 och kan anses vara relativt stabil. Järnvägstransporternas andel har även den varit relativt stabil, mellan 19 och 21 procent under samma period, medan sjöfartens andel har sjunkit något, från 34 procent 2015 till 28 procent 2018.¹ Utifrån historisk erfarenhet ter det sig således inte helt enkelt att öka järnvägens och sjöfartens andel av godstransporterna i syfte att minska godstransporters klimatpåverkan.

Växthusgasutsläppen från tunga lastbilstransporter, fordon med en vikt som överstiger 3,5 ton, har ökat med ca 11 procent mellan 1990 och 2017. Sedan toppåret 2007 har utsläppen dock minskat med ca 26 procent till 3 326 kiloton (kton) år 2017 (Naturvårdsverket 2018). Minskningen har huvudsakligen skett genom ökad användning av biodrivmedel. Potentialen för framtida ökat biomassa-uttag och därav följande minskning i utsläppen är dock begränsad (Börjesson 2016; Kågeson 2018; Energimyndigheten 2018). Om Sverige inte ska bli en mycket stor importör av biodrivmedel är detta inte heller en framkomlig väg för att minska växthusgasutsläppen.

Från och med halvårsskiftet 2018 har tyngre lastbilar, upp till 74 ton, varit tillåtna på vissa delar av vägnätet. Vidare har Trafikverket utrett möjligheten till längre fordon, upp till 34,5 meter (maxlängden i dag är 25,25 meter). Tyngre och längre fordon beräknas kunna minska utsläppen av koldioxid med upp till 20 procent (Trafikverket 2019c). Även denna potential är dock begränsad. Utvecklingen för utsläpp från fyra vägtransportslag mellan 1990 och 2017 visas i figur 1.

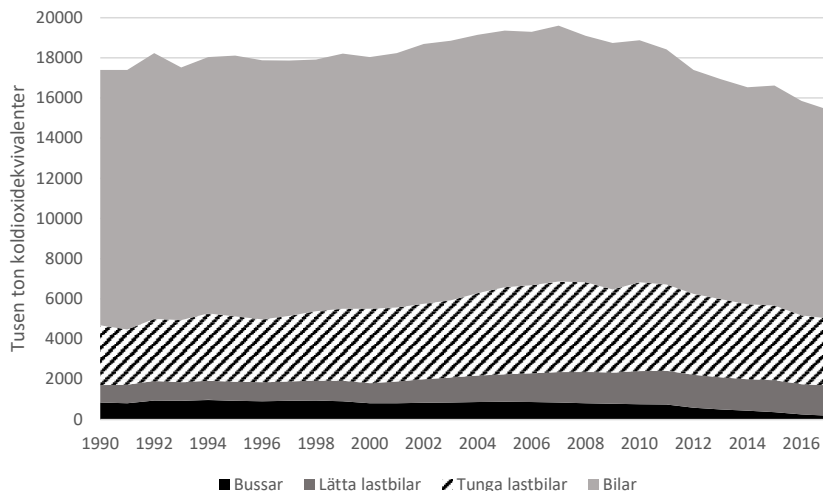
¹ Detta beror dock på ett tidsseriebrott där avståndsberäkningarna har utförts med en uppdaterad avståndsmatrix.

JOHANNA JUSSILA HAMMES

disputerade i miljöekonomi vid Göteborgs universitet 2005. Sedan 2009 arbetar hon på Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI), numera som senior forskare i transportekonomi. Hennes forskningsintressen omfattar styrmedel för ett hållbart transportsystem, politisk ekonomi samt användning av kostnads-nyttoanalyser i politiskt beslutsfattande.
johanna.jussila.hammes@vti.se

Författaren tackar Maria Börjesson, Magnus Johansson, Per Kågeson, Noor Sedehi Zadeh, Ivan Ridderstedt, Mattias Haraldsson och redaktör Mikael Elinder för värdefull hjälp och synpunkter.

Figur 1
 Utsläpp av växthusgas-
 ser från vägtransporter
 mellan 1990 och
 2017 i Sverige



Källa: Naturvårdsverket.

Som alternativ till att flytta långväga godstransporter till järnväg och sjöfart eller öka importen av biodrivmedel för att minska klimatutsläppen skulle vägtransporter kunna elektrifieras. Den långväga trafiken sköts till största del med tunga lastbilar. Tung fordon är dock svåra att elektrifiera eftersom de kräver mycket energi samtidigt som batterierna tar vikt och plats av lasten. Batteristorleken måste därför dimensioneras med hänsyn till lastutrymme och vikt. Dessutom tar laddningen av batterier tid. En lösning till problemet skulle kunna vara att elektrifiera vägen, dvs att möjliggöra drift av fordonet med el antingen från en elskena i vägen eller luftledning. Eventuellt skulle batteriet kunna laddas under färd.

