

Scenarier, kostnader och åtgärder för drivmedelsinfrastruktur i omställningen till hållbara transporter

St1

2021-08-20

Rapportnamn	Scenarier, kostnader och åtgärder för drivmedelsinfrastruktur i omställningen till hållbara transporter
Datum för färdigställande	2021-08-20
Versionsspårning	Version 20 augusti 2021
Författare	Cecilia Wallmark, Yuri Joelsson, Elin Lindblad, Julia Lindberg, Erica Edfeldt och Mattias Goldmann, Sweco
Beställare	Per-Arne Karlsson och Christian Janssen, St1

Copyright © 2021 Sweco AB

All rights reserved

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without the prior written permission of Sweco AB.

Disclaimer

While Sweco AB ("Sweco") considers that the information and opinions given in this work are sound, all parties must rely upon their own skill and judgement when making use of it. Sweco does not make any representation or warranty, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of the information contained in this report and assumes no responsibility for the accuracy or completeness of such information. Sweco will not assume any liability to anyone for any loss or damage arising out of the provision of this report.

FÖRKORTNINGAR

CBG	Komprimerad biogas (Compressed Biogas)
CCS	Carbon Capture and Storage
CNG	Komprimerad naturgas (Compressed Natural gas)
CO2eq	Koldioxidekvivalenter
EO 1	Fossil eldningsolja 1
EO 2-6	Fossil eldningsolja 2-6
E5	95-oktanig bensin med 5 procent etanol
E10	95-oktanig bensin med 10 procent etanol (ny standard istället för E5 från 1 augusti 2021)
E85	Höginblandad etanol (85 procent)
E95	Höginblandad etanol (95 procent)
ESR	Ansvarsfördelningsförordningen (Effort Sharing Regulation)
FAME	Biodiesel som i huvudsak används som låginblandning i fossil diesel samt i mindre omfattning i ren form inom tung fordonstrafik (Fatty Acid Methyl Ester)
fkm	Fordonskilometer
HVO	En typ av biodiesel (Hydrogenated vegetable oil)
LBG	Flytande biogas (Liquified Biogas)
LNG	Flytande naturgas (Liquified Natural gas)
PFAD	Biprodukt vid produktion av palmolja (Palm Fatty Acid Destillate)
RME	Rapsmetylester

Fotnoter är markerade med upphöjt nummerⁿ

[Referensnumrering givet inom hakklammer]

SAMMANFATTNING

För att lyckas ställa om till hållbara transporter, samt för att nå de klimatmål för transportsektorn till år 2030 som riksdagen beslutat, bedöms en palett av lämpliga lösningar behövas. Diversifierade teknikval, hållbara och klimateffektiva drivmedel samt effektiva distributionsvägar kommer att få betydande roller. För att lyckas skapa långsiktiga lösningar med goda transportförutsättningar inom samhället kommer både biodrivmedel och elektrifiering att behövas.

Under våren 2021 har Sweco haft uppdraget från St1 att författa denna rapport som en del av en utredning kring vägval för hållbara transporter i Sverige. Syftet med rapporten är att ge underlag för dialog om behov för olika drivmedel, att påvisa behov i omställningen som sällan konkretiserats avseende kostnadsbilden, samt att utgöra underlag för beslut kring styrmedel för att stödja omställningen.

I denna rapport har följande analyserats för mållåren 2030 och 2045:

1. Scenarier för tre olika elektrifieringsnivåer gällande vägtrafik, bantrafik, sjö och flyg.
2. Koldioxidreducering per scenario.
3. Behov och kostnader för distributionsinfrastruktur för drivmedel för dessa tre scenarier.
4. Åtgärder för att stödja omställningen, med fokus på förnybara drivmedel.

I rapporten analyseras infrastrukturbehovet för *distribution* av drivmedel. De båda huvudfrågorna: "Vilka förutsättningar finns för effektivt utnyttjande av den befintliga infrastrukturen med hänsyn tagen till alternativ till fossila bränslen?", och "Vilka satsningar på ny infrastruktur kan behövs med hänsyn till transportbehovet?" besvaras.

Hur energiförbrukningen i det framtida transportsystemet faller ut beror på ett flertal faktorer, såsom trafikutveckling, teknikutveckling, energieffektiviseringsåtgärder samt styrmedels- och marknadsutveckling. Tillgängliga prognoser pekar i hög grad på framtida dominans av eldrift inom transportsektorn. Personbilar och till viss del även tunga vägtransporter har hög potential för elektrifiering, medan batteristorlek och tyngd utgör större utmaningar för elektrifiering av luft- och sjöfart, i synnerhet för längre sträckor. Nya alternativa drivmedel såsom elektrobränslen och vätgas kan komma att få en betydande roll för omställningen inom vissa transportsektorer och graden av dessa drivmedels marknadspenetration är högst beroende av styrmedel och teknik samt marknadens utveckling.

För rapporten har tre scenarier definierats: *Låg elektrifiering*, *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*, vilka skiljer sig både vad gäller elektrifieringsgrad och takt för omställning. Scenarier över drivmedelsanvändning per år och trafikslag detalj inom vardera elektrifieringsnivå har tagits fram och redovisas för personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar, bussar, luftfart, sjöfart och bantrafik. För dessa scenarier har relaterade infrastrukturkostnader för drivmedel beräknats.

Infrastrukturen för flytande fossila drivmedel (bensin, diesel, flygfotogen/bensin och eldningsolja) är väl utbyggd. Det redan existerande systemet kan med vissa mindre anpassningar på ett kostnads- och resurseffektivt vis nyttjas för att inkludera större volymer flytande biodrivmedel i ett framtida transportsystem. Distributionsnätverket bedöms inte i något scenario behöva byggas ut, men den befintliga infrastrukturen kommer att behöva ersättningsinvesteringar och underhållsinvesteringar så länge det används, och dessa inkluderas i studien.

Flytande biogas bedöms i huvudsak användas inom sjöfarten och av tunga lastbilar, och för sjöfarten antas den totala användningen fördubblas i alla scenarier under den undersökta perioden. Befintlig naturgasinfrastruktur kan användas för biogas, men behöver byggas ut, i synnerhet för sjöfarten. Den komprimerade fordonsgasen används företrädesvis av vägtrafiken. På totalen bedöms gasen öka i alla scenarier utom *Hög elektrifiering*, där användningen först ökar för att sedan återgå till nuvarande nivåer till 2045. De tunga lastbilarna tar i alla scenarier över som majoritetsanvändare,

vilket innebär att även om den totala komprimerade gasmängden ökar så minskar den totala mängden fordon – antalet tankstationer antas konstanta i kostnadsmodellen.

I alla tre scenarier, för alla trafikslag, antas vätgasanvändningen öka markant. Storskalig användning av vätgas är en förutsättning för lönsamhet, och uppbyggnaden av ett vätgastankstationsnät kräver en initial investering. I alla kostnadsberäkningar har därför utbyggnaden påbörjats delvis innan vätgasen bedöms börja användas inom transportsektorn i stor skala. Den totala utbyggnaden bedöms uppgå till 100 stationer för vägtrafik till 2030, vilket innebär ett glest nationellt täckande nät, och totalt 1 000 stationer 2045. Även övrig distributionsinfrastruktur behöver byggas ut och investeras i.

Elektrifieringen av transportsektorn kommer att öka behovet av ett välfungerande elsystem, både ur produktions- och kapacitetssynpunkt. Vilken storleksordning av utbyggnad som krävs för lokalnät, och eventuellt regionnät och stamnät, är i dagsläget inte möjligt att exakt bedöma, men det är troligt att det kommer att behövas. Exempelvis går elanvändningen i scenariot *Hög elektrifiering* från dagens 3,5 TWh inom hela transportsektorn till 18 TWh 2045.

- Generellt antas en kraftig utbyggnad av stationär laddning, både privat och publikt, för alla trafikslag.
- Elvägen antas i denna rapport byggas ut för tunga lastbilar i scenario *Hög elektrifiering* i kostnadsmodellen. Kostnadsberäkningarna är baserade på antagandet att 1 procent av vägnätet (cirka 985 km) byggs ut för elväg och därmed elektrifieras ungefär 20 procent av de tunga lastbilarna.

För alla analyserade trafikslag är den totala kostnadseffektiviteten¹ i drivmedelsdistributionsledet relativt högre för scenario *Låg elektrifiering*, där en större del av omställningen består av att utnyttja befintlig infrastruktur för distribution, än för *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*.

För att lyckas skapa långsiktiga lösningar med goda transportförutsättningar inom samhället kommer både biodrivmedel och elektrifiering att behövas. Det finns dock vägval i omställningen till hållbara transporter, där olika kombinationer och prioriteringar kan göras mellan övergripande drivmedelalternativ:

1. Ökad elektrifiering
2. Större andel biogas och/eller vätgas
3. Ökade nivåer av flytande förnybara drivmedel

Enligt genomförd analys är det mest kostnadseffektiva alternativet i distributionsledet att utöka förnybara flytande drivmedel, medelalternativet att komplettera med mer gas och det minst kostnadseffektiva ren elektrifiering. Övriga kostnader gällande produktion och användning skiljer sig markant mellan drivmedelsslagen och behöver komplettera resultaten i denna rapport för att ge den helhetssyn som eftersträvas.

Det finns idag ett antal styrmedel som är riktade mot att nå energi- och klimatmålen inom transportsektorn. Trots de olika styrmedlen finns luckor inom var styrmedlen verkar. Exempelvis finns idag begränsat med styrmedel som verkar mot sjöfarten och biodrivmedelsproduktion, samtidigt som vissa andra styrmedel inte får önskvärd effekt. Flera bedömningar, såsom exempelvis Klimatpolitiska rådets, pekar på att ytterligare styrmedel behöver komma till för att bidra måluppfyllelse i transportsektorn. Styrmedel bör överlag verka för att skapa incitament bort från fossilt snarare än för att motverka enskilda kraftslag. I denna rapport kategoriseras ett antal viktiga styrmedel utifrån kostnadseffektivitet och nytta samt listas och diskuteras ytterligare alternativa styrmedel och premisser som kan vara aktuella för hela omställningen av transportsektorn framåt.

¹ Kostnadseffektivitet definieras som ett scenarios förmåga att nå uppsatta mål relativt användningen av ekonomiska resurser för att nå dessa mål.

Viktiga aspekter för styrmedelsutveckling framåt som diskuteras i rapporten:

- Flera olika energislag kommer att behövas för att möjliggöra transportsektorns omställning – styrmedel bör överlag verka för att skapa incitament bort från fossilt snarare än mot enskilda kraftslag.
- Det är viktigt att omställningen av Sveriges transportsektor och dess åtgärder ses i en internationell kontext. Detta är inte minst viktigt för åtgärder inom sjöfart och luftfart.
- Många styrmedel riktar sig idag mot användarsidan vilket är bra för att skapa en efterfrågan, dock kan visst stöd behövas på utvecklingsidan och/eller stöd till investeringar i produktion (av biodrivmedel, elektrobränslen mm) för att skapa teknikutveckling och överbrygga risk.
- Tvingande åtgärder såsom reduktionsplikt skapar investeringstrygghet för marknadens aktörer och möjliggör betydande volymer av förnybart i närtid, givet att de har en lång tidshorisont och god planeringsbarhet.
- Ytterligare styrmedel behövs kopplat till sjöfart och luftfart för att möjliggöra omställningen i dessa sektorer. Här blir den internationella kontexten än viktigare.
- Att säkerställa att det finns tillgång till el och elnätskapacitet är viktiga förutsättningar för att möjliggöra en snabb och omfattande elektrifiering av transportsektorn.
- Offentlig upphandling som väger in klimatpåverkan bedöms ha god potential att skapa nytta – krävs dock genomförandekapacitet och ökad kompetens.
- Det är viktigt att säkerställa att hela kedjan är hållbar – såsom hållbarhetskriterier för biodrivmedel, fossiloberoende kraftproduktion och att säkra hållbart producerad vätgas och elektrobränslen.
- Forskning och utveckling är svårt att bedöma klimatnyttan av men är viktigt för att driva utvecklingen framåt. Detta är speciellt viktigt för delar av transportsektorn där det idag saknas förnybara godkända/certifierade alternativ såsom för luftfart.
- Även sådant som ligger i det lägre spannet av klimatnytta och kostnadseffektivitet kan fylla ett viktigt syfte, för att gå före och visa att teknik och kommersialisering är möjlig.
- Styrmedelsportföljen behöver ses över för att möjliggöra skiftet till förnybart, här har exempelvis Utfasningsutredningen flera förslag som kan utvärderas vidare. Flera utredningar och initiativ pågår även på Sverigenivå (exempelvis Trafikanalys uppdrag) liksom på EU-nivå (se exempel i punktlistan tidigare med pågående EU-policyutveckling) liksom globalt inte minst inom sjöfart och luftfartssektorn.
- Omställningen kommer att kräva investeringar och leda till ökade kostnader för transportsektorns aktörer. Samtidigt bör politiken verka för att omställningen sker så kostnadseffektivt som möjligt, något som bedöms ske delvis genom att låta marknaden styra vilka lösningar som når kommersialisering och delvis genom att, i den mån det är möjligt, återanvända befintlig infrastruktur. Detta är även av vikt för att i tillräckligt snabb takt kunna frångå det fossila. Utöver att politiken skapar rätt incitament för aktörerna är även vikten av samverkan mellan olika aktörer – även mellan branscher och i olika länder – viktigt för att möjliggöra transportsektorns omställning.

