



Översiktlig analys av förutsättningarna för transporternas elektrifiering

Per Kågeson, Nature Associates

PM 2021-09-24

På uppdrag av Transportföretagen

TRANSPORTFÖRETAGEN

Innehåll

Uppdraget.....	3
Disposition	3
Den stora utmaningen	3
Grundläggande förutsättningar	4
Europeiska unionens klimatpolitik	6
”Fit for 55”	6
Måste allting elektrifieras?	10
Teknikutveckling och kostnader för batterier	11
Elektrifiering genom vätgas och bränsleceller.....	14
Elektrifierade vägar	15
Begränsa batterikapaciteten i lätta fordon	16
Framtida elbehov för en elektrifiering av vägtrafiken i Sverige.....	17
Nödvändig laddinfrastruktur	17
Elproduktionens utbyggnad.....	18
Kraftnätets utveckling.....	23
Risk för kompetens- och arbetskraftsbrist?.....	24
Elektrifiering av flyget.....	25
Användning av el inom sjöfarten.....	27
Effektiva och rättvisa skatter och avgifter	28
Några avslutande rekommendationer	32
Referenser.....	33

Uppdraget

Uppdraget avser framtagande av en översiktlig analys av förutsättningarna för transportbranschens elektrifiering. Som underlag för Transportföretagens överväganden och prioriteringar ska ”spaningen” ta upp de viktigaste områdena och insatserna som behöver diskuteras och lösas för att elektrifieringen ska bli framgångsrik.

Disposition

Rapporten inleds med en kort påminnelse om de yttre politiska och ekonomiska förutsättningarna för ett skifte till el inom de transportslag som i dag i huvudsak utnyttjar fossil energi som drivmedel. Därefter följer en analys av den europeiska politikens betydelse för möjligheterna att genomföra skiftet. Sedan diskuteras de tekniska förutsättningarna med avseende på utrustning och materialförsörjning mm samt den utmaning som det innebär att på kort tid bygga ut nödvändig infrastruktur för transportsektorns försörjning med el och vätgas. Därefter följer en kortfattad analys av möjligheterna att på 25 år nästan fördubbla den svenska elproduktionen. Rapporten avslutas med en analys av behovet av en ändamålsenlig utformning av de regler, skatter, avgifter och statsbidrag som kan behövas för att elektrifieringen ska kunna genomföras på kort tid samt av några rekommendationer till transportföretagen

Elektrifiering kan bli aktuell inom samtliga transportslag, men fokus i rapporten ligger på vägtrafiken. Sjöfartens och flygets möjligheter till partiell elektrifiering tas upp i särskilda avsnitt. Järnvägen i Sverige är liksom övrig spårtrafik redan nästan helt elektrifierad, och frågan om hur man bör hantera de återstående icke-elektrifierade delarna av nätet tas inte upp i rapporten. För att hålla tillbaka infrastrukturkostnaden kan ett alternativ till kontaktledning vara, bl.a. för Inlandsbanan, att använda vätgas i bränsleceller.

Den stora utmaningen

För att få perspektiv på vad det innebär att på 20-30 år elektrifiera vägtrafiken och delar av flyget kan det vara bra att erinra sig att den satsning som inleddes i början av 1980-talet i syfte att reducera avgasnivåerna från biltrafiken till acceptabel nivå och att reducera den specifika drivmedelsförbrukningen ännu 40 år senare inte är helt slutförd. Försöken att ersätta fossila drivmedel med förnybara inom vägtrafiken inleddes för 20 år sedan och har inom EU hittills inte lett längre än till att 5-10 procent av efterfrågan utgörs av fossilfria bränslen, varav en del ger upphov till omfattande utsläpp av växthusgaser i produktionskedjan. Sverige har en högre andel biodrivmedel men till ca 85 procent baserad på import av färdiga bränslen eller biosubstrat.

En del av utmaningen ligger i det faktum att de flesta typer av fordon och fartyg har ganska lång livslängd. Personbilar är i genomsnitt i bruk under 17 år, men spridningen kring detta medelvärde är betydande. Det innebär att man vid elektrifiering av fordonsflottan måste beakta att det kan ta lång tid att bli av med den förbränningsmotordrivna ”svansen”. Tunga lastbilar skrotas tidigare än personbilar men är ofta i bruk under 10-15 år. Tunga bussar kan ha ytterligare något längre drifttid. Flygplan och fartyg används ofta i 25-30 år innan de skrotas.

En betydande utmaning ligger också i att ersätta den befintliga bränsleinfrastrukturen med den som behövs för en framgångsrik elektrifiering. Det handlar dels om att få den nya på plats, dels om att upprätthålla tillräckligt mycket av den gamla för att under en övergångstid kunna försörja en krympande andel av den totala fordonsflottan med flytande och gasformiga drivmedel. I de gles

befolkade delarna av landet kan underlaget för samtidig försörjning med många olika drivmedel snabbt visa sig bli så litet att nedläggning av servicestationer leder till krav på statliga stödinsatser.

En i det närmaste total elektrifiering av såväl vägtrafiken som merparten av de dieseldrivna arbetsmaskinerna kommer tillsammans med ett skifte från fossil energi till el och vätgas inom processindustrierna att leda till snabbt ökande efterfrågan på el. Regeringen talar om en fördubbling av elkonsumention till 2045. Att på så kort tid få alla nya kraftverk på plats och bygga ut kraftnätet i motsvarande grad kommer att kräva en kraftansträngning, särskilt som de gamla kärnreaktorerna, som fortfarande står för ca 30 procent av vår elproduktion, kommer att behöva avvecklas på grund av hög ålder.

Även om Sverige och världen är bättre tekniskt rustad än någonsin tidigare och besitter större ekonomiska resurser utgör omställningen en utmaning som närmast kan liknas vid att från fredstida förhållanden snabbt förbereda landet för ett hotande krigsutbrott. Rent tekniskt finns ingenting som talar för att skiftet skulle vara omöjligt, men i förhållande till marknadsintroduktion av ny teknik under business-as-usual måste ledtiderna förkortas avsevärt. Däri ligger den största utmaningen. Det innebär att kraven på styrmedel, riskfördelning och finansiering kan behöva bli annorlunda än vad som annars skulle ha varit fallet.

Grundläggande förutsättningar

Utvecklingen av den ekonomiska konjunkturen under de närmaste 20 åren påverkar möjligheterna till en snabb omställning av fordonsflottorna. Hög ekonomisk tillväxt skapar nya resurser och medger ett snabbare utbyte av fordon än vad som annars skulle ha varit fallet men medför samtidigt ökad konkurrens om knappa resurser, främst inom anläggnings- och byggnadsbranschen, som kan verka kostnadsdrivande. Hög tillväxt innebär också, allt annat lika, att trafikarbetet och efterfrågan på drivmedel växer snabbare än annars.

Förutsättningarna för omställningen påverkas också av befolkningstillväxten, fordonsflottornas tillväxt och trafikarbetets totala omfattning och fördelning på transportslag.

I Trafikverkets senaste prognos (Trafikverket, 2020) bedöms godstransportarbetet inom Sverige växa med 51 procent mellan 2017 och 2040, vilket skulle innebära ett nära samband med den förväntade ekonomiska tillväxten trots att den trenden bröts efter finanskrisen som följdes av ett årtionde med förhållandevis svag ökning av godstransportarbetet på både väg och järnväg. Expertisen förvånas över att återhämtningen inte ledde till en återgång till ett nära samband med BNP. Det statistiska underlaget är dock lite skakigt, främst beträffande utländska lastbilars transportarbete i Sverige och effekten av ökad användning av lätta fordon i distributionstrafiken, vilket skapar osäkerhet om den faktiska utvecklingen.

Trendbrottet kan till någon del förklaras av att varuproduktionen växer långsammare än tjänsteproduktionen. Men den strukturförändringen har pågått under många decennier och startade således långt före 2010. Det kan dock möjligen vara så att dess inverkan på godstransportarbetets samband med BNP under några decennier uppvägdes av samtidiga effekter av den ekonomiska integrationen som rimligen bör ha bidragit till ett växande transportarbete (allt annat lika). Koncentration av produktion och lagerhållning samt krav på just-in-time-leveranser bidrog till det.

Av relevans för vägtrafikens elektrifiering är att Trafikverket i sin prognos bedömer att godstransportarbetets fördelning mellan de båda landbaserade trafikslagen kommer att vara i stort sett oförändrad under perioden fram till 2040. Fördelningen har varit stabil sedan 1980 och bedöms alltså förbli fortsatt stabil. Att göra lastbilstrafiken klimatneutral kommer åtminstone på kort sikt

att öka dess kostnader, men flera faktorer kommer samtidigt att verka i motsatt riktning, t.ex. längre och tyngre fordon samt möjlighet till platooning.

Trafikverket bedömer att resandet per capita kommer att öka med ca 10 procent till år 2040 till följd av inkomstutvecklingen och att befolkningen kommer att växa med 16 procent mellan 2017 och 2040. Antalet personbilar per 1 000 invånare förväntas ligga kvar ungefär på dagens nivå och resandet med tåg antas öka snabbare än bilresorna (50 % respektive 27% i basprognosen).

En fråga av viss betydelse för omfattningen av den förestående elektrifieringen är vilka de långsiktiga konsekvenserna av pandemin kan bli. Det förefaller sannolikt att utnyttjandet av persondatorer för deltagande i webbmöten och -seminarier kommer att ligga kvar på hög nivå och reducera behovet av resor. Gissningsvis påverkas långväga resande mer av detta än de lokala resorna. Samtidigt kan andelen arbete som utförs på distans komma att ligga kvar på en nivå betydligt över den som förekom före pandemin. Det reducerar främst behovet av lokala och regionala resor.

Att företag, organisationer och offentliga förvaltningar till följd av pandemin utvecklat nya mötesformer som minskar deras kostnader och bidrar till förbättrad produktivitet kan förväntas reducera arbetsgivarnas intresse av att låta personal företa långa och tidskrävande resor för att delta i den typ av sammanträden som är förhållandevis korta och kanske bara avser möten mellan personer som redan känner varandra. Hur mycket detta påverkar tjänsteresor med flyg och intercitytåg är svårt att veta men kommer sannolikt att visa sig redan inom ett eller ett par år.

Pandemin har givit e-handeln ett rejält uppsving och medfört att även många i den äldsta generationen lärt sig att beställa varor över nätet. Hur detta påverkar det totala trafikarbetet är oklart. Om andelen växer borde det kunna leda till att större fordon kan användas i distributionen vilket bör reducera antalet fordonskilometer. Inom främst varusegmenten kläder och skor bidrar emellertid hög andel returerna till ökat transportarbete.

Eftersom elektrifieringen måste bli omfattande och genomföras på exceptionellt kort tid kan behovet av statlig finansiering visa sig bli mycket större än under mera normala förhållanden. För världens länder utgör nödvändigheten av en snabb omställning av hela energisektorn (inklusive produktion, distribution och användning) i syfte att klara Parisavtalet en utmaning som vida överstiger den pågående hanteringen av pandemin och där de långsiktiga konsekvenserna av ett misslyckande är mångfalt större. Det skulle kunna tala för att länderna tillåter sig (och tillåts) att lånefinansiera en del av insatserna trots att det leder till budgetunderskott och ökade statsskulder.

De olika stöd och andra insatser som Sverige infört till följd av pandemin ser ut att komma att öka statsskulden med omkring 10 procent av BNP, vilket både regeringen och oppositionen ser som ett rimligt avsteg från den normala ekonomiska politiken. Om vårt land under de 20 åren mellan 2020 och 2040 ökade statsskulden med lika mycket som ett led i en snabb omställning av energi- och transportsektorerna skulle detta utöver vad som ryms i balanserade statsbudgetar tillföra i storleksordningen ytterligare 500 miljarder kronor. Det kan visa sig komma att behövas.

Europeiska unionens klimatpolitik

EU:s beslut inom klimat-, energi- och transportområdena påverkar i hög grad medlemsländernas förutsättningar, dels genom de krav på medverkan som ställs på enskilda länder och dels genom de begränsningar av ländernas handlingsfrihet som följer av bestämmelser i en del direktiv. Därför behöver de grundläggande besluten och bestämmelserna analyseras med avseende på vad de betyder för den svenska politiken.

Unionens klimatpolitik har hittills bestått av tre grundläggande instrument; (1) utsläppshandelsystemet (EU ETS), (2) förordningen Effort Sharing Regulation (ESR) avseende utsläpp som inte täcks av EU ETS och (3) LULUCF-förordningens krav på att alla medlemsländer ska se till att det sker en nettoinlagring av kol i mark, växtlighet och långvariga träkonstruktioner.

Utsläppshandelsystemets nuvarande tak innebär att utgivningen av utsläppsrätter till landbaserade verksamheter genom successiv reduktion ska nå noll i mitten av 2050-talet och att de rättigheter som tilldelas luftfarten helt ska fasas ut efter ytterligare några år. Systemet är komplicerat och den totala bubblans storlek påverkas av tillkomsten av en marknadsstabilitetsreserv som under vissa omständigheter kan leda till automatisk annullering av utsläppsrätter.

Den just nu gällande ansvarsfördelningsförordningen (ESR) innebär för perioden 2021-2030 att de utsläpp av växthusgaser som inte omfattas av utsläppshandeln ska reduceras med i genomsnitt 30 procent jämfört med läget 2005. Under ESR är kraven på enskilda medlemsländer relaterade till BNP per capita. Sverige ska därför reducera utsläppen med minst 40 procent. Medlemsländer som överpresterar kan sälja det uppkomna utrymmet till länder som annars inte klarar sitt åtagande. Sverige har beslutat att inte utnyttja denna möjlighet. Det innebär att om Sverige klarar åtagandet med viss marginal så annulleras överskottet.

År 2019 hade utsläppen från den svenska ESR-sektorn minskat med 27 procent jämfört med 2005. Sverige bör inte ha några problem med att klara sitt nuvarande formella åtagande gentemot EU. Med nuvarande takt kommer däremot inte det självpåtagna målet om att reducera utsläppen från den icke-handlande sektorn med 63 procent jämfört med 1990 (alltså inte jfr 2005) att uppnås. År 2019 hade vi hunnit ganska precis halvvägs.



”Fit for 55”

Våren 2021 kom ministerrådet och parlamentets förhandlare överens om skärpningar i den förda klimatpolitiken. Förhandlingsresultatet innebär att EU senast år 2050 ska ha uppnått ”klimatneutralitet”, vilket innebär att inlagringen av kol i landskapet och marken samt i långlivade träprodukter ska vara minsta lika stor som utsläppen från energianläggningar, industrier, trafik och jordbruk med mera. Därefter ska unionen uppnå ”negativa utsläpp” – genom att inlagringen av koldioxid blir större än utsläppen.

Överenskommelsen innebär vidare att kommissionen senast 2024 ska presentera förslag om en ”koldioxidbudget” för perioden 2030 till 2050 som sätter ett tak för hur stora de sammanlagda nettoutsläppen från unionen under perioden får vara. Kommissionen ska samtidigt lämna förslag om ett mål för nettoutsläppen år 2040.