Syftet med denna artikel är att presentera vilka möjligheter som skulle finnas både för utsläppsminskningar och för samhällsekonomisk lönsamhet om godstransporter elektrifierades på de största transportstråken. Vi beräknar först utsläppsminskningspotentialen för varje europaväg samt för fyra riksvägar med stora godsflöden (RV 40 mellan Göteborg och Jönköping, RV 73 mot Nynäshamn, RV 11 och RV 21 i Skåne) i varje län. Därefter görs en enkel samhällsekonomisk analys av vilka vägar och i vilka län som det skulle kunna löna sig att elektrifiera utifrån ett antal antaganden och i termer av elvägars klimatnytta. Studien tar inte hänsyn till tekniska aspekter av elvägar eller gör några egna kostnadsberäkningar.

Studiens upplägg är följande: I nästa avsnitt görs en kort lägesbeskrivning för elvägar i Sverige och omvärlden. Därefter beskrivs de avväganden som gjorts i samband med beräkningarna.² I avsnitt 3 beskrivs utsläppsminskningspotentialerna och i avsnitt 4 görs en enkel samhällsekonomisk bedömning av åtgärdernas kostnadseffektivitet utifrån ett klimatperspektiv. Studien avslutas med några slutsatser.

² För en fullständig beskrivning av metoden och en diskussion av begränsningarna i de genomförda beräkningarna hänvisas till working paper-versionen, Hammes (2020).

1. Pågående elvägsprojekt i Sverige och internationellt

De första tankarna på elvägar presenterades redan i slutet av 1990-talet (Hådell 1996; Steen 1997). Arbetet med att utreda de samhälls- och företagsekonomiska förutsättningarna kom dock ingång först efter 2010 (Grontmij 2010; Haraldsson 2010; Bergman 2011; Ranch och Snygg 2013; WSP 2013). Den första samhällsekonomiska analysen genomfördes av Haraldsson (2010) som kom fram till att investeringen i elvägar, trots den höga investeringskostnaden, skulle vara samhällsekonomiskt lönsam om minst 35 procent av den tunga trafiken på den studerade vägsträckan (E4 mellan Södertälje och Helsingborg) skulle utnyttja elinfrastrukturen. Därefter gjorde WSP (2013) bedömningen att den företagsekonomiska brytpunkten mellan den högre kostnaden för elfordonet och den elektrifierade trafikens lägre driftskostnad ligger vid en körsträcka på ca 2 500 mil per år. Siffran omfattar körning både på elvägar och på annat vägnätverk. Givet den genomsnittliga körsträckan på 4 139 mil år 2018 för tunga lastbilar (Trafikanalys 2019) indikerar detta att eldrift kan vara företagsekonomiskt lönsam.

Utredningen om Fossilfrihet på väg (SOU 2013:84, s 518–519; ”FFF-utredningen”) bedömde att ca 900 passerande fordon per dag behöver använda el för att deras minskade utsläpp av koldioxid och andra utsläpp samt reducerade energianvändning skulle uppväga investerings- och underhållskostnaden för elinfrastrukturen på en given vägsträcka. Utredningens bedömning var att åtta procent av transportarbetet med tunga lastbilar skulle kunna ske med eldrift år 2030 om 100 mil av de mest trafikerade vägarna i Sverige elektrifierades och under förutsättningen att en tredjedel av lastbilarna på detta vägnät går på el.

Elvägar har vissa fördelar jämfört med fossil framdrift. För det första minskar utsläppen av koldioxid med 80–90 procent (eRoadArlanda 2020). Anledningen till detta är att det svenska elproduktionssystemet är nästan fossilfritt. Sandviken Pure Power (2020) noterar dessutom att både energiförbrukning och driftskostnad blir lägre än med en förbränningsmotor. Verkningsgraden för eldriften anges som 77 procent, vilket är högt jämfört med en dieselmotor. Samtidigt ligger energiförbrukningen på ungefär en femtedel jämfört med diesel och bensin (Sandviken-Pure Power 2020).

I juni 2013 inledde Trafikverket, Energimyndigheten och Vinnova Elvägsupphandlingen som resulterade i att två försökssträckor har byggts. Den ena avser en sträcka på två kilometer på E16 vid Sandviken. Från och med 2016 testas överföring av el från en kontaktledning som hänger från stolpar. Två elhybridlastbilar har trafikerat sträckan. Försöket har visat att tekniken fungerar väl i vanlig trafik och under olika väderförhållanden. Eftersom försöket bedöms som lyckat har projektet förlängts till 2021, bl a för att ta fram nya affärsmodeller för tillhandahållandet av el och betalösningar för trafikerings (Sandviken Pure Power 2020). Den andra försökssträckan, den s k E-Road Arlanda, är en två kilometer lång sträcka belägen

mellan Arlandas fraktkomplex och Rosersbergs logistikområde på väg 893 och togs i drift 2018. Där prövas överföring från en elskena i vägbanan.