Denna rapport kan läsas för att erhålla kunskap om drivmedelsanvändning i fordonsflottan och den infrastruktur som behövs för dessa drivmedel på kort och lång sikt, samt för resonemang om några av alla möjliga marknadsförändringar fram till 2045.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRKORTNINGAR	II
SAMMANFATTNING	III
1 INTRODUKTION	2
2 BAKGRUND	3
2.1 Mål inom transportsektorn	4
2.1.1 Nationella mål	4
2.1.2 Vägtrafik	4
2.1.3 Luftfart	5
2.1.4 Sjöfart	5
2.1.5 Bantrafik	5
2.2 Den svenska drivmedelsmarknaden	5
2.2.1 Kort om ny drivmedelsproduktion	7
3 SCENARIER FÖR TRANSPORTSEKTORN	8
3.1 Vägtrafik	9
3.1.1 Personbilar	10
3.1.2 Lätta lastbilar	13
3.1.3 Tung lastbilar	15
3.1.4 Bussar	17
3.2 Luftfart	20
3.2.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom svensk luftfart	20
3.2.2 Antaganden för scenarier	20
3.3 Sjöfart	23
3.3.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom svensk sjöfart	23
3.3.2 Antaganden för scenarier	23
3.4 Bantrafik	25
3.4.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom svensk bantrafik	25
3.4.2 Antaganden för scenarier	25
3.5 Diskussion om scenarierna	28
4 VÄXTHUSGASUTSLÄPP I VÄGTRAFIKEN	30
5 INFRASTRUKTURBEHOV & KOSTNADER	31

5.1	Befintlig infrastruktur för distribution av drivmedel	33
5.1.1	Fossila drivmedel	33
5.1.2	Flytande biodrivmedel	34
5.1.3	Fordonsgas	35
5.1.4	Vätgas	36
5.1.5	El	36
5.2	Vilken infrastruktur för distribution av drivmedel kommer att behöva byggas ut eller förnyas?	39
5.2.1	Fossila drivmedel	40
5.2.2	Flytande biodrivmedel	40
5.2.3	Fordonsgas	41
5.2.4	Vätgas	42
5.2.5	El	43
5.3	Kostnader för utbyggnad och förnyelse av infrastruktur för distribution av drivmedel	45
5.3.1	Kostnadsmetod	45
5.3.2	Antaganden och avgränsningar för beräkningar av infrastrukturkostnader	46
5.3.3	Indata och antaganden för beräkningar av infrastrukturkostnader	47
5.4	Resultat av kostnadsscenarioer för distributionsinfrastruktur	51
5.4.1	Introduktion till resultatvisualisering	51
5.4.2	Personbilar	52
5.4.3	Lätta lastbilar	54
5.4.4	Tunga lastbilar	56
5.4.5	Bussar	58
6	ÅTGÄRDER & POLITIK	60
6.1	Dagens styrmedel	62
6.2	Styrmedelsutveckling	64
6.3	Förslag på styrmedelsutveckling framåt	68
7	SLUTSATSER & FORTSATT ARBETE	70
7.1	Scenarier, koldioxidreducering och kostnader för drivmedelsinfrastruktur	70
7.2	Åtgärder	71
7.3	Fortsatt arbete	71
8	REFERENSER	72

1 INTRODUKTION

För att lyckas ställa om till hållbara transporter behövs en palett av lösningar. Diversifierade teknikval, hållbara och klimateffektiva drivmedel och effektiva distributionsvägar kommer att spela betydande roller. För att lyckas skapa långsiktiga lösningar med goda transportförutsättningar inom samhället kommer både biodrivmedel och elektrifiering att behövas.

Under våren 2021 har Sweco haft uppdraget från St1 att författa denna rapport som en del av en utredning kring vägval för hållbara transporter i Sverige. I denna rapport ligger fokus på nationella målären 2030 och 2045 och följande avgränsade analysområden:

1. Scenarier för tre olika elektrifieringsnivåer gällande vägtrafik, bantrafik, sjö och flyg
2. Koldioxidreducering per scenario
3. Behov och kostnader för infrastruktur för drivmedel för dessa tre scenarier
4. Åtgärder för att stödja omställningen, med fokus på förnybara drivmedel

Syftet med rapporten är att ge underlag för dialog kring behov för olika drivmedel, att påvisa behov i omställningen som sällan konkretiserats avseende kostnadsbildningen, samt att utgöra underlag för beslut kring styrmedel för att stödja omställningen.



Figur 1: Omställningen till hållbara transporter är komplex och påverkas av många faktorer.

Denna rapport inleds med en bakgrundsbeskrivning (kapitel 2) av befintliga mål för omställningen till en klimatneutral transportsektor samt en övergripande beskrivning av den svenska drivmedelsmarknaden.

Scenarierna som presenteras i kapitel 3 är nödvändiga som underlag för att visa på kostnadsdifferenser och måluppfyllnad avseende reduktion av växthusgasutsläpp för olika vägval för framförallt olika drivmedel. Aktuella och möjliga styrmedel diskuteras med fokus på kostnadseffektivitet (kapitel 5) för att ytterligare poängtera att det finns ett stort antal möjligheter att påverka hur Sverige väljer att nå måluppfyllnad samt till vilken sammantagen kostnad detta kan genomföras (kapitel 6).

Sammanfattning och rekommendationer för fortsatt arbete redovisas i kapitel 7.

2 BAKGRUND

I detta kapitel beskrivs befintliga klimatmål för transportsektorn samt drivmedelsfördelning och produktionspotential i Sverige.

De nationella klimatmålen består av ett övergripande långsiktigt klimatmål om *nettonollutsläpp av växthusgaser till 2045*, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Sverige har också ett etappmål för inrikes transporter, där utsläppen ska minska med *70 procent till 2030* jämfört med 2010 års nivå. Målet omfattar inrikes sjöfart, men inte inrikes luftfart (vilket istället omfattas av EU ETS) eller utrikes luftfart och sjöfart.

Leveransen av drivmedel på den svenska marknaden uppgick år 2019 till totalt 92,3 TWh. Fossil bensin och diesel utgör den största majoriteten och representerar närmare 95 procent av den totala drivmedelsmarknaden. I och med reduktionsplikten ökar dock mängden förnybara drivmedel. År 2019 uppgick inblandningen av förnybara drivmedel i fossil bensin och diesel till närmare 22 procent. Etanol, biodiesel i form av HVO eller FAME och biogas i form av fordonsgas är de tre främsta typerna av biodrivmedel på den svenska marknaden.

En av de största klimatutmaningarna, i Sverige såväl som internationellt, är att minska transportsektorns negativa klimatpåverkan. Transportsektorn står för nära en tredjedel av de fossila utsläppen i Sverige och är i dagsläget starkt beroende av fossila drivmedel. Samtidigt har transportsektorn pekats ut som den sektor som har störst förutsättningar att snabbt kunna ställa om till att bli klimatneutral [1]. Möjligheterna att minska utsläppen både med hjälp av tekniska lösningar, alternativa drivmedel och beteendeförändringar ses som goda. För att minska transportsektorns klimatpåverkan behöver fordonen bli mer effektiva, och andelen fordon som drivs med förnybara drivmedel behöver öka.

Det finns ett antal övergripande trender som kommer att påverka framtidens mobilitet och transporter. Till dessa hör framförallt digitalisering, e-handel, självkörande fordon, delningstjänster och elektrifiering av fordonssektorn. En del av dessa trender förutspås minska behovet av antal fordon i fordonsflottan utifrån ökad användning av samma fordon. Dessutom förväntas förändrade beteendemönster som kan bidra till ökade transportbehov, samtidigt som det skapas möjligheter för optimerade rutter och packning av gods. Det finns också en trend att till viss del öka graden av självförsörjning och att minska sårbarheten kopplad till leveranser som kommer exakt när behov uppstår. I denna rapport ligger fokus på drivmedel och elektrifiering samt erforderlig infrastruktur varför det är viktigt att komplettera med motsvarande utredningar för andra delar av värdekedjan för drivmedel såsom produktion och användning, samt förstås de många olika trender som påverkar framtida transporter.

2.1 Mål inom transportsektorn

I detta kapitel beskrivs nuvarande mål på nationell nivå, samt specifika mål för respektive transportslag.

2.1.1 Nationella mål

De nationella målen rörande transportsektorns energianvändning styrs till stor del av det klimatpolitiska ramverket. Det klimatpolitiska ramverket antogs år 2017 av Sveriges riksdag och består av nationella klimatmål, en klimatlag och ett klimatpolitiskt råd.

Klimatlagen innebär att nuvarande och framtida regeringar har ansvar att föra en politik som utgår från de nationella klimatmålen samt att utvecklingen ska rapporteras regelbundet. Det klimatpolitiska rådet har som syfte att analysera och belysa effekter av beslutade och föreslagna styrmedel med ett tvärvetenskapligt och brett samhällsperspektiv. Detta ska redogöra för om styrmedlen bidrar till att nå målen på ett kostnadseffektivt sätt och huruvida de beaktar ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet [2].

De nationella klimatmålen består av ett övergripande långsiktigt klimatmål om *nettonollutsläpp av växthusgaser till 2045*, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Utsläppen från verksamheter inom svenskt territorium ska som minst ha reducerats med 85 procent sedan 1990, medan kvarvarande 15 procenten får uppnås med så kallade ”kompletterande åtgärder”. Dessa innefattar metoder för upptag av koldioxid i skog och mark, verifierade utsläppsminskningar genomförda utanför Sveriges gränser samt avskiljning och lagring av biogen koldioxid, exempelvis genom så kallad bio-energy Carbon Capture and Storage (bio-CCS)². Något som också diskuteras för klimatmåluppfyllelse, men inte räknas som en kompletterande åtgärd, är så kallad Carbon Capture and Utilization (CCU), där koldioxid avskiljs och sedan nyttjas på olika vis, exempelvis inom industrin, genom inbindning i material eller för framställning av syntetiska drivmedel (elektrobränslen). Beroende på applikation kan CCU bidra till en temporär koldioxidlagring. CCU bedöms dock inte bidra till negativa utsläpp även om den tillämpas på biogen koldioxid, då denna inom en begränsad tidsperiod oftast återgår till atmosfären. I dagsläget finns inte heller någon vedertagen definition av långsiktig kolinlagring i klimatrapporteringen [3].

För utsläppen inom den så kallade ESR³-sektorn, vilka inte ingår i EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS), har Sverige upprättat etappmål för 2030 och 2040 motsvarande 63 respektive 75 procent, jämfört med 1990 års nivå, varinom högst åtta respektive två procentenheter får motsvaras av kompletterande åtgärder. I tillägg har Sverige ett etappmål för inrikes transporter, där utsläppen ska minska med *70 procent till 2030* jämfört med 2010 års nivå. Målet omfattar inrikes sjöfart, men inte inrikes luftfart (vilket istället omfattas av EU ETS) och inte heller utrikes luftfart eller sjöfart. [4].

I tillägg finns även ett mål om 100 procent förnybar elproduktion till 2040 samt mål för näringsliv och konkurrenskraft, trygg energiförsörjning, energiforskning och innovation samt det övergripande generationsmålet. Det senare syftar till att lämna över ett samhälle till nästa generation där de stora miljöproblemen är lösta utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser.