Enligt överenskommelsen ska nettoutsläppen år 2030 vara minst 55 procent lägre än 1990. Det innebär att bruttoutsläppen från detta år måste vara minst 52,8 procent lägre än 1990. Det nuvarande målet för 2030 motsvarar minus 40 procent. För att uppnå det nya målet får dock högst 225 miljoner ton nettokolnlagring i landskapet beaktas, vilket sätter en övre gräns för nyttjandet av kolsänkor. Man kom också överens om att kolsänkornas bidrag till det övergripande målet ska öka bortom 2030.

Skärpningen av målet för 2030 innebär således att de europeiska bruttoutsläppen ska minska med 52,5 procent istället för med 40 procent jämfört med 1990. År 2018 hade utsläppen av alla växthusgaser (CO₂e) reducerats med 25 procent (EU28, inkl. UK), varav knappt hälften sedan 2010, medan utsläppen av koldioxid hade minskat med 23 procent. Det betyder att takten nu måste öka påtagligt. Med tanke på att det tar tid att förbereda och sjösätta nya åtgärder blir det troligen så att merparten av reduktionen kommer att genomföras under andra halvan av 2020-talet. Årliga minskningar med 4-5 procent kan således komma att behövas om några år. Det är ca tre gånger snabbare än takten under de senaste åtta åren.

EU-kommissionens ”Fit for 55-paket” innehåller ett dussin förslag till nya eller förändrade regelverk:

1. Uppdaterad förordning om ansvarsfördelning
2. Uppdaterad förordning om markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk
3. Uppdaterat direktiv om förnybar energi
4. Uppdaterat energieffektivitetsdirektiv
5. Starkare handel med utsläppsrätter, även inom luftfarten
6. Handeln med utsläppsrätter utökas till sjöfart, vägtrafik och byggnader
7. Uppdaterat energiskattedirektiv
8. Ny mekanism för koldioxidjustering vid gränserna
9. Skärpta CO₂-krav på personbilar och lätta lastbilar
10. Ny infrastruktur för alternativa bränslen
11. ReFuelEU: hållbarare flygbränslen
12. FuelEU: renare marina bränslen

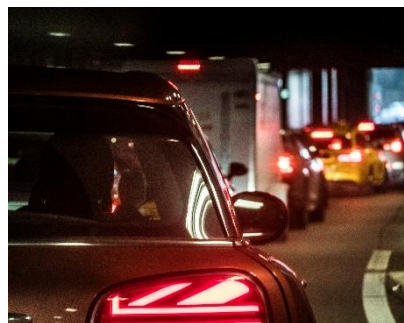
Till de förslag som har störst potentiell betydelse för elektrifiering av transporterna hör skärpta krav inom det befintliga utsläppshandelsystemet, EU ETS, som innebär att utsläppstaket ska sänkas med 61 procent till 2030 jämfört med 2005 istället för med tidigare beslutade 43 procent. Den årliga reduktionen av tilldelningen av nya utsläppsrätter höjs från 2,2 till 4,2 procent, vilket innebär att taket (räknat från nivån 2008-2012) sänks till noll redan till år 2040. Det kommer att påskynda omställningen av elproduktionen från fossila bränslen till förnybar energi. Kraven på flygets utsläpp skärps också, och den europeiska sjöfartens utsläpp inkluderas successivt i ETS under åren 2023 till 2025 (EU-kommissionen, 2021b).

I takt med att taket inom EU ETS sänks kommer priset på utsläppsrätter att fortsätta öka från 50-60 euro per ton i september 2021. Det förefaller inte orimligt att priset långsiktigt stabiliseras på en nivå som motsvarar kostnaden för att förse en del befintliga koleldade industrianläggningar och kraftverk med utrustning för Carbon Capture & Storage (CCS). I så fall kan det handla om nivåer från 70 till uppemot 100 euro per ton koldioxid beroende på teknikval, skala och den kostnadsreduktion som kan bli följden av en mera omfattande användning av CCS än de pilotförsök som hittills genomförts. Effekten på kraftpriserna inom EU blir i så fall betydande och detta påverkar i någon mån även Sverige till följd av gränsöverskridande handel med el. Om aktörerna inte klarar att korta ledtiderna för den förändring som krävs kan priset på utsläppsrätter tillfälligt hamna på mycket hög nivå innan det på längre sikt stabiliseras. Den snabba prisökningen under 2021 kan vara ett begynnande tecken på det.

EU-kommissionen föreslår dessutom att utsläpp av koldioxid från vägtransporter och byggnader, två sektorer som inte omfattas av dagens EU ETS, från år 2026 ska inordnas i ett eget utsläppshandelsystem där bränsleleverantörerna görs ansvariga i stället för att enskilda hushåll eller vägtransportanvändare tvingas delta direkt. Avsikten är uppenbarligen att genom att lägga dessa utsläpp under ett eget tak skydda konkurrensutsatt energointensiv industri från den högre prisnivå på utsläppsrätterna som annars kan tänkas bli ett resultat av köpstark efterfrågan från transportsektorn. Enligt kommissionens förslag ska det nya utsläppshandelsystemet träda i kraft från 2026 och taket ska sänkas linjärt med motsvarande 5,15 procent per år. Utsläppsrätterna ska fördelas bland medlemsländerna och av dem säljas på auktion varvid de får behålla merparten av intäkterna som ska användas för att stödja omställningen och för att kompensera låginkomsthushållen ekonomiskt (EU-kommissionen, 2021b).

Priset på fossila drivmedel kommer förstas att påverkas när taket i det nya utsläppshandelsystemet successivt sänks och utsläppsrättigheterna stiger i pris. Vilka avvägningar mellan nivån på drivmedelsskatterna och intäkterna från försäljning av utsläppsrätterna som medlemsländerna kommer att göra kommer att avgöras av reglerna för den nya utsläppshandeln och förändringarna i EU:s energiskattedirektiv och av vad de enskilda medlemsländerna behöver göra för att klara sina åtaganden gentemot EU. Fiskala och politiska överväganden kommer också att påverka utfallet. Det kan i många länder bli svårt för regeringarna att genomföra den skärpta EU-politiken även om en del av intäkterna används till att kompensera de ekonomiskt svagaste hushållen.

Kommissionen har också presenterat ett förslag till skärpning av kraven på medlemsländerna när det gäller utsläppen från de sektorer som omfattas av ESR. För Sveriges del innebär det att utsläppen ska minska med 50 procent till 2030 jämfört med 2005 istället för med 40 procent. Det förefaller som om kommissionen vill att ESR fortsatt ska omfatta utsläppen från bostäder och transporter trots att de från 2026 ska ligga under taket för den utvidgade utsläppshandeln (EU-kommissionen, 2021c).



Kommissionen noterar också att det beträffande vägtrafiken behövs komplement till utsläppshandeln. Förslagen innefattar strängare koldioxidstandarder för olika typer av fordon som för personbilar i praktiken utvecklas till ett fossilbilsförbud. Nya personbilars utsläpp ska jämfört med år 2021 minska med 55 procent till 2030 och 100 procent till 2035. Detta innebär att samtliga registrerade nya bilar från 2035 kommer att ha nollutsläpp. El- och vätgasbilar räknas som nollemissionsfordon (EU-kommissionen, 2021e).

Kommissionen föreslår också att man ska främja användningen av hållbara bränslen i luftfart och sjöfart som ett komplement till utsläppshandelssystemet för luftfarts- och sjöfartssektorerna, som gör förorenande bränslen dyrare för leverantörerna. Initiativet ReFuelEU för hållbart flygbränsle ska göra bränsleleverantörerna skyldiga att blanda i en allt större andel hållbara flygbränslen i befintliga jetbränslen på EU:s flygplatser samt stimulera användningen av syntetiska bränslen. Avancerade biodrivmedel och/eller syntetiska bränslen ska utgöra minst 2 procent av leveranserna till det kommersiella flyget år 2025, ökande till respektive 5 procent 2030, 20 procent 2035, 32 procent 2040, 38 procent 2045 och 63 procent 2050. Av särskilt intresse är att syntetiska drivmedel (el, vätgas och elektrobränslen) ska utgöra en växande andel och successivt öka från 0,7 procent 2030 till 28 procent 2050 (EU-kommissionen, 2021f).

I sitt förslag till revidering av energiskattedirektivet (ETD) vill EU-kommissionen bl.a. att alla drivmedel ska beskattas efter sitt energiinnehåll (inte längre efter volym) och att de nya

minimnivåerna ska indexeras. Den föreslår vidare att bränslen och el som används i den inomeuropeiska luft- och sjöfarten ska beskattas. I syfte att skapa incitament för introduktion av hållbara alternativbränslen ska dessa dock under de första tio åren åtnjuta en miniminivå på 0 procent. Till dem räknar kommissionen vissa biodrivmedel, förnybar energi av icke-biologiskt ursprung (vätgas och elektrobränslen) och el (EU-kommissionen, 2021g).

Beträffande beskattningen av el gör EU-kommissionen en annan bedömning än Sverige och betonar i förslaget till revidering av EDT att el alltid bör finnas bland de lägst beskattade energikällorna för att underlätta användning, speciellt inom transportsektorn (preamblens punkt 18). När det gäller beskattning av el inom vägtrafiken är det nya förslaget till miniminivå 0,15 euro per GJ vilket motsvarar ca 0,5 öre per kWh. Samma låga miniminivå föreslås för vätgas som används direkt i motorer eller som tillförs bränsleceller för drift av fordon.

I artikel 3 stadgas att el som används för elektrolys fortsatt ska undantas från skatt, vilket är viktigt eftersom vätgas framställd i en anläggning på detta sätt kan komma att brukas inom fler än ett användningsområde. Istället anges att elektricitet, naturgas och vätgas ska beskattas hos distributören.

I förslaget till reviderat alternativbränsleinfrastrukturdirektiv vill EU-kommissionen (2021h) fastställa ett maximalt avstånd på 60 km mellan stationer för snabbladdning av vägfordon längs de vägar som ingår i TEN-T och att varje sådan laddplats ska ha en totalt installerad effekt på minst 1400 kW. Detta kan vara rimligt för att säkerställa rimliga villkor för tunga lastbilar i gränsöverskridande trafik, men förslaget beaktar inte de sämre förutsättningarna i norra Sverige och Finland. Längs E10, E12 och E45 finns många exempel på att avståndet till närmaste tätort överstiger 60 km, i en del fall handlar det om 100-150 km mellan tätorterna, som i några fall har färre än 500 invånare. Det kan knappast vara rimligt att dra fram elledningar för så hög effekt och att anlägga transformatorstationer på platser som helt saknar bebyggelse eller bara bebos av ett fåtal människor.

Enligt direktivets artikel 6 ska det finnas publikt tillgängliga tankstationer för vätgas med ett högsta avstånd av 150 km längs både TEN-T:s stomnät och det övergripande nätet och varje sådan station måste ha en minimikapacitet på 2 ton per dygn. Det motsvarar dagsbehovet hos 40-50 stora lastbilar (40-60 ton) och förutsätter för t.ex. E12 (473 km) utöver tankstationer i ändpunkterna (Umeå och Mo i Rana) minst tre mellanliggande tankstationer som inom några år (efter 2030) dagligen sammantaget skulle behöva besökas av 100-150 stora lastbilar. För att ge Sverige rimliga förutsättningar behöver det slutliga direktivet medge en bättre anpassning till befolknings- och trafikunderlaget.

Därtill kommer, enligt artikel 6, krav på bränslestationer som tillhandahåller flytande väte. De får inte ligga på större avstånd än 450 km från varandra. Även i detta fall kan kostnaden bli hög i glesbygdsområdena.

En slutsats måste rimligen bli att förändringarna i EU:s olika regelverk kommer att höja både priset på el för laddning av fordonsbatterier och kostnaden för att fortsätta att använda fossila drivmedel. Med all sannolikhet kommer dock effekten på diesel- och bensinpriserna bli större än den påverkan på elpriset i Sverige som vår utrikeshandel med el kan komma att medföra. Dock kommer den höga svenska elskatten (om den behålls på nuvarande nivå) att i viss mån verka bromsande på omställningen inom transportsektorn.

Måste allting elektrifieras?

En viktig aspekt av vägtrafikens elektrifiering är om en fortsatt svensk satsning på biodrivmedel kan få sådan omfattning att den i någon högre grad reducerar behov av el inom transportsektorn. Trots att riksdagens starka tilltro till biodrivmedel som en lösning på vägtrafikens klimatproblem förefaller obruten är det mycket som talar för att biobränslenas långsiktiga roll inte kan bli särskilt stor. Det finns visserligen en betydande biobränslepotential i Sverige, som har ca tio gånger större skogsareal per capita än genomsnittet inom EU. Men biomassan behövs inom många områden, främst för skogsindustriernas egenförsörjning och som komplement till avfallsbränslen i kraftvärmeverken. De strömmar av spill och avfall som förädling av skogsråvaran ger upphov till kan också komma att behövas som råvara inom kemisk industri och som underlag för framställning av drivmedel för användning i farkoster som svårigen kan elektrifieras, främst inom sjöfarten. Dessutom kommer ett stort antal gasturbiner som behövs inom kraftproduktionen som backup i situationer med lite vind behöva försörjas med biogas (se nedan).

Att öka avverkningen i syfte att framställa mer pappersmassa och därigenom få tillgång till mer restprodukter eller för att producera bioenergi från helträdsutnyttjande skulle åtminstone i perspektivet 2050 innebära att skogens förråd av kol inte växer lika snabbt som tidigare och att dess bidrag till koldioxidnettobalansen blir mindre än vad som annars skulle bli fallet. Med allt mindre



tid kvar innan nettoutsläppsmålet måste uppnås hinner bara en mindre del av det kol som frigörs efter avverkning återupptas i nyplanterad skog i vårt land där den naturliga omloppstiden för de kommersiellt viktiga barrträden ligger mellan 80 och 120 år. Det är möjligt att utnyttja mer av den GROT som lämnas i skogen, men större delen av den outnyttjade potentialen finns i Norrland där transportsträckorna från inlandet till kusten är i längsta laget vid dagens flispriser. En del grenar och toppar behöver dessutom lämnas i skogen av hänsyn till kolbalans och biologisk mångfald. Att bryta stubbar, vilket sker i mycket liten utsträckning i Sverige, riskerar att frigöra en del av markens kolförråd och öka humushalten i vattendrag och sjöar.

Den syn på biodrivmedel som finns i Sverige och Finland avviker i hög grad från den bedömning som görs i flertalet EU-länder, av den europeiska miljörörelsen och av EU-kommissionen (Kågeson, 2018). Men även i vårt land har under de senaste åren allt fler röster höjts till försvar för en försiktig hantering av skogens kolförråd. Inom EU kommer bioenergi i genomsnitt knappast att kunna ersätta mer än ca 10 procent av den olja och naturgas som förbrukas inom transportsektorn om resurserna också ska räcka till behov i andra sektorer. Det gemensamma målet (beslutat 2018) är minst 14 procent förnybara drivmedel år 2030, men den siffran inkluderar el och medger dubbelräkning av elandelen.