Trafikverket upphandlar för närvarande ytterligare pilotsträckor. Genom regeringsbeslutet i den nationella infrastrukturplanen för 2018–29 har myndigheten uppdraget att bygga och driftsätta minst en kortare elvägssträcka senast år 2021. För tillfället förbereder två kandidater, regionerna Örebro och Stockholm, för en sträcka på omkring 20–30 kilometer (Trafikverket 2019a).

Parallellt med detta arbete bidrar Trafikverket till byggandet av två demonstrationssträckor för elvägar. Dessa avser en induktiv elvägssträcka för tung trafik och kollektivtrafik på en kuststräcka i närheten av Visby samt en induktiv lösning för kollektivtrafik i Lund (Trafikverket 2019b). Induktiv teknik innebär magnetisk överföring av energin, dvs att fordonet laddas trådlöst. Konduktiv teknik möjliggör matning av el på ett av två alternativa sätt, antingen kontakt uppifrån via luftledning eller underifrån via ledningar i vägen.³ Exempelvis i försöket med eRoadArlanda matas elen in i fordonet med hjälp av en rörlig arm från en skena i vägen (eRoadArlanda 2020).

Tre försökssträckor ska byggas eller är redan i drift i Tyskland. Dessa baserar sig på Siemens koncept för överföring från kontaktledning. Det första projektet, som driftsattes i maj 2019, är fem kilometer långt på Autobahn A5 vid Frankfurt (DW 2019; The Local 2019). Ett andra projekt avser en tio kilometer lång sektion av Autobahn A1 till Lübecks hamn. Försöksprojektet beräknas pågå från 2019 till 2022. Denna elväg kompletteras med möjlighet till stationär laddning i hamnen (eHighway.sh 2019). Den tredje elvägssträckan har ännu inte börjat byggas men planeras till Baden-Württemberg längs en sektion av B462 (The Local 2019; Scania 2018a).

Även i Kalifornien pågår elvägsförsök. Testet startade 2016 på en 1,6 kilometer lång stadsväg utanför Los Angeles (City of Carson). Vidare har en förstudie om elektrifiering av delar av vägnätet runt London genomförts och även i Norge har en förstudie om elektrifiering av E39 genomförts (Trafikverket 2017). I Italien planeras en sex kilometer lång försökssträcka längs väg A35 i Lombardiet. Det långsiktiga målet är en 62 kilometer lång elväg (Scania 2018b).

Sammanfattningsvis kan konstateras att elvägar verkar vara en teknik som är på gång, vilket stöds av Trafikverkets agerande. Ursprungligen, enligt den nationella transportinfrastrukturplanen för 2018–29, skulle en till två demonstrationssträckor på 20–30 km byggas. Såsom beskrevs ovan har dock vägvägnätet i Örebro och Stockholms län gått över till att vara pilotsträckor, dvs början på en utrullning av elvägar.

Stora osäkerheter kvarstår dock, framför allt frågan om teknikval. De flesta försöken hittills har gjorts med Siemens teknik med luftledningar, framför allt alla tre försöken i Tyskland men även elvägen i Gävle-Sand-

³ Luftledningstekniken är en vidareutveckling av befintlig teknik för trådbussar och en tillämpning på en annan fordonskategori, nämligen lastbilar.

viken och försöksträckan i Italien. Kontaktledningstekniken är en vidareutveckling av en gammal teknik som sedan länge använts för trådbussar i många städer, och medför vissa problem, bl a för vägunderhåll eftersom underhållsfordonen måste passa under ledningarna och eftersom stolparna kan störa förarens synfält. Dessutom kan inte mindre fordon utnyttja tekniken, vilket minskar dess potentiella samhälls- och klimatnytta. Fördelen med matning underifrån är att den på ett enklare sätt kan anpassas för alla trafikslag, dvs både personbilar och större fordon som bussar och lastbilar (eRoadArlanda 2020). Tekniken med induktiv laddning från vägbanan är den visuellt mest tilltalande eftersom inga stolpar är synliga och vägunderhållet underlättas eftersom asfalten inte behöver fräsas upp för en skena. Däremot har tekniken lidit av en lägre effektivitet jämfört med konduktiv teknologi. De första försöken med induktiv överföring under projektet Smartroad Gotland har genomförts framgångsrikt – första gången i världen som induktiv laddningsteknik har använts på en offentlig väg (Edelstein 2020).

En ytterligare aspekt som dock måste beaktas är den internationella: det är inte lönsamt för Sverige att ensamt investera i någon teknik utan elvägsfordonen måste även kunna framföras i andra länder, framför allt i Tyskland. Alla tre försöksträckorna i Tyskland använder Siemens teknik med luftledning.