2.1.2 Vägtrafik

Vägtransporter står för merparten av inrikes transporters energianvändning, vilket innebär att utvecklingen av vägfordonslottans sammanställning i hög grad påverkar den totala energianvändningen i transportsektorn. För att nå målet om *70 procent utsläppsreduktion från inrikes transporter till 2030*, har en så kallad reduktionsplikt upprättats. Reduktionsplikten trädde i kraft den 1 juli 2018 och ställer krav på att drivmedelsleverantörer ska minska växthusgasutsläpp inom vägtransporter genom inblandning av biodrivmedel, där kraven ökar över tid. De som omfattas av reduktionsplikten är skyldiga att varje år upprätta en rapport som visar att de uppfyller reduktionskraven. Reduktionsplikten omfattar separata krav för bensin och diesel.

² Bio-energy Carbon Capture and Storage

³ Effort Sharing Regulation (Ansvarsfördelningsförordningen) –motsvarar verksamheter som inte omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter

Syftet med reduktionsplikten är att främja användningen av biodrivmedel i Sverige genom att skapa långsiktigt hållbara och stabila villkor för biodrivmedel [5]. Regeringen har presenterat en proposition för ökade krav inom reduktionsplikten och riksdagen ska inom kort besluta om detta. I propositionen ges förslag för nivåer för bensin respektive diesel för varje år mellan 2021 och 2030. År 2025 ska inblandningen i bensin vara minst 15,5 procent, medan diesel ska ha en inblandning på 45 procent. År 2030 ska motsvarande andelar vara 28 procent respektive 66 procent. Lagändringarna föreslås träda i kraft den 1 augusti 2021 [6]. De föreslagna nivåerna i regeringens promemoria är något högre än Energimyndighetens tidigare förslag om 25 procent för bensin och 60 procent för diesel till 2030 och 80,6 procent för bensin och 92,9 procent för diesel till 2045 [6].

I juni 2021 publicerades en statlig utredning om Sveriges väg från fossila drivmedel. Utredningen hade i uppdrag att föreslå ett förbud mot fossilbränslefordon och/eller fossila drivmedel, men konstaterar att ett sådant nationellt förbud troligen inte är möjligt som enskilt EU-land [7]. Detta beskrivs i mer detalj i 6.2.

2.1.3 Luftfart

Regering och riksdag har beslutat om en reduktionsplikt för flygbränsle, vilken träder i kraft den 1 juli 2021. Likt reduktionsplikten för vägtransporter innebär denna reglering att flygbränsleleverantörer blir skyldiga att blanda in biodrivmedel i ökande grad. Kravet på utsläppsminskning kommer att öka från 0,8 procent 2021 till 27 procent 2030 [8] [9]. Flygfotogen måste alltid uppfylla en standard framtagen av ett certifieringsorgan. Enligt den internationella standarden för civilt bruk får inblandningen av biobränsle i dagsläget maximalt uppgå till 50 procent. Flygbranschen räknar dock med att de flesta produktionstekniker för biojet kommer att godkännas för inblandning upp till 100 procent innan nuvarande gräns utgör ett hinder för omställningen till hållbara flygbränslen [10].

Inom Fossilfritt Sverige har flygbranschen tagit fram en färdplan med ett mål om att inrikesflyget ska vara fossilfritt till 2030 samt att både inrikes- och utrikesflyget ska vara fossilfritt till 2045 [10].

2.1.4 Sjöfart

Inom sjöfarten har FN:s sjöfartsorganisation IMO beslutat om ett mål om att växthusgasutsläppen från internationell sjöfart ska reduceras med minst 50 procent till 2050, jämfört med 2008. I IMO:s målsättning ingår även att sjöfarten ska sträva efter att ha fasat ut de klimatpåverkande utsläppen fullständigt innan 2100 samt ett mål om energieffektivisering och att till 2030 har reducerat utsläppen per transportarbete med 40 procent [11].

2.1.5 Bantrafik

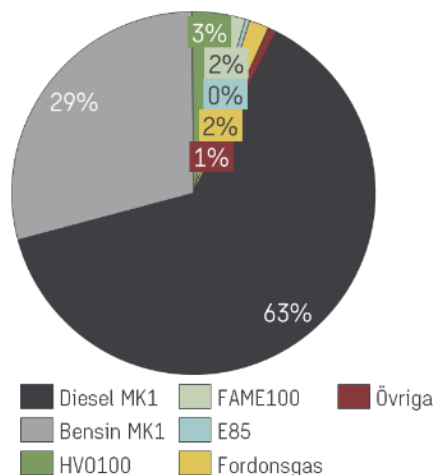
Cirka 80 procent av Sveriges bantrafik är idag elektrifierad och den resterande andelen drivs av diesel. De dieseldrivna sträckorna har dock ett förhållandevis mycket lågt trafikarbete, vilket innebär att elanvändningen motsvarar drygt 90 procent av den totala energianvändningen [12]. Den fossila dieseln som idag används förväntas fasas ut framåt, där ett par sträckor planeras att elektrifieras alternativt övergå till vätgas. Fram till 2029 finns planer på att elektrifiera två järnvägssträckor, Värnamo – Jönköping och Älmhult – Olofström [13] [14]. Minst två järnvägssträckor planeras även att ersättas med vätgasdrift, Kinnekullebanan och Inlandsbanan [15][16]. Bantrafiken inkluderas i det klimatpolitiska målet om *70 procent utsläppsreduktion till 2030 jämfört med 2010*.

2.2 Den svenska drivmedelsmarknaden

I detta kapitel beskrivs vilka drivmedel som används i Sverige idag för transportsektorn och ges en kort översikt över ytterligare potential.

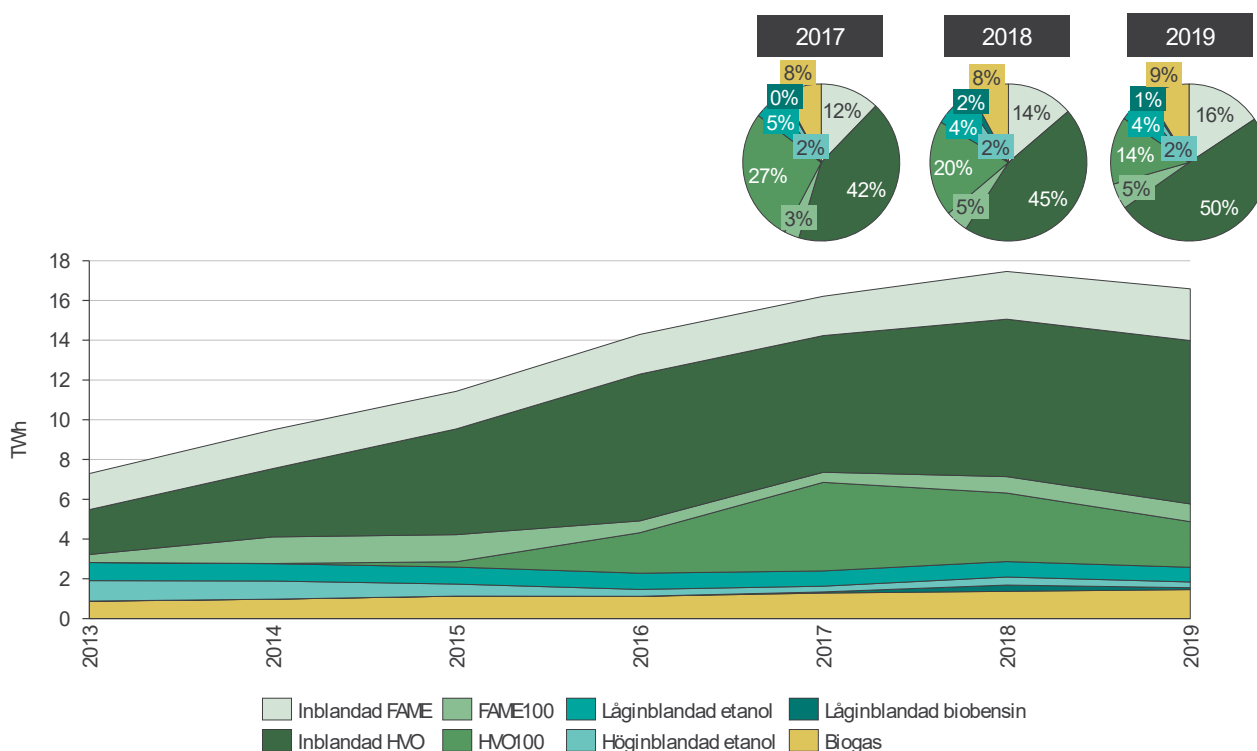
Användningen av drivmedel på den svenska marknaden uppgick år 2019 till totalt 92,3 TWh [17]. Av dessa leveranser dominerade diesel med 58,5 TWh av den totala drivmedelsmängden. Mängden bensin uppgick till 26,8 TWh och efterföljdes av HVO100, fordonsgas (LNG/LBG), FAME100 och E85. Fossila drivmedel är med majoritet det vanligaste och representerar närmare 95 procent av den totala drivmedelsmarknaden. I och med reduktionsplikten ökar dock den

förnybara andelen i dessa drivmedel, vilken år 2019 uppgick till närmare 22 procent. Etanol, biodiesel i form av HVO eller FAME och biogas i form av fordonsgas är de tre främsta typerna av biodrivmedel på den svenska marknaden.



Figur 2: Fördelning av drivmedel på den svenska marknaden (2019)

Etanolen används antingen som höginblandad i drivmedlen E85 och ED95 eller låginblandad i bensin. Biodieseln utgörs av HVO eller FAME och kan både användas som ren biodiesel samt som låginblandad i fossil diesel. Idag representerar biodiesel majoriteten av biodrivmedelsanvändningen inom den svenska transportsektorn, vilket illustreras i Figur 3. Figuren omfattar användningen inom inrikes transportsektor.



Figur 3: Användning av biodrivmedel inom transportsektorn, 2013-2019, TWh [18]

Andelen inblandad HVO och FAME i diesel har ökat från 17 volymprocent år 2015 till 23,3 volymprocent år 2019 (5,8 procent FAME och 17,5 procent HVO). I fordonsgas uppgick andelen biogas år 2019 till 95 volymprocent, och halten etanol i E85 var 82 volymprocent [5]. Bioenergi är således en viktig energikälla i det svenska energisystemet, och efterfrågan kommer troligtvis öka framåt i enlighet med höjda reduktionsnivåer. Den föreslagna reduktionsplikten för flygfotogen innebär vidare att efterfrågan på biodrivmedel kommer att uppstå även från luftfarten.

2.2.1 Kort om ny drivmedelsproduktion

En ökad biodrivmedelsanvändning riskerar att komma i konflikt med andra mål än klimatmål för transportsektorn om uttag av biomassa dediceras drivmedel.

Baserat på Bioenergitidningens kartläggning av biodrivmedelsproduktionen i Norden [20] uppgår den nuvarande nordiska produktionskapaciteten till cirka 12 TWh biodrivmedel varje år, en siffra som omfattar bland annat etanol, råtdiesel, RME (en form av FAME), HVO och metanol. I tillägg är sammantaget en årlig produktionskapacitet på 3 TWh under utbyggnad och planerade anläggningar uppgår till 36 TWh. Den inhemska produktionen av HVO uppgår för närvarande till knappt 2 TWh, men utökad produktion om närmare 22 TWh är under utbyggnad eller planeras på sikt. Då kan potentiellt andra typer av råvaror, såsom fast biomassa, komma att användas för framställning av HVO. Befintlig och planerad produktion finns även i andra nordiska länder [21].

Olika typer av avfallsprodukter är idag en viktig råvara för produktion av drivmedel såsom biogas och HVO och således viktiga delar av den cirkulära ekonomin.

Den svenska biogasproduktionen uppgick 2019 till 2,1 TWh från totalt 280 anläggningar. Majoriteten av anläggningarna framställer biogas genom av rötning av organiskt material och en mindre andel producerar biogasen genom termisk förgasning av biomassa [19].