Långsiktigt kan biodrivmedel därför bara förmodas komma att utnyttjas som nischbränslen eller i form av låginblandning i fossila drivmedel så länge de senare får användas. En följd av detta blir att vi inte kan räkna med att nya utlandsregistrerade lastbilar kommer att drivas av förbränningsmotorer mer än i ytterligare ett drygt årtionde. Den lätta fordonsparken kommer sannolikt att elektrifieras i ännu snabbare takt. Det medför att nätet av servicestationer som erbjuder bensin och diesel kommer att bli glesare. Sverige kommer i längden knappast att kunna upprätthålla en sär lösning som bygger på hög andel biodrivmedel.

Det finns mot denna bakgrund anledning att ifrågasätta om förslaget till kraftigt höjda biodrivmedelskvoter inom reduktionsplikten år 2030 är realistiska och om det är meningsfullt att investera i inhemska produktionsanläggningar av drivmedel som under en ganska kort övergångsperiod skulle ersätta den nuvarande importen av biodrivmedel. Att upprätthålla importen kan också bli svårt. Den domineras för närvarande av biosubstrat för framställning av HVO, varav nära hälften utgörs av palmolja och PFAD som är en restprodukt vid framställning av palmolja. Merparten kommer från Indonesien och Malaysia och ger enligt upprepade bedömningar från EU-kommissionen, direkt och indirekt, upphov till större utsläpp av koldioxid än den fossila diesel som ersätts. Frågan om det fortsatt ska vara tillåtet att tillgodoräkna sig palmoljeprodukterna vid avräkning mot EU:s utsläppsmål ser ut att slutligen komma att avgöras 2023, då kommissionen ska presentera ett nytt beslutsunderlag. Flera medlemsländer har redan fasat ut användningen. När det gäller HVO som klarar låga vintertemperaturer använder Sverige (med en dryg promille av världsbefolkningen) ungefär hälften av vad som framställs för hela världsmarknaden. Den svenska biodrivmedelslinjen är föga hållbar och kan omöjligen bli ett föredöme vare sig inom EU eller globalt, för om många länder skulle försöka göra som vi räcker inte utbudet av hållbart producerade biosubstrat till på långa vägar.

Det är tänkbart att miljöpartiets och centerpartiets starka förhandlingsposition i regeringssamarbetet tillsammans med fortsatta lobbyinsatser från skogens och jordbrukets intresseorganisationer kan hålla liv i biodrivmedelsfrågan ännu några år, men ingen av landets tre stora fordonstillverkare betraktar biodrivmedel som något att långsiktigt fokusera på. Det svaga utbudet av inhemskt producerade biodrivmedel ser bara ut att komma att genomgå en måttlig förstärkning under de närmaste åren, så den enda möjligheten att klara högt ställda procentuella reduktionspliktskrav är förmodligen att hoppas på att en snabb elektrifiering av vägtrafiken leder till sjunkande efterfrågan på flytande drivmedel som gör att den mängd biodrivmedel som kan framställs i Sverige motsvarar en högre andel av den totala försäljningen jämfört med ett läge där transportererna i allt väsentligt drivs med fossil energi. Men sannolikt kommer importberoendet ändå bestå.

Teknikutveckling och kostnader för batterier

Batteriteknikutvecklingen är snabb och priset på laddbara batteripaket har fallit med 89 procent sedan 2010 och uppgick, enligt BloombergNEF, år 2020 i genomsnitt till 137 dollar per kWh. Bloomberg förutspår att genomsnittspriset 2023 kommer att ligga strax över 100 dollar per kWh.¹ Samtidigt har batteriernas energitäthet förbättrats påtagligt, vilket innebär att batterilasten inte längre konkurrerar lika mycket som tidigare med lastbilarnas nyttolastkapacitet. Det innebär att batterielektriska fordon (BEV) redan nu kan användas för lokal distribution av varor utan att behöva snabbaddas under dagen. Samma sak gäller bussar i stadstrafik. Den fortsatta teknikutvecklingen kommer med hög sannolikhet att leda till att batterielektrisk drift snart blir möjlig även i regional buss- och distributionstrafik. För tung fjärrtrafik och en del specialiserade fordon (t.ex. timmerbilar, transport av frysta varor och renhållningsfordon med stort effektbehov för komprimering samt en del arbetsmaskiner) är förutsättningarna för batteridrift sämre även om det finns optimister som tror att batteriutvecklingen kommer att lösa de flesta problem.

¹ [Battery Pack Prices Cited Below \\$100/kWh for the First Time in 2020, While Market Average Sits at \\$137/kWh | BloombergNEF \(bnef.com\)](#)

För fordon med hög elförbrukning och/eller många driftstimmar per dygn tvingas man antingen göra uppehåll för snabbbladning av batterier eller att välja andra lösningar som vätgas i bränsleceller, biodrivmedel eller någon form av hybridlösning. Längs de tyngsta stråken för fjärrtransporter med lastbil kan även elvägar potentiellt vara ett alternativ.

Kostnaden för elektrifiering är fortfarande så hög att elfordon vid dagens beskattning av de olika framdrivningsalternativen vanligen inte kan konkurrera med diesel- eller bensinmotorer utan ekonomiskt stöd från staten. För lätta fordon har tillverkarna länge förutspått att ”total cost of ownership” för nya bilar kommer att hamna i paritet med diesel och bensin i mitten av 2020-talet, alltså redan om några år. Utfallet påverkas inte bara av kostnadsutvecklingen för fordon och batterier utan även av den relativa skillnaden i beskattning. Man når TCO-paritet tidigare i länder som kombinerar hög drivmedelsskatt med låg skatt på el (Berggren & Kågeson, 2017).

Man måste dock konstatera att de länder som hunnit längst i elektrifiering av den lätta fordonsflottan tvingats använda väldigt saftiga morötter. Sverige höjde nyligen den bonus som helelektriska personbilar och lätta lastbilar får till 70 000 kronor trots att man borde förvänta sig att successivt fallande batteripriser skulle göra det möjligt att istället ta ett första steg i motsatt riktning.



För tunga lastbilar är steget till kostnadsparitet längre. Tecknen tyder på att de flesta åkerier kommer att nöja sig med att inledningsvis beställa enstaka elfordon för att skapa goodwill och bekanta sig med den nya tekniken. Många är kanske i dagsläget inte ens förberedda för detta första steg. Det finns heller inga tydliga tecken att fraktkunderna är beredda att acceptera påtagligt högre kostnader (åtminstone initialt) genom att vid upphandling av transporttjänster ställa krav på elektrifiering. I många fall motsvarar deras transportkostnader bara några procent av omsättningen, men en höjning med någon procentenhet kan få menlig inverkan på företagets totala avkastning. Trycket från konsumenterna på en omställning är ännu så länge nästan obefintligt, men dessa förhållanden kan komma att ändras snabbt om klimatfrågan får större tyngd och utbudet av elektriska fordon förbättras.

För citybussar går skiftet till el fortare vilket kan förklaras med ett större utbud, krav från trafikhuvudmän och möjlighet att få en av statens finansierad elbusspremie. I Sverige kan dock elektrifieringen av de regionala bussflottorna komma att hämmas något av att trafikhuvudmännen sällan äger egna fordon och därför ofta måste invänta en ny trafikupphandling för att kunna ställa krav på operatörerna att införa ny teknik. Avtalen har ofta en löptid på åtta år med viss möjlighet till förlängning. Dock bör även under dessa omständigheter minst en tredjedel av de berörda bussflottorna kunna vara elektrifierade år 2030. Därefter kan den fortsatta omställningen gå snabbt i takt med att avtalen omförhandlas.

Även om bara en mindre del av den globala produktionen av nya personbilar och lätta lastbilar år 2030 kommer att bestå av BEV kan den snabba ökningen från en mycket låg andel till en betydligt större leda till svårigheter med materialförsörjningen och kanske även till problem med att hinna bygga ut batteriproduktionen i tillräcklig takt. Kina, Japan och Sydkorea stod för några år sedan för ca 90 procent av tillverkningen av litiumjonbatterier, och även om storskalig tillverkning kommit i gång i USA och är på väg i Europa är det en bit kvar till självförsörjning.

Efterfrågan på laddningsbara batterier för elfordon förväntas öka till 300 GWh 2025 och ca 700 GWh 2030. Om alla de 22 europeiska gigafabriker som är beslutade eller under planering kan

färdigställas under 2020-talet så motsvarar deras samlade produktion den förväntade efterfrågan på batterier i Europa år 2030 (T&E, 2021a).

Dock är beroendet av Kina och ett fåtal andra länder fortsatt mycket stort när det gäller metaller som används i de laddbara batterierna. Det gäller främst kobolt och grafit samt en del sällsynta jordartsmetaller som används i elmotorernas permanentmagneter och dessutom i vindkraftverkens generatorer.

Demokratiska Republiken Congo står för ungefär hälften av världsproduktionen av kobolt, och Kinas andel av utvinningen de viktigaste sällsynta jordartsmetallerna är ännu högre. Därtill kommer att en stor del av förädlingen av metaller som utvunnits i andra delar av världen sker i Kina. För kobolt och litium uppskattas andelarna till ca 70 respektive 60 procent trots att Kinas egen andel av utvinningen av dessa mineral är liten till måttlig. För litium är bilden långsiktigt mer gynnsam även om knapphet kan uppkomma på kort sikt. De globala resurserna av litium är stora och utvinningen bör kunna öka i de viktigaste exportländerna som inkluderar Chile och Australien. Beträffande koppar, nickel och mangan utgör batteritillverkningens behov en mycket mindre andel av den totala världsmarknaden och det finns många potentiella leverantörer.

Kinas grepp om marknaden för jordartsmetallerna är mycket starkare än vad den egna andelen av mineralutvinningen indikerar, eftersom bearbetning och förädling nästan uteslutande sker i Kina. Enligt *the Economist*,² kontrollerade Kina 2010 omkring 95 procent av de mineraltillgångar och utvinningsprocesser som ligger till grund för den globala användningen av sällsynta jordartsmetaller. Den kommunistiska diktaturen använde sin makt över dem genom att strypa exporten till Japan när den japanska regeringen för några år sedan ifrågasatte Kinas rätt till ögruppen Senkaku i Syd kinesiska sjön. Det finns en uppenbar risk att den alltmer auktoritära kinesiska regimen kan komma att använda sin makt över de strategiska råvarorna för att stoppa kritik eller i syfte att gynna den egna exporten av produkter som kräver insats av dem, t.ex. batterier, vindturbiner och elbilar.

Regeringarna i Nordamerika, EU och Japan är numera medvetna om vad beroendet av import från odemokratiska och opålitliga länder som Kina innebär och söker vägar att differentiera tillförseln och där så är möjligt påbörja egen utvinning.³ International Energy Agency har nyligen analyserat de problem som västvärlden står inför när det gäller tillgång till råmaterial som behövs för en omfattande elektrifiering (IEA, 2021).

EU-kommissionen lanserade hösten 2020 en allians mellan offentliga och privata aktörer i syfte att säkra tillgången till strategiskt viktiga råmaterial. Betydande problem måste dock övervinnas. Det tar i demokratiska länder vanligen minst fem år att öppna en ny gruva och utvinning av sällsynta jordartsmetaller kan vara förenad betydande miljöproblem. De förekommer ofta i geologiska formationer med relativt högt innehåll av radioaktiva isotoper och eftersom att halterna av dem är låga krävs bearbetning av stora mängder jord och berg. Det var konflikten över en planerad utvinning på Grönland som avgjorde det senaste parlamentsvalet på ön.

I Sverige finns potential för utvinning av över hälften av de mineral som återfinns på EU-kommissionens lista över kritiska råvaror. Den svenska regeringen gav i mars 2021 en utredare uppdrag att se över berörda prövningsprocesser och regelverk i syfte att säkerställa en hållbar

² *Mission critical. The scramble for commodities*, the Economist April 3rd 2021.

³ Beträffande EU, se [Critical raw materials | Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/economy_finance/critical_raw_materials_en)

försörjning av innovationskritiska metaller och mineral från primära och sekundära källor (att avrapporteras 2022-10-31).⁴

De amerikanska och europeiska tillverkarna försöker minska åtgången av kritiska metaller, framför allt kobolt, i sina litiumjonbatterier. Mellan 2020 och 2030 förväntas behovet av litium per kWh batterikapacitet kunna halveras och användningen av kobolt minska ännu mer (T&E, 2021a). På sikt (dock troligen tidigast kring 2030) förväntas helt nya batterikemier tillföras marknaden. Stora förhoppningar fästs vid batterier med fast elektrolyt (solid-state batteries) som BloombergNEF räknar med ska kunna tillverkas till mindre än halva kostnaden jämfört med dagens litiumjonbatterier.⁵ En fast elektrolyt klarar temperaturer där en flytande elektrolyt skulle koka bort, vilket möjliggör högre energitäthet samtidigt som risken för batteribrand minskar.

På längre sikt kommer återvinning att få växande betydelse för materialförsörjningen. EU-kommissionen har presenterat förslag till en revidering av batteriåtervinningsdirektivet som skulle öka kraven väsentligt.⁶ Men en studie från Världsbanken (2020) visar att även om återvinningen skulle öka till 100 procent år 2050, så minskar detta bara det globala behovet av primära råvaror vid den tidpunkten med 15–30 procent. För att få fart på återvinningen krävs snarast beslut om skärpta regler, eftersom bristen på kommersiellt intresse gjort att rationella former för återvinning av alla ingående metaller ännu inte finns.

Elektrifiering genom vätgas och bränsleceller

Behovet av batterier kan i någon mån hållas tillbaka genom alternativa åtgärder i transportsektorn. Användning av vätgas, antingen direkt i förbränningsmotorer eller för produktion av el i bränsleceller, är en möjlighet men har nackdelen att elförbrukningen räknat från elnätet till fordonets hjul ökar ca två och en halv gång jämfört med batteridrift genom att betydande energiförluster uppkommer vid elektrolys, komprimering och lagring av vätgasen samt i bränslecellerna.

Några av de största personbilstillverkarna, bland dem VW-koncernen, säger att de kommer att övergå helt till BEV under 2020-talet, medan signalerna är mera otydliga från andra. Toyota, världens största tillverkare av personbilar, har länge nöjt sig med lätthybridisering utan möjlighet att ladda batterierna från nätet och företaget förefaller i sin långsiktiga planering lägga större vikt vid vätgas i bränsleceller än på BEV. Kina ligger beträffande elektrifiering långt före andra större länder. Under 2020 såldes 1,3 miljoner elbilar i Kina vilket svarade för ca 40 procent av den globala nyregistreringen av sådana fordon.⁷ Landet har hittills i huvudsak satsat på BEV men ser nu ut att komplettera med en omfattande satsning på vätgas.