2. Metod

Bedömningen av elvägars potential att minska koldioxidutsläppen baserar sig på en beräkning av utsläpp från tunga lastbilstransporter givet 2018-års trafikeringssdata från Trafikverkets vägdatas. Grundberäkningen tar inte hänsyn till utsläpp från användningen av el som drivmedel, men i den samhällsekonomiska beräkningen justeras utsläppen utifrån eRoadArlandas (2020) bedömning om att elvägarna minskar koldioxidutsläppen med som minst 80 procent.

De vägar som inkluderas i studien är alla europavägar samt fyra tungt trafikerade riksvägar, nämligen RV 40 mellan Göteborg och Kalmar, RV 73 mot Nynäshamn samt RV 11 och RV 21 i Skåne. Riksvägarna valdes ut utifrån informationen i Trafikverkets vägtrafikflödeskarta som de fyra riksvägar som har största flöden av tung trafik.

Vi antar att alla tunga lastbilstransporter körs med diesel eller en blandning av diesel och biodrivmedel. Vi gör beräkningar utifrån tre inblandningsgrader av biodrivmedel: 1. alla tunga lastbilstransporter körs med enbart fossil diesel, 2. inblandningsgraden för biodrivmedel motsvarar ungefär situationen 2018 och 3. biodrivmedelsinblandningen motsvarar det som prognostiseras behövas till 2030 för att uppfylla reduktionspliktens mål (Energimyndigheten 2019b). Den första beräkningen utgör en högsta möjlig utsläppsminskningspotential, den andra ger en mer rimlig utsläppsminskningspotential och den sista en minimipotential.

Utsläppsminskningspotentialen räknas fram med hjälp av drivmedelsförbrukningsinformation för fyra typer av lastbilar: 3,5–16 ton, 16–24 ton, 25–40 ton samt 25–60 ton. Skälet är att drivmedelsförbrukningen varierar kraftigt för de olika viktclasserna. För att beräkna fordonskilometer (fkm) per lastbilskategori och län används data från modellverket Samgods. Övrig information som behövs är värmevärden och emissionsfaktorer från Energimyndigheten (2019a). Beräkningen resulterar i totala utsläpp per europaväg/riksväg, län och lastbilstyp för de tre ovan beskrivna drivmedelsblandningarna. Det totala antalet vägavsnitt som beräkningarna görs för är 49.

3. Utsläppsminskningspotentialerna

I detta avsnitt redovisas utsläppsminskningspotentialer om 100 procent av de tunga lastbilarna körs med 100 procent förnybar el. De totala utsläppen från tunga lastbilstransporter på alla europavägar och de fyra ovan beskrivna riksvägsavsnitten är i utgångsläget 3 587 kton CO₂ om vi antar att drivmedelsblandningen består till 100 procent av diesel. Detta överstiger Naturvårdsverkets rapporterade totalutsläpp från tung inrikes trafik på 3 326 kton CO₂ under 2017 och kan betraktas som en referenspunkt för ett helt fossilbaserat transportsystem i den utsträckning som transportererna går

Tabell 1
Beräknade utsläppsminskningspotentialer för de tre drivmedelsblandningarna per län och europaväg/riksväg. Kiloton CO₂ per år givet 2018-års trafikmängd. Tabellen visar utsläppsminskningspotentialen för de tio vägavsnitten med högst totalpotential samt de fem avsnitten med lägst potential samt den totala potentialen per drivmedelsblandning

	Vägnummer	100% fossilt	Dagens drivmedelsblandning	2030-års drivmedelsblandning
Västra Götaland	E6	272	227	103
Stockholm	E4	239	199	90
Skåne	E6	232	193	88
Halland	E6	220	184	84
Östergötland	E4	185	154	70
Jönköping	E4	183	152	69
Västra Götaland	E20	132	110	50
Gävleborg	E4	123	102	46
Västernorrland	E4	116	96	44
Stockholm	E18	107	89	40
...
Västerbotten	E45	13,0	10,8	4,9
Västmanland	E20	12,7	10,6	4,8
Kalmar	RV40	6,9	5,7	2,6
Värmland	E16	5,4	4,5	2,0
Gävleborg	E45	3,1	2,5	1,2
Totalt		3 587	2 990	1 360

Källa: Egna beräkningar.

på europavägar och de fyra riksvägarna. Dagens drivmedelsblandning ger en lägre utsläppsnivå på 2 990 kton CO₂, och 2030-års drivmedelsblandning en nivå på sammanlagt 1 360 kton CO₂ per år. Utsläppsminskningspotentialen i kiloton (kton) CO₂ per år per län och väg visas i 1. Tabellen visar den totala utsläppsminskningspotentialen för de tio vägnnitten med högst potential, de fem med minst potential, samt totalpotentialerna för de tre drivmedelsblandningarna.