Tillverkningen av HVO är idag begränsad, både vad gäller råvarutillgång och produktionsanläggningar. HVO har under de senaste åren fått kritik för att palmolja utgjort en del av råvarubasen med hänvisning till risk för regnskogsavverkning. I Sverige utgör palmolja 8 procent och PFAD (Palm Oil Fatty Acid⁴) 36 procent av råvarorna som används för HVO-produktion. Därutöver utgör slakteriavfall 42 procent och råtdlölja 14 procent [17].

Även FAME kan framställas baserat på palmolja, men i Sverige tillverkas denna uteslutande från rapsolja. Den 1 juli 2019 omklassificerades PFAD från restprodukt till samprodukt, vilket innebar att råvaran numera behöver vara spårbar hela vägen tillbaka till odling. Mängden PFAD som används som råvara har sjunkit som resultat av detta, då det sällan finns spårbarhet för de processer där PFAD uppkommer. Till följd av Sveriges politiska inriktning orienteras tillgången på i synnerhet HVO mot transportsektorn.

Gällande el förväntas sammantaget det framtida behovet av el i Sverige kraftigt överstiga nuvarande produktionsnivåer och en utbyggnad av produktion, lagring och distribution bedöms vara nödvändigt.

Frågan om ny drivmedelsproduktion är komplex och behandlas inte vidare i denna rapport utöver kommentarerna i detta stycke.

⁴ Restprodukt vid framställning av palmolja

3 SCENARIER FÖR TRANSPORTSEKTORN

Då det råder osäkerheter kring den framtida utvecklingen av transportsektorn och graden av elektrifiering har Sweco utformat tre scenarier: *Låg elektrifiering*, *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*, vilka skiljer sig både vad gäller elektrifieringsgrad och takt för omställning. Scenarier inom vardera elektrifieringsnivå har tagits fram för personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar, bussar, luftfart, sjöfart och bantrafik.

För **personbilar** förlorar bensin- och dieseldrivna bilarna kontinuerligt marknadsandelar till förmån för elektrifierade fordon, och i alla tre scenarier antas el stå för en markant andel av både nybilsförsäljning och, i förlängningen, den totala bilflottan. Andelen förbränningsmotorer av fordonsflottan skiljer sig dock markant mellan scenarierna år 2045.

Scenarierna för **lätta lastbilar** antas följa elektrifieringstakten för personbilar men släpar efter med några år. Detta eftersom lätta lastbilar har mycket gemensamt med personbilar, men på grund av den högre vikten är det en större utmaning att elektrifiera dessa. Även här skiljer sig andelen förbränningsmotorer av fordonsflottan markant mellan scenarierna år 2045.

Tunga lastbilars dieselmotor körs redan idag på ren HVO100 och höginblandad FAME i viss utsträckning. Elektrifiering av tunga lastbilar är en större utmaning än för övriga trafikslag inom vägtransporter, eftersom lastbilarnas stora energibehov kräver tunga och stora batterier, hög laddningseffekt och täta laddningsmöjligheter. De allra längsta och tyngsta transportererna anses vara svåra att elektrifiera med batteridrift i närtid, men för dem är elvägar och vätgas alternativ. Inom alla scenarier för tunga lastbilar bedöms biodrivmedel spela en betydande roll under minst tio år framöver.

Kollektivtrafikens högt uppsatta klimatmål har inneburit att **bussar** har haft en snabb omställning till förnybara drivmedel, och i dagsläget körs de flesta bussflottor i Sverige med flytande biodrivmedel och biogas. Antalet elbussar ökar stadigt, men det bedöms att eldrivna bussar främst kommer att användas inom stadsmiljöer i närtid. Totalt sett står busstrafiken bara för omkring tre procent av transportsektorns totala koldioxidutsläpp.

I samtliga scenarier för **inrikes luftfart** antas den kommersiella flygtrafiken vara driven av jetbränsle med en ökande andel biobränsle till 2030, baserat på nyligen införd reduktionsplikt för flyget till 2030. I nuläget finns ännu inga föreslagna reduktionsnivåer för flyget efter 2030, men det övergripande målet är att 100 procent av bränslet ska vara förnybart till 2045. Tillämpningen av elektrobränslen inom flygbranschen väntas inte ta fart innan 2030. I samtliga scenarier antas andelen elflyg inom den kommersiella flygtrafiken vara låg, då batteriernas vikt förväntas fortsätta utgöra ett hinder för längre flygningar.

Inrikes sjöfart är idag högst fossilberoende med en bränslemix bestående främst av tung fossil eldningsolja (50 procent), följt av lätt eldningsolja (24 procent), diesel (14 procent) och LNG (tio procent). I scenarierna minskar användningen av de fossila drivmedel till förmån för ökande andelar LNG och LBG samt biodiesel. Ett flertal drivmedel kan användas inom sjöfarten och sjöfartsnäringen pekar på att det i framtiden kommer att behövas en mängd olika drivmedel för att möjliggöra omställningen. Elektrobränslen i form av främst metanol och ammoniak befinner sig i nuläget på försöksnivå, men utvecklingen antas ta fart efter 2030 och öka under den senare delen av perioden. Även andelen väntas öka under scenarioperioden för användning inom mindre färjor/fartyg på mellanlånga sträckor. I scenariot *Hög elektrifiering* antas en ökad elektrifiering på korta och kustnära sträckor, men elektrifieringen motsvarar fortfarande en låg andel totalt.

Elanvändningen inom **bantrafiken** är idag hög och motsvarar drygt 90 procent av den totala energianvändningen, medan resterande andel består av diesel. För bantrafiken antas energianvändningen öka i scenarierna *Hög elektrifiering* och *Medel elektrifiering* baserat på nya planerade tunnelbanelinjer i Stockholm, planer på elektrifiering av ett fåtal järnvägsbanor samt att det totala antalet persontransporter och godstransporter förväntas öka till 2045. I samtliga scenarier antas dieselanvändningen fasas ut och ersättas med el och vätgas.

Hur energiförbrukningen i det framtida transportsystemet faller ut beror på ett flertal faktorer, såsom trafikutveckling, teknikutveckling, energieffektiviseringsåtgärder samt styrmedels- och marknadsutveckling. Tillgängliga prognoser

pekar i hög grad på framtida dominans av eldrift inom transportsektorn. Personbilar och till viss del även tunga vägtransporter har hög potential för elektrifiering, medan batteristorlek och tyngd utgör större utmaningar för elektrifiering av luft- och sjöfart, i synnerhet för längre sträckor. Nya alternativa drivmedel såsom elektrobränslen och vätgas kan komma att få en betydande roll för omställningen inom vissa transportsektorer och graden av dessa drivmedels marknadspenetration är högst beroende av styrmedel och teknik samt marknadens utveckling.

Då det råder osäkerheter kring den framtida utvecklingen av transportsektorn och graden av elektrifiering har Sweco utformat tre scenarier: *Hög elektrifiering*, *Medel elektrifiering* och *Låg elektrifiering*, vilka skiljer sig både vad gäller elektrifieringsgrad och takt för omställning. Scenarier inom varje elektrifieringsnivå har tagits fram för personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar, bussar, luftfart, sjöfart och bantrafik. Dessa scenarier ska inte betraktas som prognoser, utan som olika potentiella alternativ för utfallet av det framtida transportsystemet som ska betraktas utifrån ett utvärderings- och jämförelseperspektiv. Arbetsmaskiner har inte inkluderats i scenarioanalysen då det idag inte finns någon övergripande statistik för deras drivmedelsanvändning⁵.

Samtliga av Swecos scenarier tar sikte på de svenska klimatmålen om *nettonollutsläpp 2045* och *70 procent utsläppsreduktion från inrikes transportsektor⁶ till 2030*. Måluppfyllnaden för scenarierna varierar vilket illustreras avseende reduktion av koldioxidekvivalenter i kapitel 4. Scenarierna har tagits fram baserat på en samkörning av statistik och officiella prognoser från bland andra Trafikverket [22], Energimyndigheten [12] och IVA [23] samt Swecos tidigare framtagna prognoser för vätgas och elektrifiering [24] inom transportsektorn.

I analysen av det framtida transportbehovet har Sweco utgått från Trafikverkets långsiktiga prognoser från 2018 som reviderades 2020. Det totala transportbehovet förväntas i denna öka med mellan 1–2 procent per år till 2045, beroende på transportslag. Denna prognos över de framtida transportbehoven har applicerats i samtliga scenarier. Det ska dock noteras att det finns en stor osäkerhet i prognoser över den framtida utvecklingen av transportbehovet då detta drivs av en mängd tekniska, ekonomiska och sociala faktorer relaterade till bland annat automation och teknikutveckling, befolkningsutveckling, res- och konsumtionsvanor, arbete och utbildning, samkörning, tillgänglighet i kollektivtrafik och publika transporter. De olika faktorerna har skilda inverkan på systemet, där en del trender kan leda till en högre optimering av transportsystemet och således färre transporter, exempelvis genom samutnyttjande av fordon i gods- och persontrafik, medan en del ger motsatt effekt.

Energimyndigheten delar in sin statistik över Sveriges transportsektor i fyra trafikslag: vägtrafik, bantrafik, sjöfart och luftfart. Vägtrafik kan delas upp ytterligare i personbilar, bussar, lätta lastbilar och tunga lastbilar. Nedan följer en beskrivning av övergripande metodik samt resultat för samtliga trafikslag.

3.1 Vägtrafik

Den nuvarande fördelningen mellan fordonstyper, körsträckor och drivmedelsförbrukning för respektive trafikslag är baserade på Trafikanalys fordonsstatistik [25] samt statistik från SCB, Energimyndigheten och Trafikverkets HBEFA-modell. Den totala fordonsflottan för alla trafikslag väntas öka under scenarioåren. Den förväntade tillväxten av transportarbete för respektive trafikslag är även den hämtad från Trafikanalys fordonsstatistik.

De bränsletyper som inkluderas i scenarierna för vägtrafik är bensin, diesel, etanol HVO, FAME, biobensin, fordonsgas (CBG/CNG), vätgas och el (stationär laddning samt elväg i scenariot *Hög elektrifiering* för tunga lastbilar). Fördelningen mellan de olika bränsletyperna för utgångsåret 2021 baseras på Trafikanalys statistik över antal fordon i trafik per bränsletyp. Energi användningen per bränsletyp har justerats enligt medelkörsträcka per fordon för respektive

⁵Arbetsmaskiner finns inom många olika sektorer, såsom skogsindustrin, gruvindustrin, jordbruket, entreprenadsektorn och inom hushållen. Arbetsmaskinerna som används i de olika sektorerna skiljer sig mycket vad gäller typ av maskin, användningsområde och mobilitet samt sektorns uppbyggnad. Större maskiner tankas i många fall även på vanliga mackar, vilket gör att deras förbrukning inte går att särskilja från vägtrafikfordonens. Majoriteten av arbetsmaskinerna drivs idag av diesel och en övergång till förnybar diesel kan således vara möjlig utan att behöva byta ut maskinflottan, vilket kan innebära höga kapitalkostnader för den enskilde användaren. Arbetsmaskiner inom olika sektorer har olika potential för elektrifiering, där detta alternativ diskuteras flitigt inom gruvindustrin och även kan utgöra en möjlighet för mindre maskiner som har närmare till uppladdning.

⁶ Utom inrikes flyg

bränsletyp. Exempelvis är medelkörsträckan per år för dieseldrivna personbilar betydligt högre än bensin- och eldrivna personbilar⁷.

Utvecklingen av de olika bränsleslagen under scenarioperioden tar därefter utgångspunkt i de olika nivåerna av el – *Låg elektrifiering*, *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*. För personbilar går elektrifieringstaken i linje med den elektrifieringstakt som Power Circle – elkraftbranschens intresseorganisation som kontinuerligt för statistik över elbilsläget i Sverige – fastslår i sin senaste framtidsprognos [26]. Elektrifieringsgraden för de övriga scenarierna för vägtrafik har arbetats fram och fastslagits i dialog med branschexperter.