Med tanke på Japans och Kinas stora beroende av fossil energi inom kraftproduktionen förefaller framställning av vätgas genom elektrolys som en omväg. Det är därför troligt att de under åtminstone de närmaste 20 åren i huvudsak kommer att producera vätgas genom reformering av naturgas. Tyskland, som också vill satsa stort på vätgas, hoppas kunna importera stora mängder

⁴ *Prövningsprocesser och regelverk för en hållbar försörjning av innovationskritiska metaller och mineral*. Kommittédirektiv 2021:16.

⁵ [Battery Pack Prices Cited Below \\$100/kWh for the First Time in 2020, While Market Average Sits at \\$137/kWh | BloombergNEF \(bnef.com\)](https://www.bnef.com/newsroom/press-releases/2021/04/2021-04-20-battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/)

⁶ [Sustainable batteries \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/euro-observatory/en/sustainable-batteries)

⁷ *The non-motor show. The future of car making*, the Economist April 24th 2021.

från soldrivna anläggningar i Nordafrika, men ännu finns inga avtal om storskalig import av vätgas som producerats genom elektrolys baserad på förnybar kraft.

I Sverige ser AB Volvo som ett troligt alternativ för tunga lastbilar i långväga trafik, men i övrigt har intresset för vätgasdrift av fordonen varit litet.

Elektrifierade vägar



Elvägar som möjliggör direkt överföring från nätet till fordonens elmotorer är ett annat alternativ men kräver till följd av höga infrastrukturkostnader ett stort trafikunderlag. Med tanke på den höga andelen utlandsregistrerade tunga lastbilar på det svenska huvudvägnätet är det svårt att föreställa sig en svensk satsning på elvägar om inte detta sker i samverkan med de närmaste grannländerna, dvs främst

Danmark, Norge och Tyskland. Med sin storlek och centrala placering i Europa är Tyskland det land som kommer att avgöra frågan. Smärre försök med elvägar i form av korta teststräckor har genomförts i en rad länder, bland dem Tyskland, Italien, USA och Sverige.

Trafikverket fick 2020 regeringens uppdrag att planera för en utbyggnad av elvägar. Verket föreslog i februari 2021 utbyggnad av 2 400 kilometer elväg till 2037 (Trafikverket, 2021). Därefter beslutade Trafikverket på uppdrag av regeringen att en pilotsträcka ska anläggas på Europaväg 20 mellan Örebro och Hallsberg och tas i drift 2025.

Elvägsutredningen presenterade nyligen förslag (SOU 2021:73) till en ny lag om villkor för elvägssystem med bestämmelser om avgifter och övriga villkor för tillträde till elvägar för vilka staten är väghållare. Trafikverket föreslås ansvara för infrastruktur och leverans av el till fordonen, medan Transportstyrelsen ska ansvara för debitering av brukaravgiften som föreslås täcka alla kostnader för drift och underhåll av elvägen fördelade utifrån fordonets förbrukade kWh. Den del av brukaravgiften som avser ersättning för förbrukad el ska motsvara kostnaden för inköp och leverans av el, inklusive myndigheternas kostnader för administrationen. Förslaget innebär således att staten inte övervältrar kostnaden för investeringen på trafikanterna, vilket är den princip som också tillämpas på investeringar i nya järnvägar och på elektrifiering av äldre banor.

Prissättningen av brukaravgiften kan, enligt utredningen, anpassas för ett samhällsekonomiskt effektivt utnyttjande av elvägen med avseende på kapaciteten i energisystemet och tid på dygnet. Brukaravgiften bedöms behöva slås ut över en längre tidsperiod, vilket innebär att staten inledningsvis, när nyttjandet fortfarande är lågt, behöver förskotta belopp för drift och underhåll av elvägen.

Utredningen bedömer att elvägar blir ett komplement till stationär laddning som minskar storleksbehovet av batterier, förhindrar flaskhalsar i transportsystemet och skapar transporteffektivitet. Laddning av batterier under färd innebär därtill minskat behov av stillestånd för laddning, inklusive tid för i- och urkoppling. Batterierna kan därför laddas oftare än bara vid depåstopp och raster utan förlust av transporteffektivitet.

Elvägsutredningen tar emellertid inte ställning till i vilken omfattning eller var elvägar ska byggas. Eftersom projektering och byggande av elväg kommer att ta tid förväntas elvägarnas bidrag till uppfyllandet av de transport- och klimatpolitiska målen bli begränsad fram till 2030. Det förefaller,

enligt utredningen, i dagsläget vara mest troligt att snabbladdningsstationer byggs ut först och att elvägar kommer att komplettera dessa genom att möjliggöra dynamisk laddning under färd.

Såväl Trafikverket (2021) som Börjesson m.fl. (2020) bedömer att elvägar på vissa premisser kan bli samhällsekonomiskt lönsamma. Ett problem med anläggande av elvägar är dock att det för lönsamhet måste bli fråga om stora sammanhängande system och att utbyggnaden (inkl. tillståndsprövning) kommer att ta många år. Om den snabba teknikutvecklingen fortsätter och laddbara batterierna kan lagra betydligt mer el per volym- och viktenhet och dessutom sjunker i pris kan det visa sig att elvägen hunnit bli kommersiellt obsolet när den är färdig att invigas (Börjesson m.fl., 2020). Även vätgas kan bli en svår konkurrent som reducerar trafikunderlaget för elvägarna. Det innebär inte att investeringen är helt bortkastad men tvingar anläggningsinnehavaren (dvs staten) att sätta avgifterna så lågt att det trots allt blir billigare att använda elvägarna än att satsa på stora batterier eller vätgas. Om åkerierna, enligt utredningens förslag, får tillgång till elvägar på samma förmånliga villkor som tåg företagen har när det gäller statens banor så är de förmodligen intresserade. Men då bidrar inte trafiken till täckande av statens kostnader för investeringen.

Begränsa batterikapaciteten i lätta fordon

En tredje möjlighet att hålla tillbaka efterfrågan på material för batteritillverkning skulle kunna vara att söka förhindra att den framväxande eldrivna flottan av personbilar och lätta lastbilar förses med onödigt stora batterier. De elbilar i lyxsegmentet som just nu dominerar marknaden för nya elbilar är vanligen försedda med batterier på 60-100 kWh som gör det möjligt att under realistiska förhållanden färdas 30-50 mil utan att stanna för snabbladdning. Men eftersom en genomsnittlig bilist bara gör 3-4 långresor per år leder utökad batterikapacitet till en snabbt avtagande marginalnytta till följd av att den del som överstiger 40-50 kWh används så lite. Det kan t.o.m. innebära att de utsläpp av koldioxid som tillverkningen av batteriet (inklusive utvinning och förädling av råvarorna) ger upphov till aldrig kan återbetalas under fordonets livstid genom nollutsläpp under drift. Nackdelen med ett måttligt stort batteri är förstås att ägaren måste stanna för att snabbladda under sina långresor och att infrastrukturen för sådan laddning måste byggas ut mer än vad som skulle ha varit fallet om nästan alla elbilar hade haft batterier som medger långa körsträckor.

En ytterligare möjlighet att begränsa efterfrågan på laddbara batteriet kan vara att under en övergångsperiod satsa på laddhybrider (PHEV). De flesta av dagens laddhybrider har batterier som bara klarar 30-50 km på el, men om man går upp till ca 15 kWh skulle de även under realistiska vinterförhållanden klara 60-70 km. Det räcker för att klara 70-80 procent av genomsnittsbilistens årliga körsträcka. En betydande del av den resterande fjärdedelen borde kunna klaras med biodrivmedel eller syntetisk bensin. Möjligen skulle även vätgas i bränsleceller kunna fungera som räckviddsförlängare och i det fallet behövs ingen förbränningsmotor, eftersom fordonet drivs helt med el. Men det förutsätter att det framtida nätet av vätgasstationer är så tätt även i glesbygdsdelarna av vårt land att inte en ny form av räckviddsångest uppstår. Nackdelen med elmotor + förbränningsmotor är förstås kostnaden för två drivlinor och sammantaget en högre kostnad för service och underhåll.

Tankesmedjan Transport & Environment (T&E, 2021b) framhåller att dagens europeiska bestämmelser avseende PHEV inte bygger på en realistisk bild av deras utsläpp som kan vara flera gånger högre än vad som anges vid certifieringen av nya modeller. Utbudet av PHEV domineras av bilar i lyxsegmentet med överstarka förbränningsmotorer (hög andel SUVs) och gynnas genom frikostig tilldelning av "super credits". T&E vill se stramare EU-regler baserade på de mätningar av faktisk förbrukning som blir obligatoriska för modeller sålda 2021 eller senare. Organisationen

föreslår att både de gemensamma reglerna och de som tillämpas inom ramen för medlemsländernas beskattning ska innehålla krav på att elmotorns effekt ska vara lika stor eller större än förbränningsmotorns och att batterierna ska medge minst 80 km på enbart el samt att de ska vara möjliga att snabbadda. Den svenska regeringen har gått i motsatt riktning genom att minska kraven för att laddhybrider ska få miljöbonus.

Framtida elbehov för en elektrifiering av vägtrafiken i Sverige

Om den framtida vägtrafiken i Sverige (6 miljoner lätta fordon och drygt 100 000 tunga) nästan helt elektrifieras och flertalet tunga arbetsmaskiner samtidigt byter till el kommer elförbrukning 2045 hamna någonstans i intervallet 15-20 TWh per år. Hög andel vätgas producerad genom elektrolys drar upp efterfrågan, medan en måttlig hög andel biodrivmedel verkar i motsatt riktning.

Nödvändig laddinfrastruktur

Elektrifieringen av vägtrafiken kräver en omfattande utbyggnad av laddinfrastrukturen. Såväl ägare av kommersiella fordon som privatbilister föredrar att långsamladda ”hemma” eftersom det är mycket billigare än att betala för snabbaddning som kan kosta 3-5 gånger mer per kWh. Därför är det viktigt att alla flerbostadsfastigheter och alla fastigheter som utgör bas för kommersiella fordon förbereds för installation av laddstolpar och andra laddningsaggregat. För småhus och radhus finns vanligen redan elinstallationer och säkringar som gör det lätt för ägaren att ansluta utrustning för laddning.

Eftersom framdragning av el till rätt plats och med tillräcklig effekt kan ta betydligt längre tid än att installera laddstolparna vore det bra om alla fastigheter inom de närmaste åren ser till att ta det första nödvändiga steget. Sedan kan laddplatser tillkomma

i den takt som efterfrågan från hyresgäster eller bostadsrättsinnehavare motiverar det. Det finns ett EU-direktiv som ställer krav på att nya byggnader ska förses med möjligheter till laddning av elfordon, men kraven är inte högt ställda och för länder som vill gå i bräsch krävs mycket mer. Därför borde Sverige införa bestämmelser som tvingar fastighetsägarna att dra fram el i tillräcklig omfattning till de platser som kan bli aktuella för laddning av fordon. Behovet påverkas i ringa grad av om det i den framtida flottan kommer att finnas många laddhybrider. De måste ju också laddas och med batterier på 10-20 kWh kommer de att ladda hemma ungefär lika ofta och nästan lika mycket som de BEV som har batterier motsvarande räckvidder på 30-50 mil.

De rena batteribilarna behöver dessutom få möjlighet till publik snabbaddning i nät av laddstationer som gör att risken för omvägar och räckviddsångest blir liten. För att underlätta utbyggnaden är det förstås bra att lokalisera laddstationerna till platser där deras effektbehov inte kräver någon utbyggnad av nätet utöver framdragning den sista biten. Lokaliseringen behöver således planeras i nära samarbete med nätägarna.

Förutom för Tesla (som har ett eget nät av snabbaddningsplatser) har utbyggnaden av stationer för snabbaddning hittills varit ganska långsam i Sverige och enligt reportage i media förknippad med en del problem med utrustningen. Under det senaste året har utbyggnaden varit långsammare än fordonsflottans tillväxt. Om den trenden fortsätter kan bilister behöva köa för att få snabbadda.



Bra vore att utveckla gemensamma betallosningar och tekniska plattformar for pristransparens. Leverantörerna tar betalt på olika sätt, vissa utifrån effekt, andra efter laddningstid. Det finns appar med vars hjälp bilisten kan se om det finns ledig plats på en laddstation men inga med vars hjälp man kan boka plats i förväg. I avsaknad av dem tvingas bilisten leva med osäkerhet om det nödvändiga stoppet blir en halvtimme eller en timme eller ännu mer beroende på om laddplatserna är upptagna och på om det finns fler som kör.

För tunga fordon berör behovet av platser för långsamladdning förhållandevis få fastighetsägare. Det handlar främst om de depåer och rastplatser där fordonen nattparkeras och i viss mån om godsterminaler där de står tillräckligt långa stunder för att göra det meningsfullt att koppla upp bilen för kompletterande laddning. På längre sikt kan kanske induktiv laddning göra det möjligt att även ladda hos större kunder. Långsamladdning sker visserligen vid lite högre effekt än för personbilar, men det handlar knappast om effektbehov av en storleksordning som skapar behov av större nätförstärkningar (lokala undantag kan finnas). Att ladda ett stort lastbilsbatteri på 800 kWh är inte värre än att ladda tio lätta fordon med batterier på 80 kWh.

För tunga fordon som behöver snabbbladdas för att inte bli stående längre tid än vad som kan behövas för att föraren ska hinna äta och följa arbetstidsbestämmelserna krävs däremot hög effekt vilket kan leda till behov av hög lokal kapacitet om många sådana fordon ska kunna ladda samtidigt. Om 20 tunga lastbilar samtidigt ska kunna snabbbladda på en större befintlig rastplats behövs kraftiga lokala nätförstärkningar för att klara en total efterfrågan på ca 15 MW. Det motsvarar effektbehovet hos en mindre tätort.

Transport & Environment (T&E) bedömer att godstransporter över längre avstånd än 400 km står för en femtedel av de tunga lastbilarnas totala utsläpp av koldioxid inom EU. Organisationen anser att elektrifiering är den enda tänkbara storskaliga lösningen och föreslår att den förestående revisionen av EU:s alternativbränsleinfrastrukturdirektiv ska ställa krav på det 2025 ska finnas minst en publik snabbbladdningsstation per 100 km längs vägar som tillhör motorvägsnätverket TEN-T, med utökning till en var femte mil år 2030. Varje station bör ha minst fyra snabbbladdningspunkter för 700-800 kW (T&E, 2021c). ACEA och T&E har skrivit ett gemensamt brev till EU-kommissionen om bindande krav på infrastruktur för snabbbladdning av lastbilar baserat på T&E's bedömning. Som framgått ovan gick kommissionen dem bara delvis till mötes i sitt förslag till reviderat direktiv. AB Volvo har nyligen tillsammans med konkurrenterna Daimler och Traton beslutat att gemensamt satsa 550 miljoner euro på att finansiera av 1 700 stationer i Europa för snabbbladdning av tunga lastbilar. De räknar säkert med att därtill få medfinansiering från EU och/eller medlemsländerna.