4. Samhällsekonomisk lönsamhet av elvägar

Den samhällsekonomiska analysen i denna artikel bygger på utsläppsminskningspotentialerna i tabell 1 samt ett antal ytterligare antaganden. Ett grundantagande är att en tredjedel av lastbilstransporterna på de elektrifierade vägarna körs med el. Detta baserar sig på det som noterades i avsnitt 1 om att det för samhällsekonomisk lönsamhet enligt FFF-utredningens bedömning skulle räcka om ca 900 lastbilar per dygn, en tredjedel av trafiken, använde eldrift där detta är möjligt, givet att varje fordon kör fram och tillbaka en gång per dag (SOU 2013:84, s 518–519).

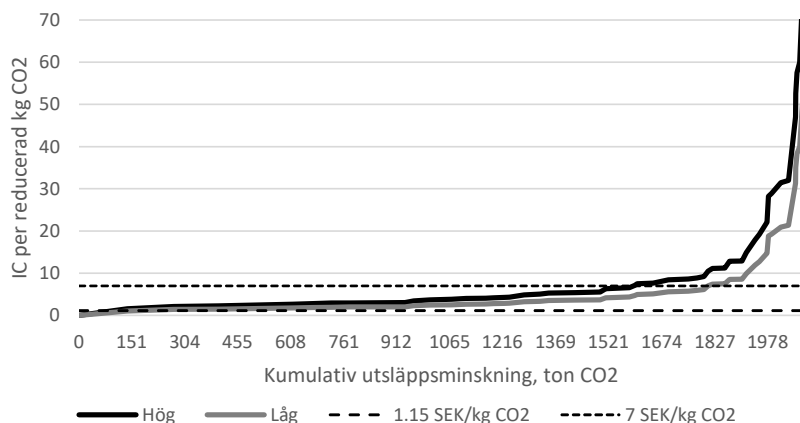
Vidare antas att investeringen har en 40-årig livslängd från 2018 till 2057 (Trafikverket 2018a), men varken inkomstströmmarna eller kostnaderna diskonteras. Utsläppsminskningspotentialen räknas utifrån en basutsläppsnivå som motsvarar dagens drivmedelsblandning. Trafikmängden över hela perioden antas vara konstant på 2018-års nivå. Beräkningarna justeras utifrån att bara 80 procent av utsläppsminskningspotentialen kan tillgodoräknas på grund av de utsläpp som kvarstår efter elektrifieringen. Till slut antas investeringskostnaden ligga på mellan 20 (scenario låg) och 30 (scenario hög) miljoner kr per kilometer elväg, baserat på den investeringsbudget som Trafikverket har reserverat för de i avsnitt 1 beskrivna elvägsprojekt (för detaljer, se Hammes 2020).

Den kortsiktiga marginalkostnaden för elvägar består av elkostnaden, vägslitage, olyckor, partikelutsläpp, buller, eventuella CO₂ utsläpp osv. I den mån som kostnaden för el som drivmedel understiger kostnaden för diesel både i termer av effekt och klimatprestanda kommer elfordonens marginalkostnad att understiga marginalkostnaden för dieseldrivna fordon.⁴ På kort sikt skulle därför elvägar minska marginalkostnaden för vägtransporter. Däremot väcks frågan om den långsiktiga marginalkostnaden, dvs marginalkostnaden inklusive investeringskostnaderna. I denna artikel beaktas inte investeringskostnaden i elfordonen, vilkas pris överstiger priset för dieselbilar. I stället antas det att fordonen skulle köras i en tillräcklig utsträckning för att den lägre kortsiktiga marginalkostnaden skulle räcka till för att täcka den högre investeringskostnaden (WSP 2013).

Fokus här ligger således på investeringskostnaden för själva elvägen. För att belysa frågan har investeringskostnaden per koldioxidutsläppsreduktion i kilogram beräknats för europavägarna och de ovan beskrivna riksvä-

⁴ Dessutom lär elbilar minska bullerproblematiken och delvis även partikelutsläppen.

Figur 2
Genomsnittlig investeringskostnad på elvägar per reducerat kilogram CO₂ i termer av den kumulativa koldioxidreduktionen



Källa: Egna beräkningar.

garna. Resultaten för den genomsnittliga investeringskostnaden per reducerat kilogram koldioxidutsläpp, på olika vägvägnings genom olika län, visas i figur 3.