Utvecklingen av bensin och diesel under scenarioperioden har modellerats utifrån dagens reduktionsplikt, vilket innebär att andelen bensin och diesel minskar till förmån för inblandad HVO, FAME, biobensin och etanol. I beräkningarna har metodiken från Drivkraft Sverige [27] applicerats och 2019 års snittemissionsfaktor har applicerats för HVO och FAME, i enlighet med regeringens promemoria om reduktionsplikt för bensin och diesel. Därtill har Energimyndighetens antagande om utvecklingen av emissionsfaktorn för biobensin och etanol till 2030 beaktats [6]. Den tekniskt möjliga inblandningsnivån av FAME i diesel uppgår till 7 volymprocent⁸, vilket beaktas och inkluderas som maximal mängd i scenariernas reduktionspliktberäkningar. Utöver låginblandningarna tillkommer höginblandad HVO och FAME, vars nivåer antagits vara konstanta med dagens nivåer till 2030. Etanol används antingen som höginblandad i drivmedlen E85 och ED95 eller som låginblandad i bensin. Från och med den 1 augusti 2021 kommer bensinstationerna att övergå från att sälja den 95-oktaniga bensinen (E5) med 5 procent etanol till att sälja bensin med 10 procent etanol (E10), vilket är inkluderat i scenarierna.

Bränslekategorierna bensin och diesel inkluderar även elhybrider. Elhybrider framdrivs med konventionella förbränningsmotorer, men har en elmotor som främst verkar som en energieffektiviserande åtgärd. Laddhybrider kan både tankas med flytande bränsle och laddas med el, och den modellerade energianvändningen för laddhybrider har därför fördelats utifrån faktorer för användning mellan diesel respektive el.

I samtliga scenarier för vägtrafik har vätgas antagits utgöra 20 procent av transportarbetet år 2045. Andelen vätgas har skalats upp linjärt från dagens nivåer om 0 procent, till 2 procent år 2030 för att därefter skalas upp linjärt till 20 procent år 2045. EU-kommissionen presenterade i juli 2020 en vätgasstrategi. I strategin delges kommissionens syn på vätgas som en nyckelfaktor för att nå klimatmålen, samt förslag på åtgärder för att stödja introduktionen på marknaden. På sikt anses vätgas därför spela en viktig roll i att bidra till utfasningen av fossila drivmedel. Dock råder fortfarande många osäkerheter till hur marknaden för vätgas kommer att utvecklas och i dessa scenarier har inte källan för vätgasen analyserats vidare.

3.1.1 Personbilar

3.1.1.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom personbilar

För personbilar är bensin det absolut vanligaste drivmedlet i Sverige. Bensin motsvarade 54 procent av bränsleförbrukningen i personbilsflottan vid slutet av år 2020, som i sin helhet bestod av knappt fem miljoner fordon. Andelen dieseldrivna personbilar motsvarade 35 procent och andelen etanolbilar samt gasdrivna bilar motsvarade knappt fyra respektive en procent. För gas- och etanolbilar råder en minskande trend i försäljning sedan några år tillbaka. Det är tekniskt möjligt att konvertera befintliga bensin- och dieselfordon till drift med etanol eller biogas, något som görs i en del andra länder i Europa och provats på även i Sverige.

Vid utgången av 2020 hade 98 procent av de svenska personbilarna en förbränningsmotor för flytande drivmedel (laddhybrider inräknat). Genom reduktionsplikten ökar inblandningsnivåerna av biodrivmedel i diesel och bensin, därmed kommer biodrivmedel att ha en viktig roll i att omgående sänka koldioxidutsläppen från trafiken samtidigt som bilflottan förnyas med fordon som är mer energieffektiva och har mindre påverkan på miljön. Medellivslängden för en

⁷ 1,635 mil för diesel, 878 mil för bensin, 1,075 mil för el (2019)

⁸ Enligt 8 § i drivmedelslagen får dieselbränsle inom miljöklass 1 innehålla maximalt 7 procent FAME

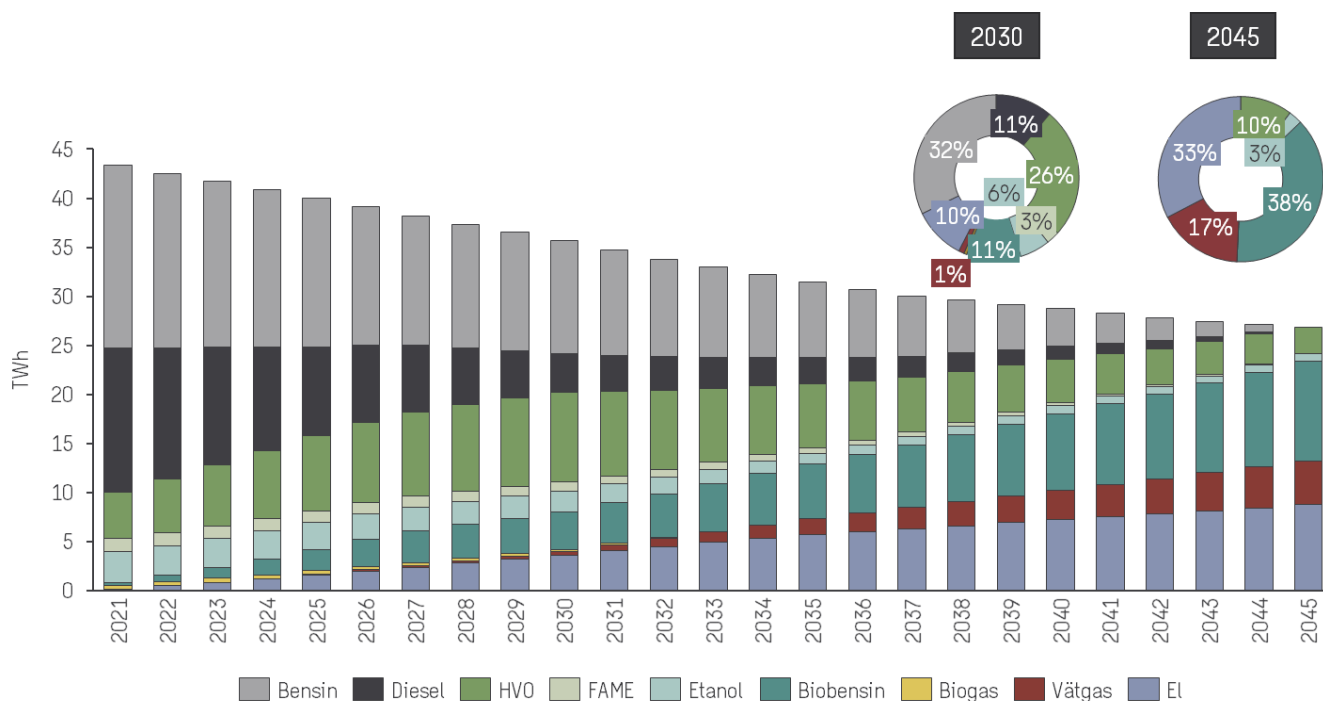
personbil i Sverige är enligt statistik cirka 18 år, och tillväxten av transportarbete för personbilar antas vara i genomsnitt 0,85 procent per år fram till 2045. I scenariot för personbilar ingår ingen höginblandad HVO100 och FAME.

Bensin- och dieslbilar tappar dock kontinuerligt marknadsandelar till förmån för elektrifierade fordon. Elektrifieringen av transportsektorn har börjat ta fart efter en relativt långsam utveckling under de senaste åren. Vid utgången av 2020 fanns det 178 000 laddbara personbilar i Sverige, vilket motsvarande 3,6 procent av personbilsflottan. Detta var en ökning av antalet fordon med närmare 84 procent gentemot föregående år vid utgången av 2019 när antalet låg på knappt 97 000 fordon [26].

3.1.1.2 Antaganden för scenarier personbilar

För personbilar sätts ramen för elektrifieringstaken i scenariot *Medel Elektrifiering* baserat på den elektrifieringstakt som Power Circle fastslår i sin senaste framtidsprognos [26]. I rapporten spås att antalet laddbara fordon i trafik år 2030 kommer att uppgå till 2,5 miljoner, där majoriteten utgörs av rena elfordon. I scenarierna *Låg elektrifiering* och *Hög elektrifiering* skiljer sig takten för elektrifiering i baserat på lägre respektive högre försäljningstakt för andelen laddbara fordon i nybilsförsäljningen.

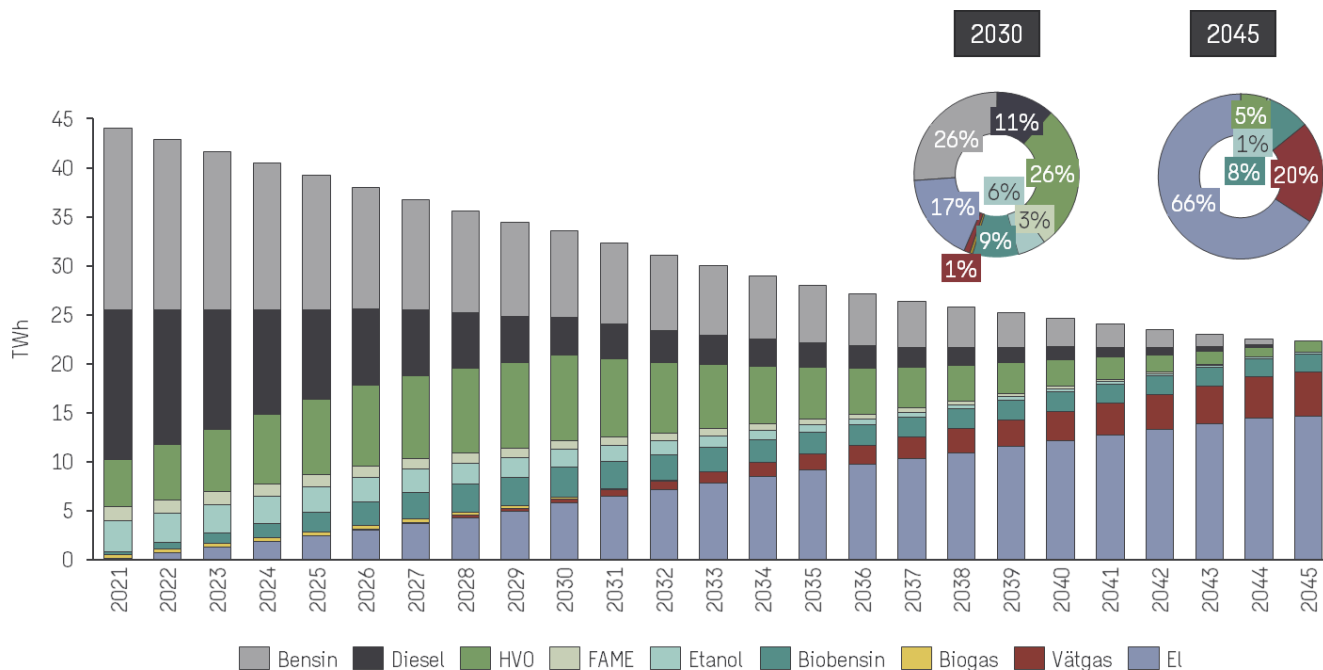
I scenariot *Låg elektrifiering* antas konventionella bilar med förbränningsmotor fortsatt framåt att ha en fortsatt stor marknadsandel. År 2030 antas laddhybrider och elbilar stå för cirka 40 procent av nybilsförsäljningen. I och med personbilens livslängd (cirka 18 år) dröjer det innan elbilar får ett större genomslag på sektorn totalt. I detta scenario står elektrifierade fordon för 33 procent av den totala energianvändningen år 2045. Viktigt att ha i åtanke även här är dock den högre verkningsgraden i elmotorer, vilket gör att eldrivna fordon står för en större andel (40 procent) sett till det totala transportarbetet.