En betydande del av de mobila arbetsmaskinerna kommer också att behöva elektrifieras. Hur deras behov av batteriladdning ska lösas behöver analyseras mera i detalj, eftersom de har olika effektbehov och används på platser som kan ha mycket skiftande förutsättningar för laddning. I en del fall kan vätgas eller biodrivmedel vara en bättre lösning, men uppgiften att förse dem med drivmedel är inte liten. De förbrukar för närvarande nästan lika mycket diesel per år som de tunga lastbilarna.

Elproduktionens utbyggnad

Om alla planer på att ersätta fossilenergiberoende processer förverkligas och fler elkrävande verksamheter förläggs till Sverige samtidigt som vägtrafiken, flertalet arbetsmaskiner och en del mindre flygplan och fartyg elektrifieras kan efterfrågan på el komma att mer än fördubblas jämfört med dagens drygt 140 TWh (inkl. överföringsförluster). Energiföretagen (2021) bedömer att

efterfrågan skulle överstiga 300 TWh om alla de projekt som nämns i olika ”färdplaner” och branschstudier förverkligas men de anger breda intervall för metall- och gruvindustrin (69-114 TWh) och den kemiska industrin (19-27 TWh). För all användning anges intervallet till 240-310 TWh år 2045.

Det förefaller osannolikt att efterfrågan på så kort tid som 25 år skulle kunna hamna över 250 TWh per år. En del av de tekniskt tänkbara projekten tål troligen inte de priser som kan bli följden om utbyggnaden av elproduktionen inte förmår hänga med efterfrågan. Nettoimport kan knappast bli en del av lösningen, eftersom alla EU-länder kommer att behöva använda mycket mer el än idag för att kunna fasa ut användningen av fossil energi inom transporter, uppvärmning och industriprocesser. Utbyggnad av kraftöverföringsförbindelserna med kontinenten kan tvärtom leda till att grannländerna vill köpa mer el från Sverige och Norge än idag, vilket skulle bidra till ökad konkurrens om knappa resurser.

Om efterfrågan år 2045 når 250 TWh innebär det att produktionskapaciteten behöver öka med ca 90 TWh samtidigt som den befintliga kärnkraften, som 2020 bidrog med 47 TWh, till följd av hög ålder successivt läggs ner. Om den svenska klimatmålsättningen ska kunna uppnås kommer denna väldiga omställning i huvudsak att behöva vara genomförd på mindre än 25 år.



Senast i mitten av seklet behöver de återstående sex kärnkraftverken ersättas av annan fossilfri kraftproduktion. Att räkna med längre drifttid än 60 år (de designades för 40 års drift) förefaller riskfyllt både säkerhetsmässigt och ekonomiskt. Utmattning av reaktortankarnas gods till följd av försprödning orsakad av joniserande strålning och tryckförändringar/transienter sätter en gräns för hur gamla aggregaten kan tillåtas

bli. Uppkomna skador, som inte nödvändigtvis behöver avse säkerhetsrelaterade komponenter, kan utan förvarning tvinga ägarna att ta ställning om en större reinvestering (t.ex. byte av turbin) hinner betala sig innan reaktorn av andra skäl måste tas ur bruk. I ett sådant läge blir det förväntade elpriset under en kort avskrivningstid avgörande för om ägaren vågar genomföra investeringen. Med volatila elpriser till följd av ökad andel intermittent produktion i det svenska elförsörjningssystemet kommer priset under vindrika perioder att vara lågt och stundtals negativt. Då blir möjligheten att företa reinvesteringar i de gamla reaktorerna beroende av att elpriset under dagar med effektunderskott blir tillräckligt högt. Sverige måste således inrikta sig på att ersätta de sex befintliga reaktorerna med annan produktion inom 20-25 år.

Om 250 TWh efterfrågas år 2045 och kärnkraften hunnit avvecklas skulle Sverige till dess behöva förstärka produktionskapaciteten med motsvarande 150 årsterwattimmar jämfört med 2020, ett år då elöverskottet uppgick till 25 TWh, dock till del beroende på att pandemin minskade inhemsk efterfrågan med 5 TWh jämfört med 2019 och att vattenkraften producerade ca 5 TWh mer än under ett normalår. År 2020 levererade vindkraften 28 TWh.

Om uppgiften huvudsakligen ska klaras med ny vindkraft och ett successivt utbyte av äldre vindkraftverk mot nya med högre kapacitetsfaktor och fler fullasttimmar per år måste tusentals nya vindkraftverk uppföras på land och till sjöss. Eftersom den genomsnittliga tillgängligheten hos nya vindkraftverk bara uppgår till mindre än hälften av den hos äldre kärnreaktor leder skiftet i den delen till mer än en fördubbling av effektbehovet.

Den svenska kärnkraftsutbyggnaden genomfördes på mindre än 20 år. De tolv reaktorer som driftsattes mellan 1972 och 1985 medförde ett tillskott på ca 9 500 MWe med en årsproduktionskapacitet om ca 70 TWh. Det visar att mycket kan genomföras på relativt kort tid förutsatt att det finns starka aktörer och tillräcklig finansiering. Man bör också komma ihåg att Sveriges BNP i fast penningvärde var nästan tre gånger större år 2020 jämfört med 1970. De samlade resurserna är alltså mycket större idag.

Ändå finns anledning att befara att svårigheterna denna gång kan bli betydande. Det handlar om många fler individuella anläggningar (även räknat som produktionsparker) och betydligt större kostnader för nätanslutning och kraftöverföring till andra delar av landet och till utlandet. Produktionens intermittenta karaktär bidrar till att systemkostnaden kan bli högre än i det existerande kraftsystemet. Frågor uppkommer om vilka aktörer som ska ta ansvar för nödvändiga kompletterande investeringar och hur kostnaden för dem ska överföras till elkonsumenterna.

En betydande del av den produktion som avser efterfrågan av el för elektrolys kommer emellertid sannolikt inte att levereras till elnätet, eftersom det kan bli billigare, när det är fråga om mycket stora volymer, att placera elektrolysörerna i vindkraftsparkerna och använda rörledningar för transport av vätgasen till de industrier där den ska användas. Det ställer å andra sidan krav på uppbyggnad av vätgaslager som buffert för dagar/veckor med lite vind.

En fortsatt snabb utbyggnad av vindkraft på land kan förväntas möta ökat lokalt motstånd i takt med att man tvingas ta mark i anspråk i områden där antalet berörda individer är ganska många. Det finns också en rad motstridiga intressen (landscaps- och biotopskydd, rekreation och turism, renskötsel och militära krav) som kan leda till svåra avvägningsbeslut. Regeringen har deklarerat att den vill påskynda prövningsprocessen och branschen vill avskaffa kommunernas vetorätt.



Utredningen om en rättssäker vindkraftsprövning föreslog nyligen (SOU 2021:53) att berörd kommun inom sex månader från inkommen begäran måste ge ett lokaliseringsbesked för en vindkraftsanläggning. Berörda myndigheter får inte ta upp en ansökan om tillstånd till prövning om kommunen avstyrkt lokaliseringen, om lokaliseringsbesked saknas eller om mer än fem år gått sedan ett positivt lokaliseringsbesked meddelades.

Motsättningarna kan mildras om kommunerna tidigt upprättar planer som tar hänsyn till motstående intressen och lokalbefolkningens synpunkter. Därigenom kan exploatering av områden där motståndet kan förväntas bli stort undvikas. Risken för långvariga processer kan reduceras om sökandena inkommer med väl underbyggda ansökningar som minimerar sannolikheten för att beslut överklagas och att högre rättsinstanser ska undanröja positiva beslut eller återförvisa ärenden till förnyad prövning med krav på att sökanden ska komplettera ansökningsunderlaget. En väl underbyggd ansökan kostar kanske lite mer men kan vara nyckeln till kortare handläggningstider. Energimyndigheten och branschorganisationen skulle kunna ta fram råd och anvisningar om vad sökandena bör tänka på för att minimera risken för överklaganden och lång processtid. Detta blir viktigt också när utbyggnaden i högre grad än för närvarande inriktas på havsförlagda vindkraftparker där motstående intressen också kan finnas (fiske, sjöfart, biologisk mångfald, försvarsintressen).

Det kan ifrågasättas om solkraften kan få någon större betydelse för Sveriges elförsörjning. Även om priset på celler och moduler fortsätter att sjunka kommer knappast kostnaden för att bygga hela anläggningar att sjunka i samma takt. Ett grundläggande problem är att solkraften bidrar när den minst behövs. Det innebär att den tenderar att bidra till sjunkande priser under sommarhalvåret vilket försämrar vindkraftproducenternas intjäningsmöjligheter och genomsnittliga årsintäkter. Jämfört med förhållandena på sydliga breddgrader, där efterfrågan på el ofta är högst dagtid och under sommarhalvåret, kommer Sverige, även när vägtrafik och industriprocesser konsumerar mycket mer el än idag, att ha högre total efterfrågan vintertid än på sommaren. Ett dubbelt så stort solinflöde per kvadratmeter och år i kombination med en jämnare tidsmässig fördelning bidrar också till att göra solkraften mer lönsam i t.ex. medelhavsområdet.

För att nyttiggöra solkraftens bidrag krävs lagring mellan dag och natt vilket är möjligt med batterier som potentiellt också kan användas för att lagra el vintertid mellan dagar med lågt och högt elpris. Men lagring av solenergi från sommar till vinter i batterier är knappast att tänka på och säsongslagring i form av vätgas är sannolikt också för dyrt. I motsats till de lager som byggs för att överbrygga perioder med lite vind skulle



årstidslagring innebära att vätgaslagret bara används en enda gång per år. Möjligen skulle man i framtiden, om produktionskostnaden för solet sjunker till en bråkdel av dagens, kunna producera vätgas som används för framställning av elektrobränslen vilka kan lagras till lägre kostnad än vätgas räknat per energienhet. Men totalverkningsgraden i en sådan produktionskedja blir mycket låg, vilket talar för att konceptet kan bli svårt att etablera på marknadsmässiga villkor. Att solkraft alls produceras idag är till stor del en följd av statligt stöd och undantag från den höga svenska elskatten. Om villkoren förändras kan luften gå ur den marknaden.

De försök som gjorts att analysera hur mycket vindkraft som kan integreras i det svenska kraftsystemet har gällt en årlig produktion i vindkraftverk på 55-60 TWh, vilket är mindre hälften av vad som skulle behövas om total efterfrågan i Sverige når 240 TWh eller mer (Söder, 2013 och Göransson, 2014) och beräkningarna har ifrågasatts (Larsson, 2013). Svenska Kraftnät (2015) bedömer att vattenkraften uthålligt kan balansera cirka 13 000 MW vindkraft under förutsättning att vattenkraften kan överföras till förbrukarna. En installerad effekt på 13 000 MW vindkraft motsvarade, när rapporten skrevs, en årsproduktion på 30–40 TWh. Därutöver skulle kompletterande åtgärder behöva vidtas och myndigheten räknar upp ett antal sådana utan att göra något försök att kvantifiera vare sig deras bidrag eller kostnader. Energimyndigheten (2018) anser att det skulle vara möjligt att till 2045 bygga ut till en vindkraftsårsproduktion på 90 TWh men utan att presentera någon närmare analys av balans- och effektoproblematiken.

Ett produktionssystem med 150 TWh vindkraft skulle behöva kompletteras av betydande resurser för effektutjämning. Söder nämner gasturbiner som en möjlighet och bedömde i sin analys behovet (vid 60 TWh vindkraft) till 5 000 MWe som förbrukar 3 TWh gas under ett normalår. Pumpkraftverk kan utgöra ett komplement, eventuellt till någon del placerade i Norge. Batterier kommer också att användas såväl småskaligt hos enskilda hushåll och andra förbrukare som i form av större kommersiella lager. Fordonsbatterier kan spela viss roll, men potentialen begränsas av fordonsägarnas troliga krav på kompensation för större batterislitage och minskad tillgänglighet. På längre sikt kan begagnade batterier bli en viktig resurs, men de kan knappast bli tillgängliga i större skala förrän någon gång bortom 2035.

Ett annat problem med ett stort vindkraftberoende och sjunkande andel värmekraft är att upprätthålla den tillgång till svängmassa som kraftsystemet behöver. Sammantaget innebär dessa komplikationer att ett skifte till en mycket hög andel icke-planeringsbar kraft i det svenska försörjningssystemet kommer att leda till höjda systemkostnader.

Det är de befarade systemkostnaderna som gör att kraftindustrin kan behöva överväga att komplettera den massiva utbyggnaden av vindkraften med någon form av produktion som kan styras tidsmässigt. Det finns för närvarande egentligen bara två realistiska alternativ; ny kärnkraft och naturgaskombikondenskraft med CCS. I båda fallen skulle sådana anläggningar rimligen lokaliseras till de två sydligaste elproduktionsområdena där problemen med att klara effektbalansen är störst.

Man skulle kunna tänka sig några större gaseldade kraftverk i Skåne eller på Västkusten kanske enklast genom placering i Barsebäck eller Ringhals där ledig kapacitet finns i kraftledningssystemet. Här finns också tillgång till naturgas. Den avgörande frågan är om ett sådant alternativ (utöver att erbjuda riskspridning) kan ge en lägre total kostnad än den marginella systemkostnad som uppkommer till följd av investeringar i ytterligare vindkraft i ett läge där vindkraftens produktionskapacitet redan nått mycket hög nivå (t.ex. 100 TWh).

Kärnkraftverk är till sin karaktär mycket mer kapitalintensiva än gaskraftverken och det innebär att investeringar nya reaktorer relativt sett är förknippade med en större finansiell risk. Detta är särskilt uppenbart för stora aggregat (1 500-2 000 MW_e) som tar många år att bygga (inklusive prövningsprocessen). Därför har industrin, främst i Nordamerika men också i Europa, under senare år har börjat intressera sig för ett nytt koncept, *Small Modular Reactors* (SMR). Reaktorerna designas för serietillverkning i storlekar på omkring 200 MW_e och bör kunna göras självavstängande och placeras i bergrum eller i underjordiska silos för att skyddas mot terrordåd. När de väl typgodkänts bör byggtiden kunna begränsas till något enstaka år.

Ännu finns emellertid inga SMR på den kommersiella marknaden, och det beror nog mer på tvekan från de potentiella kunderna än på kvarvarande tekniska problem. En marknadsintroduktion försvåras av att man behöver bestämma sig för om det ska bli fråga om en konventionell lättvattenreaktor av tredje generationen eller om man hellre vill satsa på den fjärde generationen, vilket kan innebära kylning med flytande bly och återvinning av använt klyvbart material. Det senare förutsätter förstås upparbetning och skulle både i USA och större delen av Europa innebära ett systemskifte när det gäller hantering av utbränt högaktivt material.