För att konstruera utsläppsminskningspotentialerna i figur 2 multipliceras först väglängd med investeringskostnaden (IC, hög eller låg) per kilometer. Därefter delas den totala investeringskostnaden med 80 procent av utsläppen i kilogram CO₂, investeringens förväntade livslängd på 40 år samt elfordonsandelen 33 procent. Därmed representerar investeringskostnadskurvorna den genomsnittliga årliga investeringskostnaden, utslagen över investeringens förväntade livslängd, per årligen reducerat kilogram CO₂. Två till linjer har ritats i figur 3, den år 2019 gällande koldioxidskattesatsen på 1,15 kr per kg CO₂, och den nya ASEK-värderingen av koldioxid på sju kr per kg CO₂ som gäller fr o m den 1 april 2020.

Investeringskostnaden per minskat kilogram CO₂ enligt figur 2 ligger under nuvarande koldioxidskatt (1,15 kr per kg CO₂) enbart för scenariot med låg investeringskostnad (20 miljoner kr/km) på E4 i Stockholm (1,04 kr/kg CO₂). Det nästkommande vägvägnings, E6 i Skåne ligger på 1,42 kr/kg CO₂, klart över 1,15 kr/kg CO₂. Det är värt att notera att den väg som enligt tabell 1 har högst utsläppsminskningspotential, E6 genom Västra Götaland, kommer först på plats nio i figur 2, med en kostnad på 2,01 kr per kg CO₂. Detta beror på att vägen är så lång, vilket leder till en mindre utsläppsminskning per vägkilometer.

Däremot skulle en koldioxidvärdering på sju kr per kg CO₂ öppna för en omfattande utbyggnad av elvägar, även om kostnaden per kilometer elväg var hög, dvs 30 miljoner kr/km. Dessutom skulle merparten av de potentiella utsläppsminskningarna täckas, 600 kton CO₂ av totalt maximala 789 kton CO₂.⁵ Vilka vägar som har en genomsnittlig investeringskostnad per

⁵ Detta gäller på 33 procents elanvändningsgrad och 80 procents koldioxidminskning. De totala utsläppen beräknas till 2 990 kton CO₂, vilket betyder en utsläppsminskningspotential på 20 procent.



Figur 3
De tjocka grå linjerna visar de vägar som har högst samhällsekonomisk lönsamhet. Se text för detaljer

Källa: Egna beräkningar.

reducerat kilogram CO₂ som ligger under sju kr per kg CO₂ givet en investeringskostnad på 30 miljoner kr/km visas i figur 3. I figuren representeras hela det studerade vägnätet av de tunna grå linjerna och de elektrifierade vägvägnittarna av de tjocka grå linjerna. Enligt figur 3 skulle det vara lönsamt att bli elektrifiera E4 från Skåne genom hela landet till om Västernorrlands län och att elektrifiera alla europavägar i Skåne län. Andra vägar som skulle vara lönsamma att elektrifiera är hela E6, E18 från Stockholm till gränsen mellan Örebro och Värmlands län, samt E20 från Örebro till Göteborg. E20 skulle vidare vara lönsam att elektrifiera genom Södermanland, men inte genom Västmanland.

De två stråken med lägst investeringskostnad per reducerad kg CO₂ är E4 från Stockholm till Skåne, med en kostnad på mellan 1,04 och 2,98 kr per reducerad kg CO₂ och E6 från Skåne till den norska gränsen i Bohuslän

med en kostnad på 1,42–3,01 kr per reducerad kg CO₂, båda givet en elfordonsandel på 33 procent. För att elektrifiering av dessa två stråk ska vara samhällsekonomiskt lönsamt enbart baserad på dess klimateffekt förutsätts det dock, givet en investeringskostnad på 20 miljoner kr per km, att 58 procent av den tunga trafiken på de berörda sträckorna körs på el. Skulle investeringskostnaden vara 30 miljoner kr per kilometer behövs en elfordonsandel på 87 procent för att den sista delsträckan, E6 genom Västra Götaland, skulle vara samhällsekonomiskt lönsam utifrån sin klimatpåverkan.⁶

Nästa stråk på lönsamhetslistan är E18 från Uppsala genom Stockholm, Västmanland och Örebro med kostnader på 2,30–3,97 kr per reducerad kg CO₂ givet en elfordonsandel på 33 procent. Först därefter kommer riksväg 40 från Jönköping till Göteborg, som skulle komplettera ”triangeln” Stockholm-Malmö-Göteborg. RV 40 har en marginalkostnad som ligger på 2,70–4,06 kr per reducerad kg CO₂. Medan marginalkostnaden för RV 40 sjunker under 1,15 kr per kg CO₂ med en elfordonsandel på 87 procent om investeringskostnaden ligger på 20 miljoner kr per km, överstiger den koldioxidskattesatsen oberoende av elfordonsandelen för investeringskostnader i 30 miljonersklassen.