Figur 4: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario låg elektrifiering för personbilar

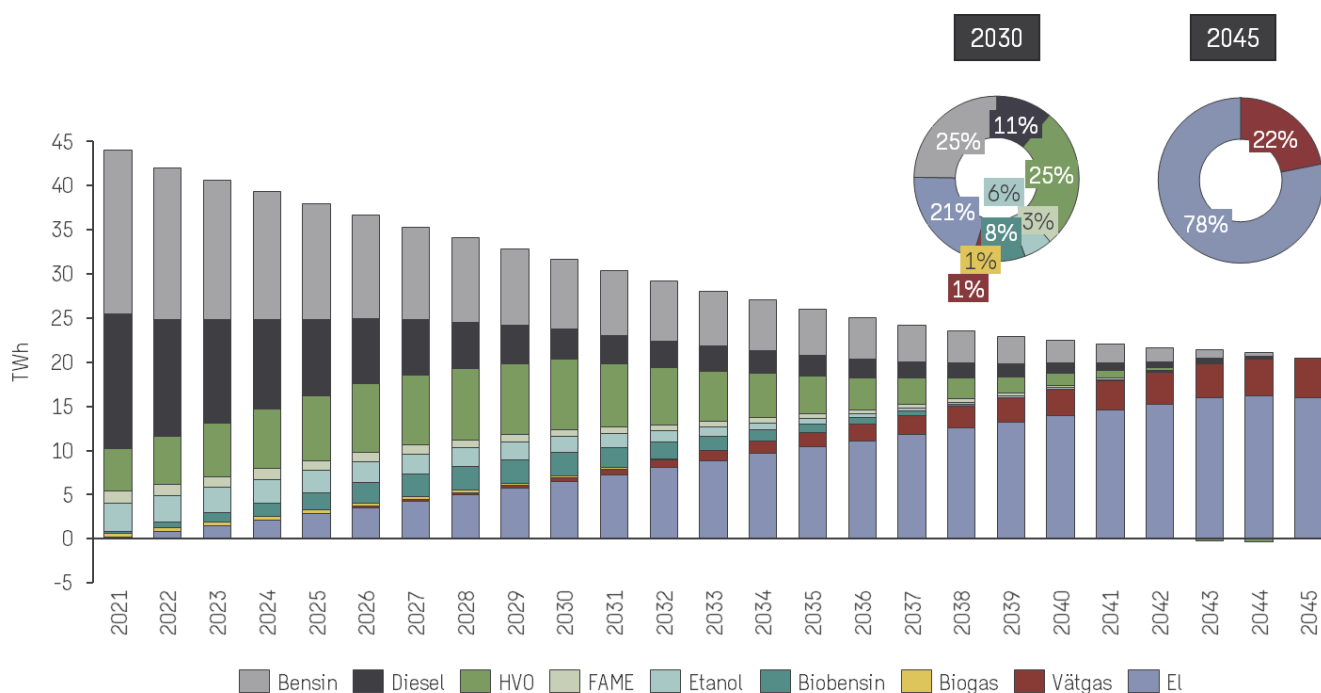
I scenariot *Medel elektrifiering* sker omställningen till el relativt snabbt. Från år 2035 och framåt spås elbilar och laddhybrider för närmare all nybilsförsäljning. I takt med att batteriteknik antas utvecklas och bli billigare samt effektivare sjunker kostnaderna för elbilar, och i samband med detta bedöms även andelen laddhybrider minska. Detta resulterar i att antalet laddbara bilar år 2045 uppgår till strax under 75 procent. I scenariot *Medel elektrifiering* utgör laddhybrider dock fortfarande en betydande andel av fordonsflottan (närmare 15 procent), vilket innebär att rena elfordon utgör cirka 60 procent.

Andelen flytande biobränslen i scenariot *Medel elektrifiering* ökar stadigt i och med reduktionsplikten fram till år 2035 för att därefter avta, i likhet med scenariot *Hög elektrifiering*. Eftersom el och vätgas har högre verkningsgrad än övriga flytande drivmedel samt fordonsgas minskar energianvändningen i detta scenario med strax under 50 procent, trots att det totala transportarbetet ökar under scenarioperioden.



Figur 5: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario medel elektrifiering för personbilar

I scenariot *Hög elektrifiering* för personbilar antas elbilar stå för nästan hela nybilsförsäljningen år 2030. Ladd- och elhybrider fasas successivt ut och bedöms nå försäljningsstopp år 2030. Detta leder till en utveckling där rena elfordon står för cirka 79 procent av fordonssflottan år 2045. Andelen flytande bio drivmedel ökar stadigt i och med reduktionsplikten fram till år 2035 för att därefter avta. Eftersom el och vätgas har högre verkningsgrad än övriga flytande drivmedel samt fordonsgas minskar energianvändningen i detta scenario med 55 procent, trots att det totala transportarbetet ökar med cirka 26 procent.



Figur 6: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario hög elektrifiering för personbilar

3.1.2 Lätta lastbilar

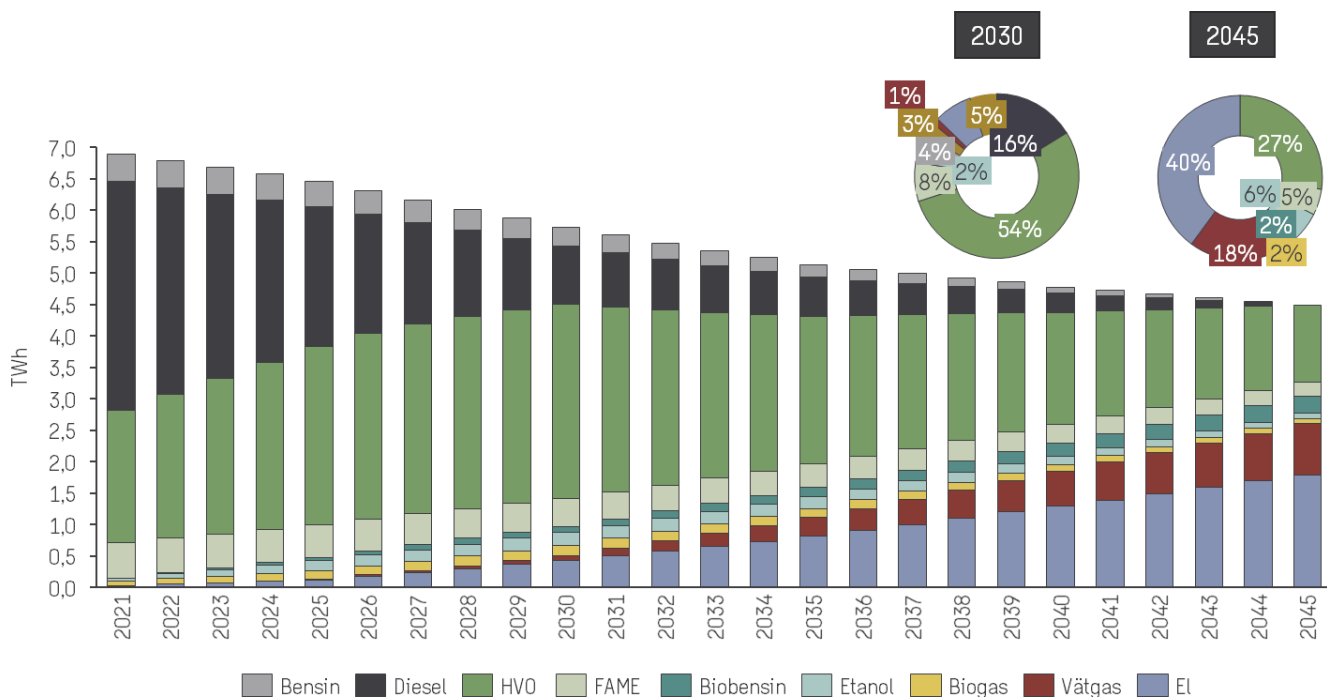
3.1.2.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom lätta lastbilar

Med lätta lastbilar avses lastbilar med en vikt under 3,5 ton. Lätta lastbilar utgörs främst av olika typer av flak- och skåpbilar som kör kortare sträckor i tätbebyggda områden. Antalet lätta lastbilar i trafik i Sverige har kontinuerligt ökat de senaste åren. Vid slutet av år 2020 bestod flottan av strax under 600 000 fordon [25]. Scenarierna för lätta lastbilar antas följa elektrifieringstakten för personbilar men släpar efter med några år. Detta eftersom lätta lastbilar har mycket gemensamt med personbilar, men på grund av den högre vikten är det en större utmaning att elektrifiera lätta lastbilar.

Gällande fördelningen av drivmedel för lätta lastbilar står dieselmotorer för den absolut största andelen, 89 procent. Både HVO100 och höginblandad FAME används som bränsle i dieselmotorer. Bensindrivna fordon utgör strax under 8 procent, eldrivna fordon strax under 1 procent, etanol 0,4 procent och biogas 1,5 procent.

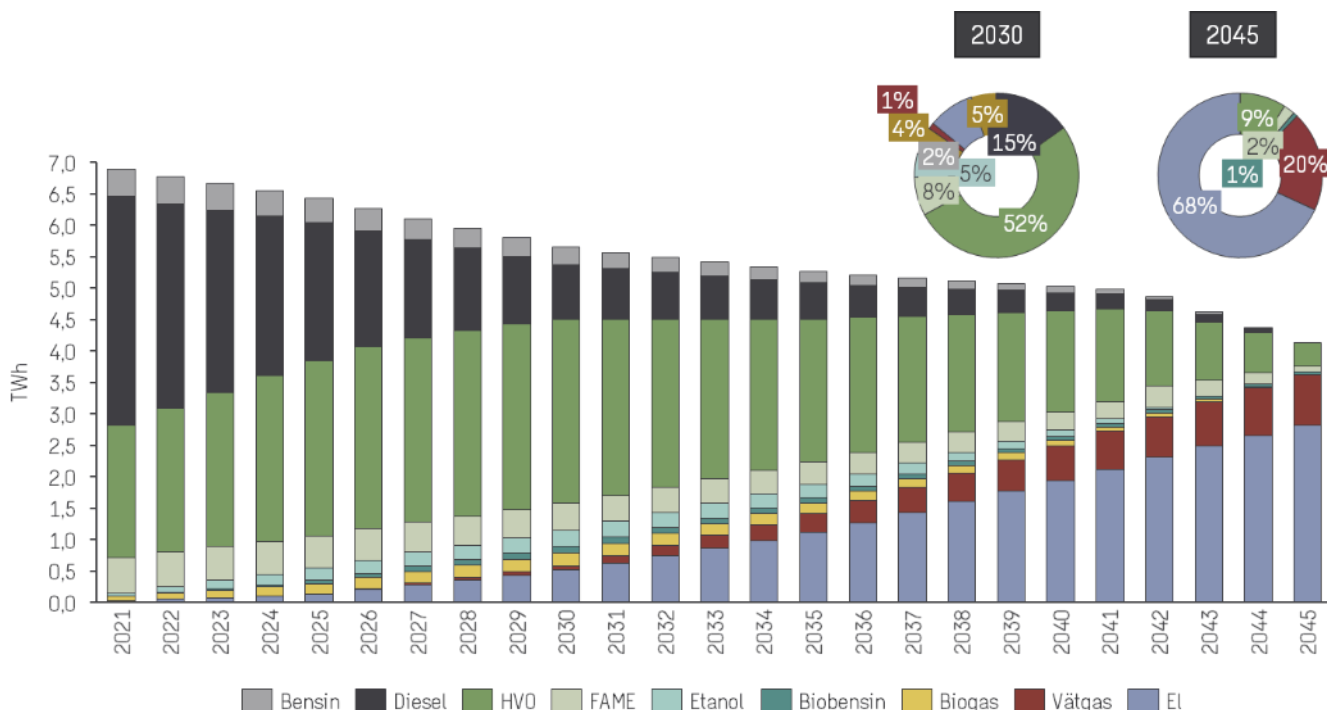
3.1.2.2 Antaganden för scenarier lätta lastbilar

I scenariot *Låg elektrifiering* utgör förbränningsmotorer fortsatt en stor andel av fordonsslottan. Elektrifieringstakten är låg, och uppgår 2045 till 46 procent rena elfordon och 4 procent laddhybrider. Detta motsvarar 40 procent av den totala energianvändningen år 2045. HVO ökar kraftigt i energimängd på grund av ökad inblandning i enlighet med reduktionsplikten, samt att tankstationer för höginblandad HVO100 blir allt mer tillgängliga. Eftersom el och vätgas har högre verkningsgrad än övriga flytande bränslen samt fordonsgas minskar energianvändningen i detta scenario med 35 procent, trots att det totala transportarbetet ökar med cirka 27 procent.