Det föreligger ingen enighet i Sverige om kärnkraftens framtid, men den senaste energiöverenskommelsen tillåter satsning på ny kärnkraft förutsatt att det kan ske på kommersiella villkor och att antalet reaktorer inte ökar samt att de tillkommande aggregaten uppförs på någon av de platser där dagens reaktorer finns. Uppgåelsen skulle behöva omförhandlas åtminstone beträffande antalet tillåtna aggregat. Om avsikten med den delen av överenskommelsen var att begränsa kärnkraftens framtida användning vore det bättre att sätta en gräns i antal MW än i antal reaktorer.

Det är inte överhängande bråttom att fatta beslut om eventuell ny kärnkraft i Sverige, men med tanke på ledtiderna för en utbyggnad kan det bli nödvändigt att bestämma sig under andra halvan av 2020-talet. Sverige är långt ifrån ensam om att behöva hitta en lösning på de variationer i tillgänglig effekt som en kraftfull utbyggnad av sol- och vindkraft medför och flertalet länder är hänvisade till ungefär samma alternativ och tekniker som vi.

För att öka Sveriges och andra länders långsiktiga valmöjligheter vore det bra om svensk kraftindustri kunde bidra till tillkomsten av ett internationellt samarbete där företagen gemensamt

upphandlar ett antal SMR av samma sort och storlek i syfte att få konceptets kommersiella och praktiska hållbarhet prövad. En nollserie på 10-15 aggregat skulle troligen räcka som ett första steg, men då måste de samverkande parterna komma överens om vilken teknik och storlek man i detta första steg vill satsa på.

Ett sådant projekt skulle, om det blir framgångsrikt, ge Sverige tillgång till värdefull kunskap och öka vår långsiktiga valfrihet. Detta kan bli viktigt om det visar sig svårt eller kostsamt att integrera mycket stora mängder vindkraft i vårt försörjningsystem. Om, å andra sidan, den långsiktiga marginalkostnaden för ett system med mycket hög andel vindkraft inte blir avskräckande hög behöver vi sannolikt inte beställa fler SMR. Vårt bidrag till nollserien bör således ses som ett sätt att till en måttlig engångskostnad skapa handlingsfrihet. Om det skulle stanna vid två aggregat på vardera 150 MWe som används i 60 år, kommer det högaktiva kärnavfall som de orsakar bara att ge ett tillskott på ca 3 procent till den volym som de gamla reaktorer totalt sett efterlämnar.

Eftersom problem med effektbalansen kan förutses i ett kraftsystem som domineras av icke-reglerbar produktion har frågan om storleken och sammansättningen av den svenska effektreserven och det eventuella behovet av en kapacitetsmarknad diskuterats under de senaste åren. För närvarande har Sverige och Norden bara en s.k. ”energy-only” marknad.

Kraftnätens utveckling

En tillväxt i den svenska elanvändningen med över 50 procent kommer att kräva omfattande utbyggnad och förstärkningar av elnätet. Att elproduktionen i betydande utsträckning blir mer småskalig än idag medför behov av ett stort antal matarledningar från enskilda produktionsanläggningar till stamnätet. Hur mycket som överföringskapaciteten från Norrland till södra Sverige kan komma att behöva förstärkas blir starkt beroende på om efterfrågan på el i Norrbotten och Västerbotten blir så omfattande att ”exportöverskottet” inte blir särskilt stort eller helt försvinner. Stora mängder el kommer enligt företagens planer användas för reduktion av järnmalm i Norrbotten och i nya verksamheter som Northvolts fabrik i Skellefteå och ytterligare serverhallar. Enligt Region Norrbotten (2020) kommer ökad regional efterfrågan (exkl. Hybritprojektet) reducera det nuvarande effektöverskottet på 3 000 MW i Norrbotten och Västerbotten till ca 600 MW redan år 2028. Dock planerar Svenska kraftnät en förstärkning av överföringsmöjligheterna mellan norra och södra Sverige som beräknas kosta ca 75 miljarder kronor.



Om LKAB köper vätgas som produceras i nya vindkraftparker belägna i regionen och transporteras i rörledningar kommer det regionala elnätet inte att behöva förstärkas i samma omfattning som om den nödvändiga elektriciteten levereras till kundens anläggningar i Kiruna och Malmberget. Men rörledningarna kommer också att tillståndsprövas med många berörda markägare och potentiella säkerhetsproblem. Produktion av vätgas baserad på lokal vindkraft innebär behov av stora vätgaslager för att klara perioder med lite vind. Det är alltså även med en sådan lösning fråga om betydande infrastrukturinvesteringar.

I ett läge där norra Norrland förbrukar en stor del av den regionalt producerade elektriciteten blir den södra halvan av landet mer utlämnad till egen produktion. Det blir särskilt påtagligt när de nuvarande sex kärnreaktorerna avvecklas. Det ställer krav på förstärkningar av stamnätet och på överföring per kabel till fastlandet av el som produceras till havs. Det är också i södra Sverige som betydande regionala förstärkningar behövs för att klara ökad efterfrågan till följd av en snabb befolkningstillväxt och för att klara vägtrafikens framtida försörjning. De regionala näten har redan problem att klara efterfrågan i städer som Stockholm, Uppsala, Västerås och Malmö.

Under det senaste året har en stundtals het debatt förekommit om nätavgifternas storlek och om vilka resurser som behövs för att i tid klara den utbyggnad som behöver genomföras under 2020-talet. Energiministern har förklarat att det inte föreligger någon risk att förstärkningarna inte ska hinna genomföras. Men någon plan, utöver Svenska kraftnäts utvecklingsplan för stamnätet, som preciserar behoven och analyserar ledtiderna för alla olika typer av förstärkningar som behövs i de svenska näten har när detta skrivs inte presenterats. Utöver det svenska stamnätet och de regionala och lokala näten behöver kapaciteten hos utlandsförbindelserna stärkas. Fossilfritt Sverige bedömer den totala kostnaden för utbyggnad av stam- och regionalnäten till 500 miljarder kronor fram till 2045.⁸ Därtill kommer behoven av förstärkningar i lokala nät.

Risk för kompetens- och arbetskraftsbrist?

Brist på specialister och annan arbetskraft är ett potentiellt problem som ansvariga myndigheter borde ägna större uppmärksamhet. Om en rad nya sektorer ska elektrifieras i snabb takt och i stor omfattning är det inte säkert att tillgången på elektroingenjörer och elektriker räcker. Fossilfritt Sverige räknar med att omställningen kommer att kräva tillgång till 30 000 nya elinstallatörer.⁹ Stora pensionsavgångar i kombination med för få nyutbildade kan snabbt förvärra situationen. Att köpa kompetens från utlandet kan bli svårt om de flesta andra länder också satsar på att elektrifiera trafiken och delar av industrin. Det kommer säkert också att uppkomma behov av att fortbilda personal så att de t.ex. kan serva elfordon. Behoven av specialistkompetens borde analyseras så att myndigheterna i ett tidigt skede kan initiera de satsningar som kan behövas. Det gäller allt från gymnasieskolans yrkesprogram till ett antal högskoleutbildningar av relevans för möjligheterna att genomföra den omfattande elektrifieringen. För att få fler ungdomar att inse att elektriker och elektroingenjörer är framtidsyrken med god förväntad löneutvecklingen behöver näringsliv och myndigheter förbättra sin information till de unga. Möjligen kan också någon form av ekonomiskt incitament under studietiden behövas.



⁸ Svante Axelsson, Fem avgörande satsningar för fossilfri konkurrenskraft. DN Debatt 2021-05-06.

⁹ Svante Axelsson, Fem avgörande satsningar för fossilfri konkurrenskraft. DN Debatt 2021-05-06.

Elektrifiering av flyget

Flyget har ungefär samma långsiktiga bränsleförsörjningsalternativ som vägtrafiken, dvs biodrivmedel, syntetiska drivmedel (elektrobränslen), vätgas och el. Dessutom kan behovet av drivmedel reduceras genom minskat luftmotstånd och effektivare motorer samt genom att optimera flygtrafikens rutter.

I Svenskt Flygs ”färdplan”, framtagna tillsammans med Fossilfritt Sverige, ligger fokus helt på biodrivmedel. Den svenska branschföreningen klargör i fem punkter att den förväntar sig att det är staten som ska göra det möjligt genom olika former av stöd och genom offentlig upphandling av fossilfritt bränsle. Ett helt fossilfritt inrikes- och utrikesflyg skulle, enligt rapporten, kräva 1,2 miljoner kubikmeter fossilfritt bränsle vilket motsvarar nio procent av den svenska bioenergitillförseln. Färdplanen nämner bara elektrifiering i förbigående (Föreningen Svenskt Flyg och Fossilfritt Sverige, 2018). Hösten 2020 genomförde dock branschföreningen ett seminarium om flygets möjligheter att använda vätgas och bränsleceller.¹⁰

En viktig förutsättning för att kunna elektrifiera flyget är förbättrad batterikapacitet. I en litteraturstudie bedömer Salomonsson och Jussila Hammes (2020) att dagens litium-jonbatterier kan göra det möjligt att driva elflygplan med upp till fyra passagerare på en sträcka av högst 300 km. Energitätheten hos dagens batterier uppgår till 265Wh/kg och li-jonbatteriernas potentiella maxkapacitet bedöms ligga kring 400 Wh/kg. För att kunna flyga fler passagerare över längre sträckor behöver i så fall flygplanen bli mer energisnåla och/eller teknikutvecklingen ge tillgång till batterier med högre energitäthet. Studiens författare nämner att en tänkbar tredubbling av dagens cellspecifika energi till ca 800 Wh/kg i mitten av seklet skulle möjliggöra flygningar på rutter upp till ca 1 100 km med flygplan som tar 190 passagerare.

Batterier med fast elektrolyt väntas kunna uppnå en energitäthet på omkring 650 Wh/kg, men det finns många osäkerheter kring denna utveckling (Avinor och Luftfartstilsynet, 2020).



McKinsey & Company (2020) har analyserat möjligheterna att använda vätgas i flygplan och anser att förutsättningarna är goda över korta till medellånga distanser för regionalflyget.

Vätgasen måste användas i flytande form och för att kunna integrera tankarna kan flygkropp och vingar behöva få ny design. Vätgasen kan användas antingen i bränsleceller eller i vätgasturbiner. Det förstnämnda alternativet måste kombineras med el från batterier för att klara effektbehovet under start. Den bedömning som görs i rapporten är att bränslecellsdrivna 19-sättesplan kan vara i drift om cirka 10 år. Drift med enbart batterier bedöms bara vara tänkbart för korta pendelrutter.

Avinor och Luftfartstilsynet (2020) uppger att med dagens batteriteknik och certifieringsstandarder begränsas den teoretiska räckvidden för plan med 19 passagerare till 35–40 mil. Förutom frågan om batteriernas energitäthet och kostnader är säkerheten viktig. Heart Aerospace (2020) räknar med att flygets litium-jonbatterier kommer att behöva bytas ut efter 1 000 till 3 000 laddningar.

¹⁰ [Är vätgas framtiden för flyget? - Svenskt Flyg](#)

Beroende på hur många gånger de laddas per dag innebär det att man måste räkna med att köpa nya batterier med ett till tre års mellanrum.

Det tyska konsultföretaget Roland Berger (2020) gör ungefär samma bedömning som McKinsey & Company men menar att batteriutvecklingen kan leda till att helelektriska plan på längre sikt kan komma att konkurrera med vätgasalternativet på regionala rutter. För längre flygningar kommer flygindustrin fortsatt att vara hänvisad till flytande drivmedel – bioenergi eller syntetiska bränslen. Rapporten understryker att batterialternativet har fördelen av att inte ge några emissioner alls, medan förbränning av vätgas ger upphov till utsläpp av kväveoxider och vattenånga och vätgas i bränsleceller till vattenånga (men inte NO_x). Eftersom vätgas för drift av turbiner inte kräver lika mycket teknikutveckling som bränslecells- och hybridalternativen, tror Roland Berger att det blir den tekniken som först kommer att kunna kommersialiseras.

Airbus är den tillverkare av stora trafikflygplan som tydligast markerat sin avsikt att satsa på vätgas. Företaget hoppas att i början av 2030-talet kunna ersätta stora delar av trafiken inom kontinenterna med vätgasdrivna plan med räckvidd på upp till 2 000 nautiska mil (drygt 3 700 km) och med plats för upp till 200 passagerare.

Trafikanalys (2020) har på regeringens uppdrag analyserat förutsättningarna för elektriskt flyg i Sverige. Myndigheten har identifierat 14 pågående utvecklingsprojekt. De tillverkare som uppger att flygplanen kommer att flyga inom de närmaste åren utvecklar mindre plan med en passagerarkapacitet på upp till 19 passagerare, medan de som har planer på att lansering längre fram siktar mot större modeller med längre räckvidd. För de senare plan är hybridteknik den vanligaste framdrivningstekniken med sju projekt, medan fem har batterielektrisk framdrivning och två bränsleceller.

Trafikanalys konstaterar att bara två procent av flygningarna i Sverige görs med flygplan med 19 säten eller färre och att dessa flygningars andel av det totala transportarbetet med flyg är förstås ännu mindre. På kort sikt är potentialen för batterielektriskt flyg således mycket liten. Myndigheten presenterar fyra scenarier för elflygets kortsiktiga utveckling baserat på antaganden om att planen kommer att ha en kommersiell räckvidd på högst 40 mil och kunna ta högst 19 passagerare. Den bedömer att fyra av Trafikverkets sju upphandlade linjer kapacitetsmässigt vore möjliga att ersätta med elflyg. När det gäller inrikes och utrikes trafik från övriga regionala flygplatser trafikeras de ofta av flygplan med en kapacitet som överstiger 19 passagerare. I scenariot identifierar Trafikanalys åtta sådana befintliga flyglinjer som uppfyller kravet på ett avstånd om högst 40 mil, varav två är utrikeslinjer. Det innebär rimligen att de skulle kunna trafikeras av elflygplan när batteriutvecklingen lett till en situation där plan med något fler säten kan drivas elektriskt. Ett annat alternativ kan förstås vara att bedriva trafiken med de mindre planen, alltså fler avgångar per dygn. Men det medför bl.a. ökade personalkostnader.

Trafikanalys konstaterar att om batteriutvecklingen på längre sikt visar sig tillåta större plan med en passagerarkapacitet på omkring 190 passagerare och en räckvidd på drygt 100 mil skulle omkring hälften av alla avgångar i världen kunna ersättas med elektriskt flyg.

Utöver flygplanen kräver förstås elektrifiering och vätgas tillkomsten av ny infrastruktur på de berörda flygplatserna. Eftersom kostnaden för vätgas och el kommer att vara hög, särskilt inledningsvis krävs starka styrmedel och/eller statligt stöd för att förändringen ska kunna genomföras. Den frågan diskuteras närmare i ett senare avsnitt.