Sammanfattningsvis kan noteras att om investeringskostnaden ligger närmare den lägre gränsen och med en elfordonsandel på 33 procent skulle det kunna vara samhällsekonomiskt lönsamt redan nu att påbörja utbyggnationen av elvägsnätet på E4:n i Stockholm. Investeringskostnaden som användes till beräkningarna gäller för ett pilotprojekt och kan förväntas sjunka med ökad teknologisk mognad. Det är således inte uteslutet att det i framtiden kan bli samhällsekonomiskt lönsamt att bygga ut elvägsnätet i en betydligt större utsträckning. Denna analys kan dock inte användas för att fatta beslut om byggstart – byggbeslut bör grundas på en samhällsekonomisk analys, t ex Börjesson m fl (2020).

5. Slutsatser och diskussion

Denna artikel sammanfattar beräkningar för utsläppsminskningspotential av koldioxid från tunga lastbilstransporter (över 3,5 ton) om vissa sträckor på de svenska europavägarna och vissa riksvägar elektrifierades och ställer sig frågan huruvida utbyggnaden av ett elvägssystem skulle kunna vara samhällsekonomiskt försvarbar. En mycket förenklad samhällsekonomisk analys tyder på att elvägarnas samhällsekonomiska lönsamhet beror på värdet på koldioxidutsläpp, investeringskostnaden och andelen elfordon på vägen. Även med dagens koldioxidskatt på 1,15 kr per kg CO₂ skulle det kunna vara samhällsekonomiskt lönsamt att elektrifiera E4 genom Stockholms län givet att kostnaden ligger på ungefär 20 miljoner kr per vägkilometer elektrifierad väg och att minst 33 procent av den tunga trafiken på vägen

⁶ Opublicerade simuleringar med hjälp av modellverktyget Samgods tyder på att elfordonsandelen på utbyggda elvägar skulle kunna närma sig 90 procent; se även Börjesson m fl (2020).

kör på el. Huruvida elektrifieringen av ett sådant kort vägavsnitt skulle vara lönsam i ett systemperspektiv eller skulle attrahera ett tillräckligt antal elfordon framgår dock inte från analysen i denna studie – sannolikt behövs längre sammanhängande elvägar för att företagen ska investera i elfordon som kan utnyttja infrastrukturen. Med det nya ASEK-värdet på sju kr per kg CO₂ skulle elvägsnätet kunna utvidgas betydligt mer än så, även om kostnaden skulle vara 30 miljoner kr per vägkilometer, till att omfatta E4 från Skåne genom hela landet t o m Västernorrlands län, alla europavägar i Skåne län, hela E6, E18 från Stockholm till gränsen mellan Örebro och Värmlands län, samt E20 från Örebro till Göteborg.

Trafikverkets två potentiella pilotsträckor ligger inte i ”toppligan” av projekt. Marginalkostnaden per reducerat kilogram CO₂ för RV 73 i Stockholm ligger på 2,80–4,20 kr beroende på investeringskostnaden och den för E18 i Örebro ligger på 2,65–3,97 kr, givet en 33 procents elfordonsandel. Det är dock möjligt att annat väger tyngre i valet av pilotsträckor, t ex att man inte vill börja med de tyngst trafikerade trafikleden av rädsla för möjliga komplikationer i genomförandet och därav följande trafikchaos.

Teknikvalet för Trafikverkets pilotprojekt är vid skrivande stund inte klar. Mycket tyder dock på att det är Siemens teknik med konduktiv överföring av el från luftledningar som kommer att dominera marknaden, inte minst eftersom tekniken används på alla de tre försökssträckor som byggs i Tyskland och även kommer att användas i Italien. Det vore dock viktigt att fortsätta studera alternativ som skulle möjliggöra för även andra typer av fordon än tunga lastbilar att använda elvägen. Den samhällsekonomiska lönsamheten i elvägarna skulle förbättras avsevärt om även personbilar, lätta lastbilar och bussar kunde utnyttja vägen.

Förutom behovet av att minska klimatgasutsläpp från tunga lastbilstransporter kommer även andra skeenden att påverka godstransporterna i framtiden. Det främsta är sannolikt möjligheten till självkörande fordon, vilket avsevärt skulle kunna minska lönekostnaderna men även drivmedelsförbrukningen om utvecklingen leder till ökad s k *platooning*, dvs körning i ”lastbilståg”, ett stort antal lastbilar tätt på varandra lett av ett fordon, vilket minskar luftmotståndet och därmed drivmedelsförbrukningen (Fagnant och Kockelman 2015; Bullis 2011; Faisal m fl 2019). Det är sannolikt att de största miljövinster skulle göras ifall de självkörande lastbilarna använde el som drivmedel, men under vilka förutsättningar som detta är fallet måste studeras vidare.

Bergman, S (2011), ”Elvägar – en studie av elförsörjningen för landsvägbaserad trådbunden transport”, Elforsk, Stockholm.

Bullis, K (2011), ”How Vehicle Automation Will Cut Fuel Consumption”, *MIT Technology Review*, 24 oktober 2011.