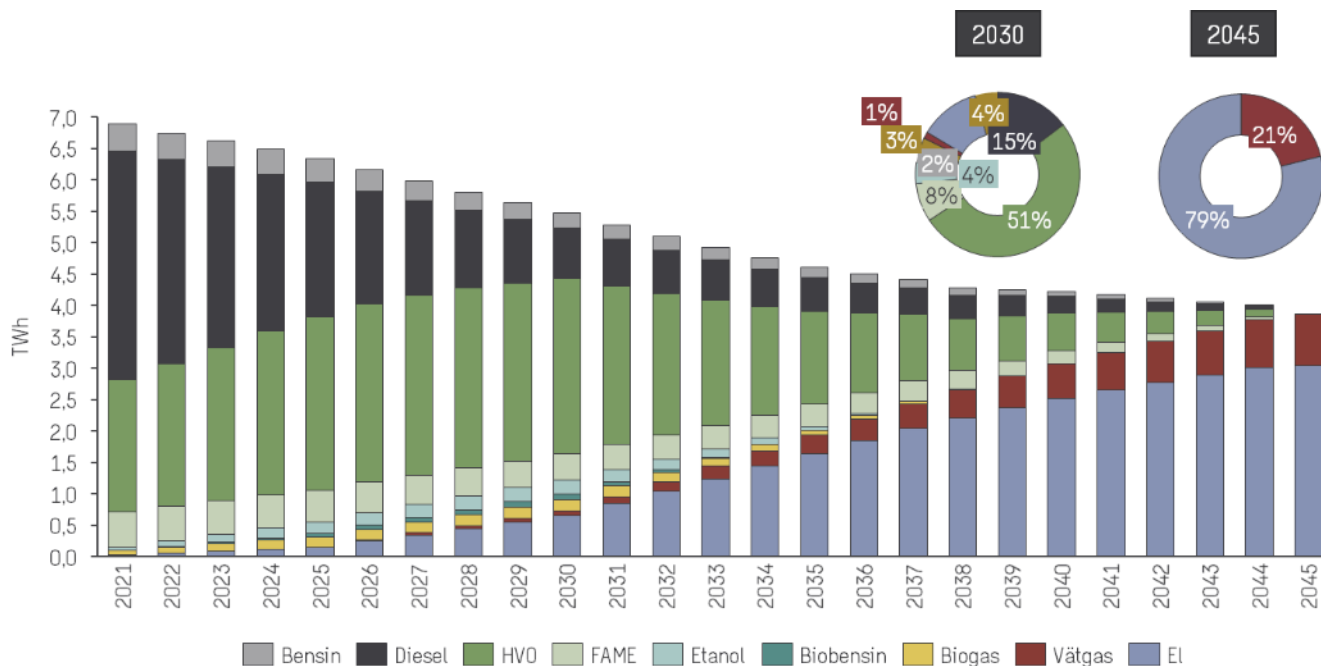
Figur 7: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario låg elektrifiering för lätta lastbilar

I scenariot *Medel elektrifiering* är elektrifieringstakten högre än i scenariot *Låg elektrifiering*. Från 2040 och framåt minskar volymerna av biobränslen kraftigt i samband med att marknadsutvecklingen av vätgas och el tagit ordentlig fart. När laddinfrastruktur och tankningsinfrastruktur för vätgas finns på plats bedöms potentialen till en snabb marknadsutveckling för vätgas och elektrifiering vara hög.



Figur 8: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario medel elektrifiering för lätta lastbilar

I scenariot *Hög elektrifiering* börjar el för lätta lastbilar få genomslag år 2030, då laddbara fordon utgör cirka 25 procent av fordonssflottan. Eftersom det krävs mer både avseende laddinfrastruktur och batterikapacitet i förhållande till fordonens maxvikt för att elektrifiera lätta lastbilar (i jämförelse med personbilar) bedöms en hög elektrifieringstakt vara mer osannolik.



Figur 9: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario hög elektrifiering för lätta lastbilar

3.1.3 Tunga lastbilar

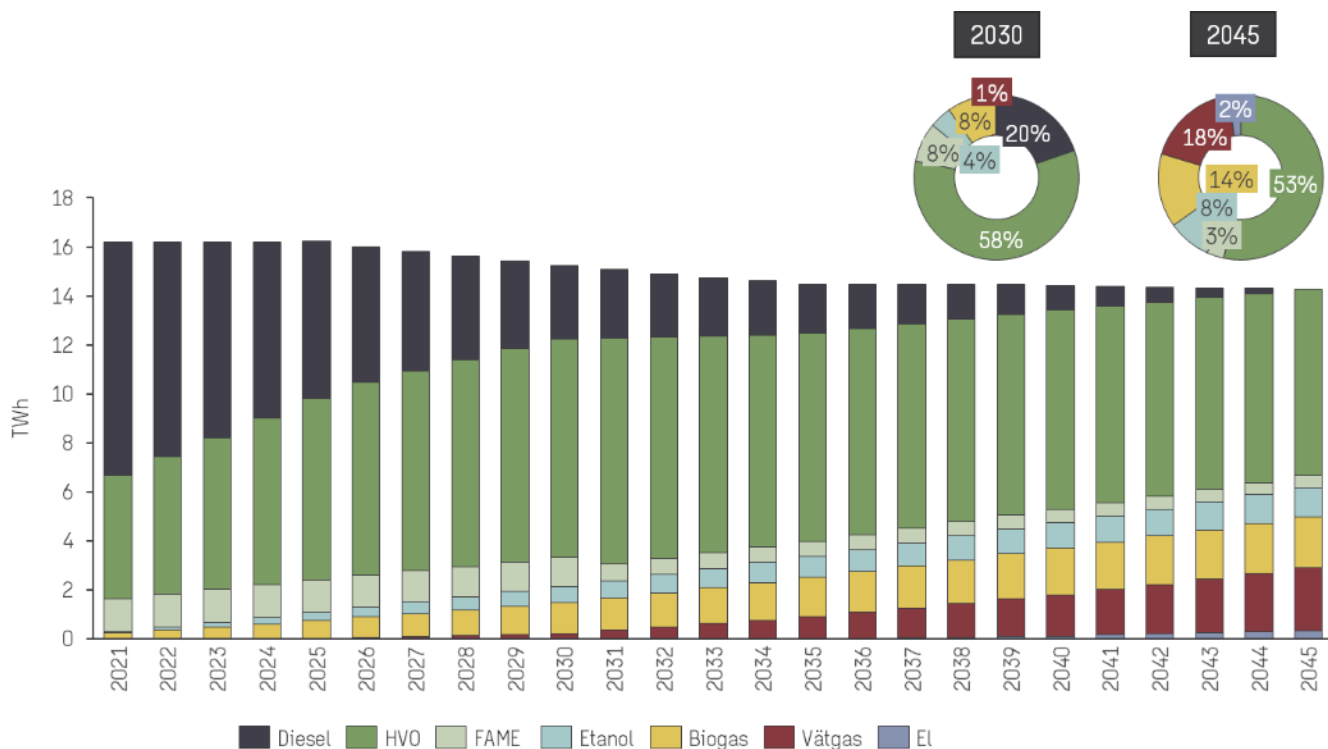
3.1.3.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom tunga lastbilar

Tunga lastbilar definieras som lastbilar med en vikt som överstiger 3,5 ton. Tunga lastbilar delas in i distributionsbilar och lastbilar avsedda för fjärrtransporter, samt tankbilar. Dagens flotta av tunga lastbilar består av strax över 100 000 fordon, där en överhängande majoritet (97 procent) drivs med dieselmotor. Tunga lastbilar med dieselmotor körs redan idag på ren HVO100 och höginblandad FAME i viss utsträckning. Enligt Naturvårdsverket representerade utsläppen från tunga lastbilar närmare 20 procent av transportsektorns totala växthusgasutsläpp år 2019. Att minska utsläppen från tunga lastbilar är således en högst aktuell fråga.

Elektrifieringen av tunga lastbilar är idag försumbar (0,03 procent) men det anses finnas en betydande potential för elektrifiering. Elektrifiering av tunga lastbilar är en större utmaning än för övriga trafikslag inom vägtransporter, eftersom lastbilarnas stora energibehov kräver hög laddningseffekt och täta laddningsmöjligheter [28]. De allra längsta och tyngsta transporterna anses vara svåra att elektrifiera med batteridrift i närtid, men för dem är elvägar och vätgas goda alternativ. Inom alla scenarier för tunga lastbilar bedöms därför biodrivmedel spela en betydande roll under minst tio år framöver.

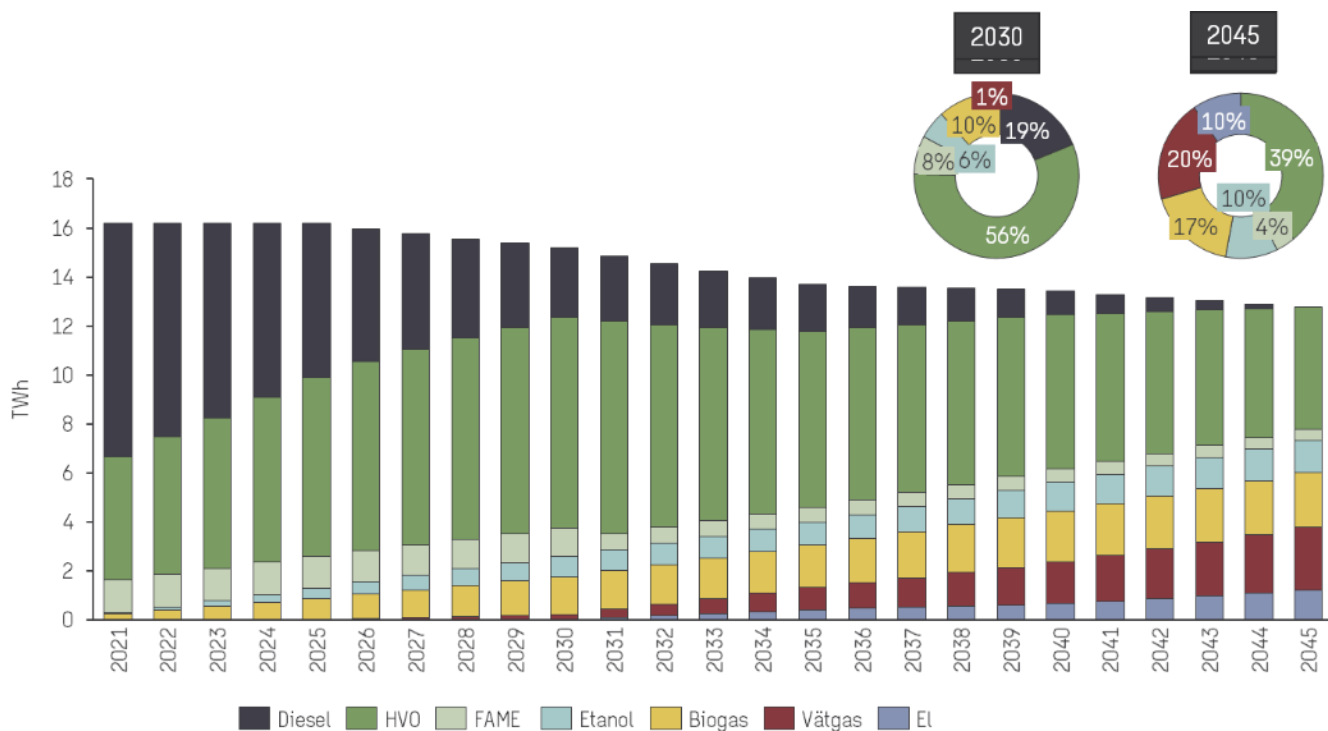
3.1.3.2 Antaganden för scenarier tunga lastbilar

I scenariot *Låg elektrifiering* har dieselmotorer fortsatt högst marknadsandel under hela scenarioperioden. År 2045 uppgår andelen elfordon till 15 procent. Biogas och vätgas har tilldelats förhållandevis stora marknadsandelar, 10 respektive 20 procent. För tunga lastbilar förväntas en relativt stor ökning i transportarbete, 41 procent, vilket är anledningen till den låga minskningen i energianvändning under scenarioperioden. I scenariot *Låg elektrifiering* minskar den totala energianvändningen för sektorn med 12 procent.