Användning av el inom sjöfarten

Våren 2018 antog International Maritime Organization sin “*Initial IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships*” som anger att målet är att minst halvera utsläppen av växthusgaser från den internationella sjöfarten till år 2050 jämfört med 2008. Av organisationens ”*Fourth IMO GHG Study 2020*” framgår emellertid att utsläppen har fortsatt att öka sedan 2008, om än i lägre takt än tidigare, så att sjöfartens andel nu utgör knappt 3 procent av alla globala utsläpp av växthusgaser. Författarna förutspår att utsläppen kommer att fortsätta att öka till 2050 och visar att målet inte kan uppnås bara genom olika former av energieffektivisering (skrov, maskiner, propellrar mm) och fartsänkning (slow-steaming). De bedömer att alternativa bränslen med lågt innehåll av kol av fossilt ursprung behöver stå för ca två tredjedelar av reduktionen. Rapporten innehåller ingen analys av vilka drivmedel som kan komma ifråga.

Transport & Environment har nyligen försökt analysera hur den inomeuropeiska sjöfarten ska bli koldioxidneutral till år 2050 och gör, liksom IMO, bedömningen att effektivisering, reducerad hastighet och vindassistans bara kan klara ca en tredjedel av den reduktion som behövs. Resten måste ske genom övergång till hållbara elektrobränslen av vilka ”grön ammoniak”, enligt rapporten, förefaller mest lovande. Bränsleproduktionen kräver omfattande användning av elektrolys för framställning av vätgas och en snabb utbyggnad av den förnybara kraftproduktionen i Europa som, med referens till en av T&E beställd underlagsrapport (Ash m.fl., 2020), bedöms kunna hinna byggas ut i nödvändig takt. Rapporten nämner också direkt drift med vätgas som en möjlighet men bedömer att e-ammoniak erbjuder stora fördelar genom högre energiintensitet och låg lagringskostnad. El nämns bara för landanslutning när fartyg ligger i hamn (T&E, 2021d).

Norska DNV GL Maritime (2020) kom i en analys av 16 typer av bränslen i tio olika typer av motor- och bränslesystem avsedda för drift av ett framtida nytt Panamax bulkfartyg till slutsatsen att e-ammoniak, blå ammoniak och biometanol har bäst långsiktiga förutsättningar. Författarna noterar betydelsen av tillgång till vätgas framställd med hjälp av förnybar el som insatsvara för produktion av elektrobränslen men bedömer av allt att döma inte vätgas i bränsleceller som intressant för det studerade typfartyget.

Elektrifiering av fartyg underlättas tekniskt av att sjöfarten sedan lång tid tillbaka i betydande omfattning använt dieselektrisk drift, dock främst med fyrtaktsmaskiner som är något mindre energieffektiva än de långsamma tvåtaktsmotorer som vanligen används i de största fartygen. Det finns många typer av fartyg där dieselektrisk drift har fördelar. Gustafsson (2008) nämner bogserbåtar och isbrytare (krav på höga moment, oavsett varvtal, och manöverduglighet), passagerarfartyg för kortare resor (bränsleekonomi, bra ljudmiljö och redundans), fartyg för drift i ECA och andra miljözoner (miljökraven uppfylls och elförsörjningen kräver inte separata motorer), fartyg för drift på vattendrag (god bränsleekonomi och möjlighet att stänga av en eller flera motorer nedströms), fartyg med stort behov av elkraft, t.ex. kranar, tankfartyg över korta avstånd (redundans och möjlighet att köra sakta med bibehållen kontroll).

Diselektrisk drift ger möjlighet till olika former av hybridlösningar, men ren eldrift baserad på batterier eller bränsleceller är också möjlig, åtminstone för mindre fartyg och korta distanser. Ett stort antal små batteridrivna fartyg har byggts under de senaste åren. Bland dem finns ett antal färjor i Norge och färjorna mellan Helsingborg och Helsingör. I Kina sjösattes för några år sedan ett mindre helelektriskt fraktfartyg (2 000 ton med batterikapacitet 2 400 kWh) som trafikerar Pärlflodens delta, och i Nederländerna använder ett rederi två elektriska pråmar som vardera kan ta 280 containers. I USA sjösatte marinen förra året sin första helelektriska stridsbåt, USS

Zumwalt.¹¹ Försök görs också med hybriddrift. Ett exempel är Hurtigrutens MS Roald Amundsen med plats för 530 passagerare (bruttodräktighet 20 889 ton) som togs i bruk 2019.

Färjerederier i Norge, Danmark, Canada och Sverige har långt framskridna planer på elektrifiering och några av dem har redan beställt båtar. Stena Line prövar partiell eldrift på Stena Jutlandica (1 MWh batteri) som ett led mot målet att kunna köra stora färjor 50 sjömil på enbart batteriel. Rederiet hoppas att 2030 kunna trafikera linjen mellan Göteborg och Fredrikshamn med två batteridrivna fartyg. Senast 2025 ska den första beställningen läggas. ”Stena Elektra” kommer enligt pressmeddelandet att bli världens första fossilfria RoPax-fartyg i sin storlek. Båten blir ca 200 meter lång med plats för 1 000 passagerare. Bolaget kommer också att studera om det går att kombinera batterier med exempelvis bränsleceller, vätgas och biometanol för att öka räckvidden.¹²



Bland de mindre batteridrivna fraktfartygen finns Yara Internationals ”Yara Birkeland” som levererats till det norska rederiet men ännu inte tagits i drift. Containerfartyget (120 TEU), som tagits fram med stöd från norska staten, ska användas i fjordar och är förberett för automatisk drift.¹³

I Sverige planerar Stockholmsregionen i ett pilotprojekt prov med en elektrisk bärplansbåt som kan ta 30 passagerare och färdas i 60 km i timmen. Trafikverket står för halva finansieringen.¹⁴

De försök med eldrift som görs förefaller antingen ha initierats av stora rederier som kan förmodas ha råd med pilotprojekt eller ha tillkommit med stöd av regeringar. Våldigt lite sägs om de långsiktiga ekonomiska förutsättningarna som främst är beroende av stigande bunkerpriser och fallande batterikostnader samt på elpriset.

Effektiva och rättvisa skatter och avgifter

Man kan sammanfattningsvis konstatera att de tekniska förutsättningarna för elektrifiering av transportsektorn är goda, främst inom vägtrafiken (och spårtrafiken är ju redan i stort sett eldriven). Inom flyget och sjöfarten är helelektrisk drift bara möjlig i mindre farkoster och över ganska korta distanser. Vätgas för framställning av el i bränsleceller kan skapa möjlighet för elektrifiering av trafik över mycket längre sträckor men till priset av betydligt sämre totalverkningsgrad. Men det som avgör om ett snabbt skifte till el kan äga rum är kostnaden för de olika alternativen. Vid dagens relativpriser sker ingen mera omfattande elektrifiering utan statligt stöd. Dock talar det mesta för att en förväntad snabb teknisk utveckling kommer att reducera kostnaderna för elektrisk drift så att den utan stöd kan konkurrera med fossila drivmedel och biodrivmedel om 5-15 år (beroende på fordonstyp).

¹¹ [Electric Propulsion: The Dawn Of A New Generation Of \(marinelink.com\)](https://www.marinelink.com)

¹² [Stena Elektra – rederiet går mot eldrift - Livetombord.se](https://www.livetombord.se)

¹³ [MV Yara Birkeland - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/MV_Yara_Birkeland)

¹⁴ [Snart kan du åka i en Candelabåt - Klimatupplysningen](https://www.klimatupplysningen.se)

För att utan direkta subventioner få fart på elektrifieringen behöver transportsektorns utsläpp av koldioxid antingen beskattas så mycket att skiftet blir lönsamt eller inordnas i utsläppshandeln under ett tak som sänks år från år. Det är uppenbart att dagens beskattning av vägtrafikens drivmedel inte räcker trots den höga värdering som den nuvarande svenska nivån implicerar; 1,86 kronor per kg koldioxid för diesel och 2,86 kronor för bensin (koldioxidskatt + energiskatt). Försök att höja skatterna har i flera länder utlöst demonstrationer (t.ex. ”gula västarna” i Frankrike). Det är troligen därför som EU-kommissionen bedömer att den enda framkomliga vägen är att inordna utsläppen från drivmedlen i ett kompletterande gemensamt utsläppshandelssystem.

Man bör vara klar över att en successiv sänkning av utsläppshandelssystemets emissionstak kommer att medföra stigande priser på utsläppsätterna, en kostnad som drivmedelsdistributörerna måste övervältra på sina kunder. Det innebär att priset vid pump hamnar på ungefär samma nivå oavsett om man styr mot målet genom skärpt beskattning eller genom utsläppshandel. Med tanke på att risken är stor för att skatterna kommer att sättas för lågt för att målet ska kunna uppnås är alternativet med utsläppshandel att föredra. Det har också fördelen av att kunna införas med kvalificerad majoritet, medan ändring av energiskattedirektivets miniminivåer för beskattning av diesel, bensin och naturgas kräver ett enhälligt beslut. En ytterligare fördel är att priset vid pump efter införande av utsläppshandeln kommer att variera mindre mellan medlemsländerna än idag även i ett fall där den nuvarande drivmedelsbeskattningen behålls.

För att kunna genomdriva beslut som fördyrar de fossila drivmedlen så mycket att alternativen blir lönsamma krävs med stor sannolikhet att de ekonomiskt svagaste hushållen kompenseras på något sätt, vilket kommissionen understryker i sitt förslag till nytt handelssystem. För näringslivet är kostnadsökningen mindre känslig förutsatt att alla företag utsätts för den. I de flesta branscher utgör transportkostnaderna en mycket liten del av den totala omsättningen. Några branscher har högre transportkostnadsandelar och är mera utsatta i synnerhet om de verkar på en global marknad. Men de måste nog lära sig att tänka lika långsiktigt som den svenska gruvnäringen och stålindustrin!

För elektrifiering av vägtrafikens godstransporter är den viktigaste ekonomiska förutsättningen att beskattningen utformas så att det inte lönar sig att fortsätta att driva lastbilar med fossila drivmedel. Utöver differentierade bränsleskatter och utsläppshandel med transportsektorns koldioxidutsläpp skulle införande av en koldioxidrelaterad kilometerskatt kunna vara ett alternativ. Den behöver i så fall omfatta alla tunga lastbilar över viss totalvikt (kanske 12 ton) och tas ut på hela vägnätet (för klimatförändringen spelar utsläppspunkten ingen roll).

Den utredning som våren 2020 fick regeringens uppdrag att analysera utformningen av ett ”miljöstyrande” system som alternativ till den nuvarande eurovinjettavgiften för tunga lastbilar får, enligt direktiven, varken föreslå en höjning av den totala beskattningen eller av avgiftsuttaget för godstransporter på väg. Dessutom ska systemet, om det föreslås bli avståndsbaserat (regeringen och dess samarbetspartier vill helst ha kvar Eurovignetten), begränsas till de delar av vägnätet som har relativt hög trafikintensitet (europavägar, övriga riksvägar och primära länsvägar, totalt ca 26 500 kilometer).¹⁵

I Tyskland har regeringen däremot förstått betydelsen av att använda km-skatten (LKW-Maut) för att underlätta ett skifte till nollemissionsfordon. Avsikten är att höja skatten och differentiera den

¹⁵ Regeringens kommittédirektiv ”Nytt miljöstyrande system för godstransporter på väg”, beslutad vid regeringsammansamlingen den 16 april 2020.

kraftigt så att fossilsfria lastbilar får mycket lägre skatt än diesebilarna. Systemet utvidgas till att omfatta ca 90 procent av det tyska vägnätet.¹⁶

Eurovinjettdirektivet har nyligen varit föremål för omförhandling. Rådets och Europaparlamentets förhandlare nådde i juni 2021 en överenskommelse om ändring av Eurovinjettdirektivet för att bland annat hantera koldioxidutsläpp från vägtrafiken. Överenskommelsen innebär att tidsbaserade vägavgifter ska fasas ut inom åtta år efter det att det ändrade direktivet trätt i kraft. De vägar som omfattas av utfasningen är det transeuropeiska stomvägnätet (TEN-T), där det mesta av den internationella trafiken äger rum. Undantag från utfasningen av tidsbaserade vägavgifter är tillåtna i vissa motiverade fall (exempelvis i glesbefolkade områden). Medlemsstaterna får därtill fortsätta att tillämpa tidsbaserade vägavgifter på andra delar av sitt vägnät.

Medlemsländerna kommer också att ha möjlighet att inrätta ett kombinerat avgiftssystem för tunga fordon, eller för vissa typer av tunga fordon, som kombinerar tidsbaserade vägavgifter och avståndsbaserade vägtullar och integrerar de två differentieringssystemen (det nya baserat på koldioxidutsläpp och det befintliga systemet baserat på euroklasser). Detta system bedöms möjliggöra ett fullständigt genomförande av principerna ”användaren betalar” och ”förorenaren betalar”, samtidigt som medlemsstaterna ges den flexibilitet som krävs för att kunna utforma sina egna vägavgiftssystem.

Huvudprinciperna för öronmärkning av intäkterna från vägavgifter och vägtullar förblir oförändrade. Medlemsländerna bör öronmärka infrastrukturavgifter och avgifter för externa kostnader för projekt inom transportsektorn. De har dock ingen skyldighet att göra detta.



Överenskommelsen innebär vidare att Eurovinjettdirektivet inte ska hindra medlemsstaterna från att ta ut icke-diskriminerande avgifter specifikt utformade för att finansiera byggande, drift, underhåll och utveckling av elvägar och där avgifterna tas ut av de fordon som använder elvägen. Efter ytterligare arbete på teknisk nivå för att färdigställa texten kommer resultatet av förhandlingarna av det reviderade Eurovinjettdirektivet att överlämnas till rådet och Europaparlamentet som ska anta direktivet.

Elektrifieringen av vägtrafiken och arbetsmaskinerna står i Sverige inför ytterligare problem orsakade av våra väldigt speciella krav och skatteregler. Ett sådant är att höginblandade biodrivmedel är obeskattade och att reduktionsplikts straffavgifter (som distributörer som inte klarar reduktionskraven måste betala) är extremt högt satta; fem kronor per kilo CO₂ för bensin och fyra kronor för diesel. Reduktionsplikten blir därmed ett kraftigt snedvridande styrmedel, när ingen motsvarande kvotplikt finns för andel fordon som måste köra på el.

Den mycket höga svenska punktskatten på el skapar också problem. Den uppgår idag till 35,6 öre per kWh (+ moms), vilket innebär att el vid dagens prisnivå beskattas högre i relation till varuvärdet än öl och vin! Eftersom användning av el inte är förknippad med några negativa externa effekter framstår det som märkligt att konsumtionen av förnybar el beskattas så hårt, medan biobränslen (som vid förbränning ger upphov till utsläpp av kolväten, kväveoxider och partiklar) inte beskattas.

¹⁶ Information från Reine Alemar, AB Volvo 2021-04-22.

Energiskattedirektivets nuvarande miniminivå för beskattning av el som används av hushåll, servicenärings- och andra mindre förbrukare uppgår bara till motsvarande ca 1 öre per kWh.