Börjesson, P (2016), ”Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi”, rapport,

Department of Technology and Society, Environmental and Energy Systems Studies, Lunds universitet.

Börjesson, M, M Johansson och P Kågeson (2020), ”The Economics of Electric Roads”, Working Papers in Transport Economics 2020:1, VTI, Linköping.

DW (2019), ”Germany Tests First eHighway Autobahn”, <https://www.dw.com/>

REFERENSER

en/germany-tests-first-ehighway-auto-bahn/a-48632817.

Edelstein, S (2020), "World-first in-Road Charging Test for Trucks Successful, Highway Speeds Next", *Green Car Reports*, https://www.greencarreports.com/news/1127520_world-first-in-road-charging-test-for-trucks-successful-highway-speeds-next.

eHighway.sh (2019), "Field Test eHighway Schleswig-Holstein (FESH)", <https://www.ehighway-sh.de/de/ehighway.html>, 20 september 2019.

Energimyndigheten (2018), "Transportsektorns energianvändning", <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/transportsektorns-energianvandning/den-20-09-2019>.

Energimyndigheten (2019a), "Växthusgasutsläpp", <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/drivmedelslagen/vaxthusgasutslapp/>.

Energimyndigheten (2019b), "Komplettering till Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten – kontrollstation 2019 för reduktionsplikten", Energimyndigheten, Eskilstuna.

eRoadArlanda (2020), "Elvägar – en hållbar transportlösning för framtiden", <https://eroadarlanda.se/>.

Fagnant, D J och K Kockelman (2015), "Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Parriers and Policy Recommendations", *Transportation Research Part A*, vol 77, s 167–181.

Faisal, A, T Yigitcanlar, M Kamruzzaman och G Currie (2019), "Understanding Autonomous Vehicles: A Systematic Literature Review on Capability, Impact, Planning and Policy", *Journal of Transport and Land Use*, vol 12, s 45–72.

Grontmij (2010), "Elektriska vägar – elektrifiering av tunga vägtransporter", Grontmij AB på uppdrag av Energimyndigheten och Trafikverket.

Hammes, J J (2020), "Potential för utsläppsminskningar från elektrifiering av godstransporter på Europavägar", VTI S-WoPEc No 2020:2, Linköping.

Haraldsson, M (2010), "Elektrifiering av E4 Södertälje-Helsingborg – översiktlig samhällsekonomisk kalkyl", rapport, Grontmij AB, Stockholm.

Hådel, O (1996), "Potential för energieffektivisering av godstransporter", Centrum för transport och samhällsforskning, Högskolan Dalarna.

Kågeson, P (2018), "Svensk biodrivmedelsförbrukning i ett europeiskt perspektiv", rapport, Nature Associates, Stockholm

Naturvårdsverket (2018), "Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter", <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>.

Ranch, P och J Snygg (2013), "Lokalisering, intressent- och finansieringsutredning för en demomiljö av elvägar", Svenska Elvägar AB.

Sandviken Pure Power (2020), "Världens första elväg", <https://sandvikenpurepower.se/elvag.html>.

Scania (2018a), "Scania to Supply 15 Trucks for German e-highways", <https://www.scania.com/group/en/scania-to-supply-15-trucks-for-german-e-highways/>.

Scania (2018b), "Towards a 'Zero Impact' eHighway", <https://www.scania.com/group/en/towards-a-zero-impact-ehighway/>.

SOU 2013:84, *Fossilfrihet på väg*.

Steen, P (1997), "Färder i framtiden – transporter i ett bärkraftigt samhälle", Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm.

The Local (2019), "Germany's First Electric Autobahn for Hybrid Trucks Opens Near Frankfurt", <https://www.thelocal.de/20190507/germanys-first-electric-autobahn-for-hybrid-trucks-opens-near-frankfurt>.

Trafikanalys (2019), "Körsträckor med svenskregistrerade fordon", <https://www.trafa.se/vagtrafik/korstrackor/>.

Trafikverket (2017), "Nationell färdplan för elvägar", Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2018), "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn – ASEK 6.1", version 2018-04-01, Trafikverket, Borlänge.

Trafikverket (2019a), "Program Elvägar", <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuell-forskning/transport-pa-vag/elvagar--ett-komplement-i-morgondagens-transportsystem/>.

Trafikverket (2019b), "Beslut taget om nya demonstratorer för elväg", <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuellt-om-forskning-och-innovation/2019-04/beslut-taget-om-nyademonstratorer-for-elvag/>.

Trafikverket (2019c) "HCT – godstransporter med hög kapacitet", <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuell-forskning/transport-pa-vag/branschprogram-for-godstransporter-med-hog-kapacitet---hct/>.

WSP (2013), "Elektrifierade vägar för tunga godstransporter – underlag till färdplan", WSP Sverige AB.