Den höga svenska elskatten snedvrider dessutom konkurrensen mellan batteriel och el som produceras i bränsleceller med hjälp av vätgas. Problemet förvärras av att el som används för elektrolys enligt EU:s energiskattedirektiv inte får beskattas. Snedvridningen är allvarig, eftersom det med vätgas och bränsleceller går åt ca 2,5 gånger mer el än i alternativet med batterier (räknat från elnätet till hjulen). Det klokaste vore att jämställa villkoren genom att avskaffa skatten på el, något som av andra skäl föreslås i en SNS-rapport (Brännlund & Kriström, 2020). Det skulle dock innebära att statsbudgeten försvagas med ca 25 miljarder. Alternativt behöver vätgas beskattas vid pump med en skattesats som uppväger skillnaden, vilket baserat på nuvarande totalverkningsgrad skulle innebära 17-18 kronor per kilo. Denna fråga analyseras i en underlagspromemoria till IVA:s vätgasprojekt (Kågeson, 2021).

EU-kommissionen gjorde redan 2011 ett misslyckat försök att få rådet med på att revidera delar av energiskattedirektivet. Det är mycket angeläget att direktivets många brister åtgärdas. Den svenska regeringen ställer sig i ett yttrande till kommissionen positiv till flera viktiga förändringar men håller fast vid att den nu gällande beslutsgången som ger varje enskilt medlemsland vetorätt inte ska bytas till beslut med kvalificerad majoritet (Finansdepartementet, 2020). Men det innebär förstås att inte bara Sverige kan inlägga veto mot nya skattesatser och andra villkor, det kan även klimatpolitiskt motsträviga medlemsländer som Polen, Ungern och Tjeckien. Den svenska principen om att inte låta en majoritet inom EU besluta om vilka skattevillkor som ska gälla hos oss är begriplig, men frågan är om inte Sverige borde göra ett undantag för gemensamma klimatpolitiska styrmedel?

När det gäller skatter och andra klimatpolitiskt motiverade krav på flyget och sjöfarten är Sverige ännu mer beroende av gemensamma beslut inom EU. Koldioxidutsläpp från flygrörelser inom EU och EES omfattas av taket i EU:s utsläppshandelsystem men flyget har hittills haft frikostigare tilldelning av utsläppsrätter än de fasta anläggningar vars utsläpp också täcks av EU ETS.

Flygets deltagande i EU ETS hotas potentiellt av de regler som kan komma att gälla inom ICAO:s CORSIA-program. Det bästa vore om utsläppen från flygrutter inom Europa fortsatt fick ingå i utsläppshandelsystemet och det vore ganska underligt om ICAO tillåter USA att bestämma hur man vill hantera utsläpp från flyg mellan sina delstater medan EU inte får det. Visserligen är USA en federation, medan EU är en union mellan självständiga länder. Dock beslutas en stor del av den europeiska klimatpolitiken i Bryssel och ett antal medlemsländer (representerande majoriteten av EU:s invånare) har en gemensam valuta.

Ett problem från incitamentssynpunkt är att flygplan som har en maximal startvikt (MTOW) på högst 5 700 kilo inte omfattas av EU ETS. Därmed blir det svårare att räkna hem ett skifte till el bland just de flygplan som används på korta distanser och som först kan tänkas bli aktuella för elektrifiering. Propellerplanet BEECH Commuter, som är den vanligast nu förekommande modellen bland de mindre planen, har en MTOW under 5 700 kilo.

Fartyg kan medföra stora kvantiteter bränsle och därigenom välja att bunkra där villkoren är förmånligast. Därför är det viktigt, som kommissionen nu föreslår, att i väntan på att IMO någon gång kan enas om någon form av global ordning (man har diskuterat ekonomiska styrmedel i 25 år) inordna utsläppen från den inomeuropeiska sjöfarten i EU ETS. Merparten av den är inte konkurrensutsatt annat än genom att kunderna ibland kan välja ett annat transportslag (lastbil eller tåg), och om alla rutter inom EU/EES (inklusive Storbritannien) omfattas kommer mycket få fartyg kunna undslippa ansvar genom att bunkra i något land utanför EU. Långa omvägar till hamnar dit man egentligen inte ska medföra betydande kostnader som nog i de flesta fall verkar avskräckande.

Om ett antal stora europeiska fraktkunder kan enas om gemensamma krav på rederierna att successivt sänka utsläppen från de fartygsflottor som används i interkontinental trafik kan viktiga steg tas även för den globala sjöfart som angör hamnar i Europa.

Några avslutande rekommendationer

De följande förslagen till prioriterade åtgärder/insatser täcker några av de viktigaste av de många aspekter på elektrifieringen som diskuterats i de tidigare avsnitten:

1. För att inte elektrifieringen ska försvåras och försenas är det viktigt att transportbranschen agerar proaktivt och försöker påverka transportintensiva branscher och större fraktkunder att också sluta bromsa. Övergången kommer oundvikligen att kosta en del, men troligen blir fördyringen bara temporär, alltså ett mindre hack i den mer än hundraåriga trenden mot allt lägre transportkostnader.
2. För att lägga grunden till långsiktigt hållbara lösningar och undvika välfärd förluster bör branschen i alla sammanhang kräva att Sverige och EU, så långt möjligt, använder teknikneutrala styrmedel och likabehandlar olika tekniker, drivmedel och transportslag.
3. Om den höga skatten på el som används inom transportsektorn sänks till energiskattedirektivets miniminivå underlättas elektrifieringen och den nuvarande snedvridningen mellan el i batterier och obeskattad vätgas i bränsleceller undanröjs.
4. Tunga fordon (åtminstone de över 12 ton) bör omfattas av en koldioxid differentierad km-skatt som omfattar hela det offentliga vägnätet. Så mycket som möjligt av beskattningen bör överföras från årliga fordonsskatter till km-skatt. Det innebär att fordon registrerade i utlandet får bära sin del av kostnaden för omställningen och att de får ungefär samma incitament (avseende körningar i Sverige) att ställa om till el eller vätgas i bränsleceller.
5. Sverige bör vid revisionen av energiskattedirektivet se till att alla hinder för en teknikneutral utformning av de styrmedel som behövs för att underlätta elektrifieringen undanröjs. Sverige bör (av hänsyn till klimatfrågans betydelse och behovet av snabba åtgärder) inte lägga in veto mot att gemensamma beslut om klimatstyrmedlen får tas med kvalificerad majoritet istället för enhälligt.
6. Ansvariga myndigheter behöver gemensamt upprätta en plan som säkerställer att Sverige kommer att ha tillgång till den kvalificerade arbetskraft som under de närmaste 20 åren kommer att behövas för att klara utbyggnaden av kraftproduktionen och elnäten samt elektrifieringen av olika typer av fordon/fartyg och industriprocesser.
7. Staten måste ytterst vara garant för utbyggnaden av infrastrukturen för snabbbladdning av tunga fordon längs huvudvägnätet och/eller vätgasstationer. Det kan ske genom statligt ägande (bolag som senare kan privatiseras) eller genom någon form av medfinansiering.
8. Transportföretagen bör snarast initiera en detaljerad kartläggning av vilka behov av lokala och regionala elnätsförstärkningar som kan behövas för att ge större lastbilsdepåer och godsterminaler möjlighet att ladda tunga lastbilar. Laddplatserna kan sedan byggas ut i takt med behoven.
9. Om elproduktionen inom 25 år behöver förstärkas med ca 150 TWh, kommer vindkraftens andel att bli väldigt stor, vilket på marginalen kan ge upphov till höga kostnader för effektreserv och balansering. Det är möjligt att Sverige om ca 10 år behöver fatta beslut om kompletterande investeringar i reglerbar kraftproduktion i syfte att säkerställa kraftförsörjningen. Det kan

handla om naturgaskombikondens med CCS och/eller små kärnreaktorer (SMR). För att det senare alternativet ska finnas att tillgå kommersiellt behöver tillverkning av en provserie starta under de närmaste åren. Svensk kraftindustri skulle tillsammans med kraftbolag i andra länder gemensamt kunna upphandla en nollserie. Näringslivet bör aktualisera den frågan. Om något större behov av naturgas och/eller ny kärnkraft senare visar sig inte behövas eller om en sådan lösning längre fram framstår som för dyr kan medverkan i ett sådant pilotprojekt ses som ett litet bidrag till internationell teknikutveckling och förbättrade valmöjligheter.

Referenser

(utöver dem som anges ovan i fotnoterna)

Ash, N., Davies, A., & Newton, C. (2020), *Renewable electricity requirements to decarbonise transport in Europe with electric vehicles, hydrogen and electrofuels*. Ricardo Energy & Environment. https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2020_Report_RES_to_decarbonise_transport_in_EU.pdf

Avinor och Luftfartstilsynet (2020), *Forslag til program for introduksjon av elektrifiserte fly i kommersiell luftfart*. www.regjeringen.no/contentassets/048b277dfe9d4e76a059b0796bbe8b52/200305_rapportelektrifiserte-fly-i-kommersiell-luftfart_final.pdf

Berggren, C. & Kågeson, P. (2017), *Speeding up European Electro-Mobility*. European Federation for Transport and Environment (T&E), Bryssel.

Brännlund, R. och Kriström, B. (2020), *Svensk energi- och miljöbeskattning – ett reformförslag*. SNS Förlag.

Börjesson, M., Johansson, M., Kågeson, P., (2020), *The economics of electric roads*, Working Papers in Transport Economics (No. 2020:1), VTI.

DNV GL – MARITIME (2020), *Maritime Forecast to 2050*, Energy Transition Outlook 2020.

Energiföretagen (2021), *Efterfrågan på fossilfri el. Analys av högnivåscenari*. Genomförd av Energiforsk & Profu på uppdrag av Energiföretagen Sverige. Slutrapport 2021-04-23.

Energimyndigheten (2019), *100 procent förnybar el. Delrapport 2. Scenarier, vägval och utmaningar*. ER 2019:06.

EU-kommissionen (2021a), MEDDELANDE FRÅN KOMMISSIONEN TILL EUROPAPARLAMENTET, RÅDET, EUROPEISKA EKONOMISKA OCH SOCIALA KOMMITTÉN SAMT REGIONKOMMITTÉN 55 %-paketet ("Fit for 55"): nå EU:s klimatmål 2030 för klimatneutralitet. Bryssel den 14.7.2021 COM(2021) 550 final.

EU-kommissionen (2021b), Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union, Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and Regulation (EU) 2015/757. Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 551 final 2021/0211.

EU-kommissionen (2021c), Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Regulation (EU) 2018/842 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to

climate action to meet commitments under the Paris Agreement. Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 555 final 2021/0200.

EU-kommissionen (2021d), Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2003/87/EC as regards aviation's contribution to the Union's economy-wide emission reduction target and appropriately implementing a global market-based measure. Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 552 final 2021/0207.

EU-kommissionen (2021e), Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Regulation (EU) 2019/631 as regards strengthening the CO₂ emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles in line with the Union's increased climate ambition. Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 556 final 2021/0197.

EU-kommissionen (2021f), Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ensuring a level playing field for sustainable air transport. Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 561 final.

EU-kommissionen (2021g), Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE restructuring the Union framework for the taxation of energy products and electricity (recast). Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 563 final 2021/0213.

EU-kommissionen (2021,h), Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council. Brussels, 14.7.2021 COM(2021) 559 final 2021/0223

Finansdepartementet (2020), *Swedish comments on the inception impact assessment of the revision of Energy Taxation Directive*. Memorandum 27 March 2020.

Föreningen Svenskt Flyg och Fossilfritt Sverige (2018), *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – flygbranschen*.

Gustafsson, D. (2008), *När ska dieselelektrisk framdrift av fartyg väljas?* Examensarbete. Högskolan i Halmstad 2008-06-24.

Göransson, L. (2014), *The impact of wind power variability on the least-cost dispatch of units in the electricity generation system*. Thesis for the degree of doctor of philosophy. Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology.

Heart Aerospace (2020), *Electrifying regional air travel*. <https://heartaerospace.com/>

IEA (2021), *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. International Energy Agency

IMO (2020), *Fourth IMO Greenhouse Gas Study*.

Kågeson, P. (2018), *Svensk biodrivmedelsförbrukning i ett europeiskt perspektiv*. Nature Associates.

Kågeson, P. (2021), *Beskattning av vätgas och el som används i vägtrafiken*. Underlagsrapport. IVA (kommande).

Larsson, S. (2013), *Synpunkter på KTH rapporten: På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige, version 3.0*. Svenska kraftnät 2013- 11-19.

McKinsey & Company (2020), *Hydrogen-powered aviation. A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050*.

Nilsson, M. (2021), *På väg mot 2050. Politik för ett klimatneutralt EU*. Tankesmedjan Global Utmaning.

- Region Norrbotten (2020), *Regional elnätanalys – Norrbotten och norra Västerbotten*. Version: 2020-08-20.
- Roland Berger (2020), *Hydrogen – A Future Fuel for Aviation?* Roland Berger GMHB, Munich.
- RÅDETS DIREKTIV 2003/96/EG av den 27 oktober 2003 om en omstrukturering av gemenskapsramen för beskattning av energiprodukter och elektricitet.
- Salomonsson, J. och Jussila Hammes, J., (2020). *Det kommersiella elflyget – verklighet eller dröm? En litteraturstudie över elflygets utsikter*. VTI rapport 1039.
- Svenska Kraftnät (2015), *Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion*. Slutrapport.
- Söder, L. (2013), *På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige*. En studie om kraftsystemets balansering. Version 3.0. Elektriska Energisystem, KTH.
- T&E (2021a), *From dirty oil to clean batteries*. Transport & Environment, Brussels.
- T&E (2021b), *Cars CO₂ review: Europe's chance to tackle fake electrics Recommendations on how to tackle plug-in hybrids in the review of the EU Car CO₂ standards and beyond*. Transport & Environment, Brussels.
- T&E (2021c), *Unlocking Electric Trucking in the EU. Electrification of long-haul trucks*. Transport & Environment, Brussels.
- T&E (2021d), *Decarbonising European Shipping. Technological, operational, and legislative roadmap*. Transport & Environment, Brussels.
- Trafikanalys (2020), *Elflyg början på en spännande resa – redovisning av ett regeringsuppdrag*. Rapport 2020:12.
- Trafikverket (2020), *Trafikprognoser - en underlagsrapport till Inriktningsunderlag inför transportinfrastrukturplanering för perioden 2022-2033 och 2022-2037*. Publikationsnummer: 2020:187.
- Trafikverket (2021), *Analysera förutsättningar och planera för utbyggnad av elvägar*. Publikationsnummer: 2021:013.
- Utredningen om en rättssäker vindkraftsprövning, *En rättssäker vindkraftsprövning*. Betänkande SOU 2021:53.
- World Bank (2020), *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*.

Foton: Mostphotos

Transportföretagen

Box 5384, 102 49 Stockholm. **Besöksadress** Storgatan 19. **Tel** 08 762 71 00.
E-post info@transportforetagen.se, **Hemsida** transportforetagen.se