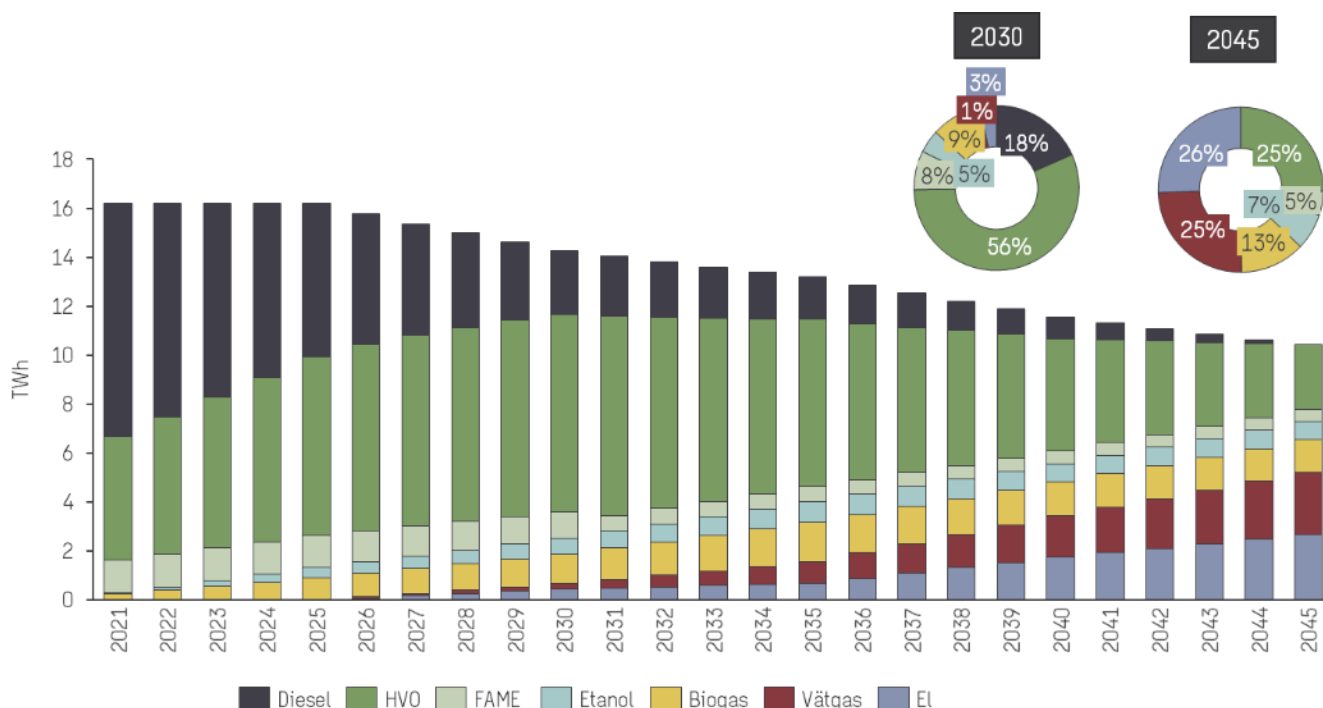
Figur 10: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario låg elektrifiering för tunga lastbilar

I scenariot *Medel elektrifiering* är elektrifieringstakten betydligt högre än i scenariot *Låg elektrifiering*. År 2045 uppgår andelen elfordon till 30 procent. Eftersom el och vätgas har högre verkningsgrad än övriga flytande bränslen samt fordonsgas minskar andelen diesel och flytande biobränslen i en högre takt i samband med att elektrifieringstakten ökar. Energinvändningen i detta scenario ökar endast med tre procent, trots att det totala transportarbetet ökar med cirka 41 procent.



Figur 11: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario medel elektrifiering för tunga lastbilar

I scenariot *Hög elektrifiering* är elektrifieringstakten ännu något högre än i scenariot *Medel elektrifiering*. År 2045 uppgår andelen elfordon till över 30 procent. Den totala energianvändningen i detta scenario minskar med cirka 36 procent under scenarioperioden.



Figur 12: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario hög elektrifiering för tunga lastbilar

3.1.4 Bussar

3.1.4.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom bussar

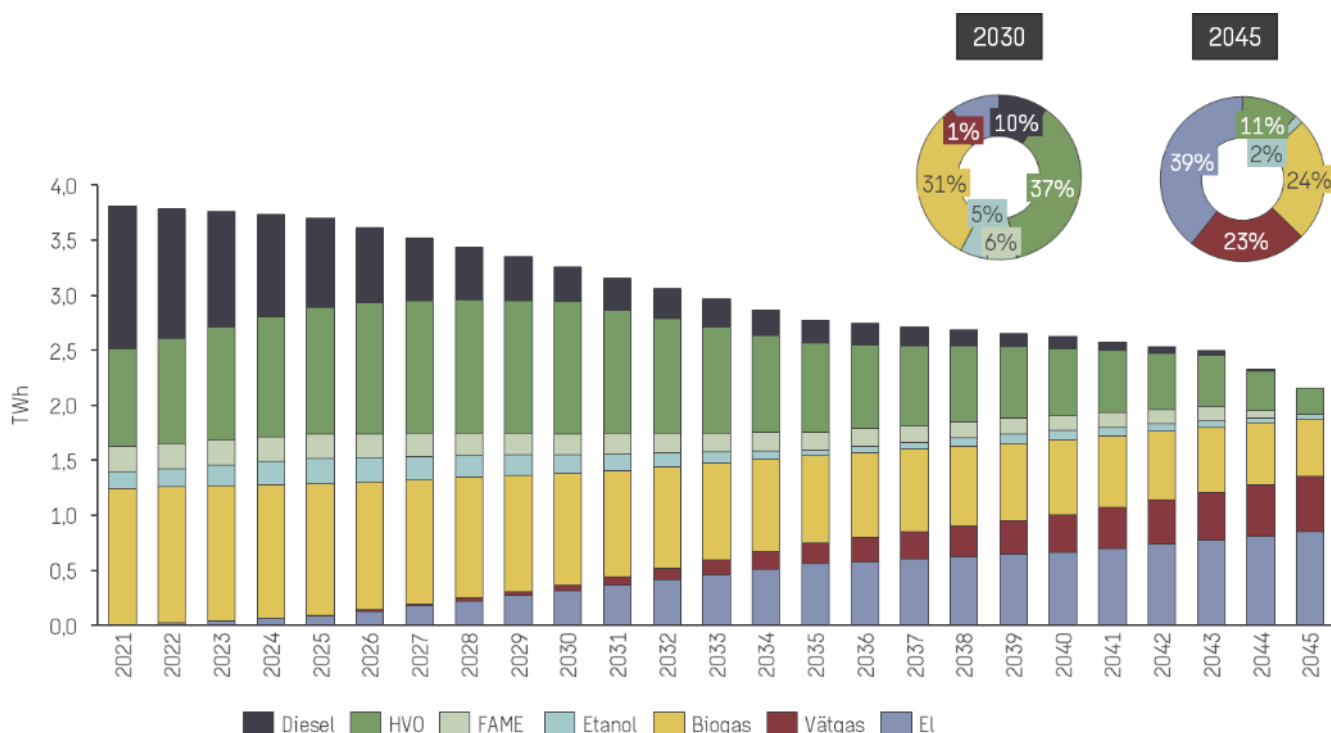
Kollektivtrafikens högt uppsatta klimatmål har inneburit att bussar har haft en snabb omställning till förnybara drivmedel sedan år 2008. I dagsläget körs de flesta bussflottor i Sverige med flytande biodrivmedel och biogas. Enligt statistik från Trafikanalys fanns cirka 13,500 bussar i trafik registrerade vid slutet av år 2020. Av dessa drevs en betydande majoritet, 73 procent, med dieselmotor. Som bränsle i dieslbussar ingår biodrivmedel i form av HVO och FAME, både låginblandad samt ren HVO100 och FAME. Biogas utgör också en stor andel, strax över 21 procent, av drivmedlen i bussflottan. Bensin som drivmedel har inte inkluderats i scenarierna för bussar då andelen bussar med bensinmotor idag är så pass låg (0,27 procent) att den anses kunna bortses från. Antalet elbussar ökar stadigt, men det bedöms att eldrivna bussar främst kommer att användas inom stadsmiljöer i närtid. Detta på grund av kortare räckvidd och de positiva effekter som uppnås på lokala utsläpp och buller.

Ungefär hälften av den svenska bussflottan utgörs av bussar avsedda för stadstrafik [29]. Inom detta marknadssegment är eldrivna bussar redan konkurrenskraftiga, och förväntas bli det ännu mer. För långdistansbussar är dock utmaningen större då det krävs större batterier och tillgång till snabbaddning för att möjliggöra en hög elektrifieringstakt. Sammantaget anses därmed elektrifieringen gå långsammare för långfärdsbussar än för stadsbussar. I Swecos scenarier för bussar har en sammanvägd bedömning av en gemensam elektrifieringstakt gjorts baserat på fördelningen mellan stadsbussar respektive långfärdsbussar. När tankningsinfrastruktur och laddinfrastruktur för regionala busslinjer och långfärdsbussar kommer igång bedöms potentialen till en snabb marknadsutveckling för vätgas- och elbussar vara hög.

Totalt sett står busstrafiken bara för omkring tre procent av transportsektorns totala koldioxidutsläpp. Detta innebär att elektrifieringen av bussflottan inte ger någon betydande minskning av transportsektorns samlade utsläpp. Däremot kan det biodrivmedel som idag används av bussar istället nyttjas av tunga lastbilstransporter [29].

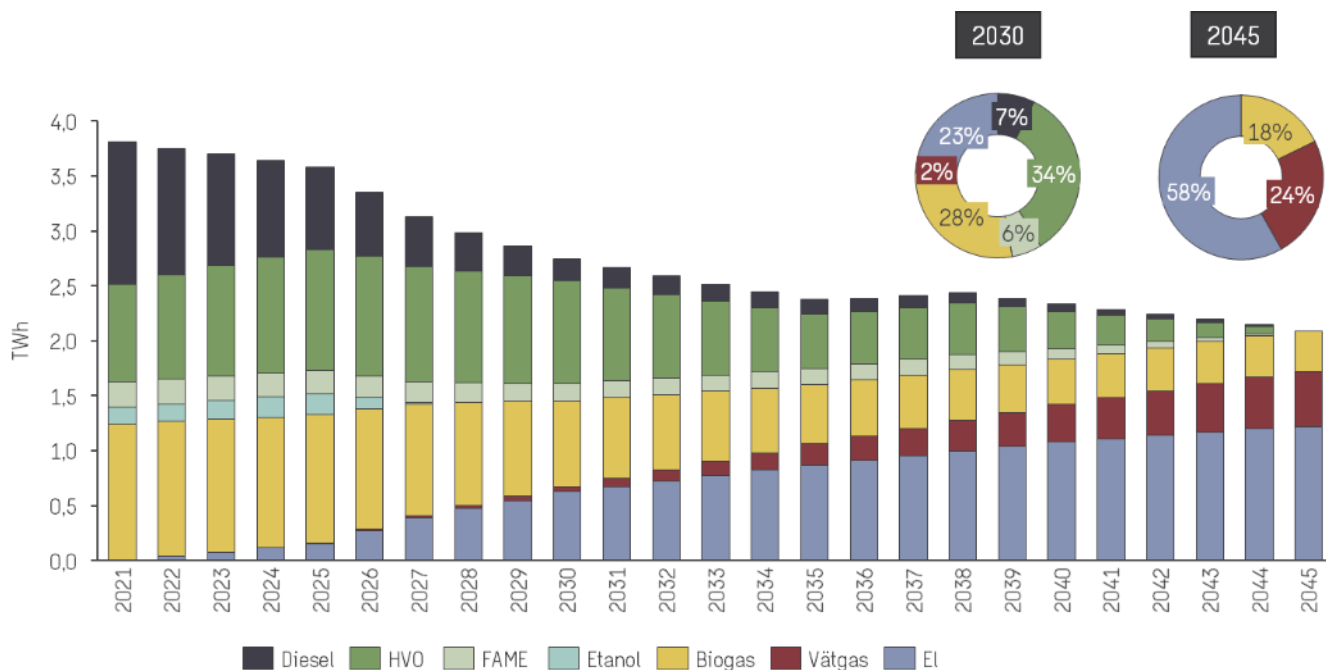
3.1.4.2 Antaganden för scenarier bussar

I scenariot *Låg elektrifiering* ökar antalet elektrifierade bussar, men biobränslen används i första hand och står för en betydande andel av energianvändningen under hela scenarioperioden. Elbussar antas främst användas i stadstrafik och det dröjer fram till 2030 innan elektrifierade bussar får ett bredare genomslag. Andelen biogas är relativt konstant under scenarioperioden.



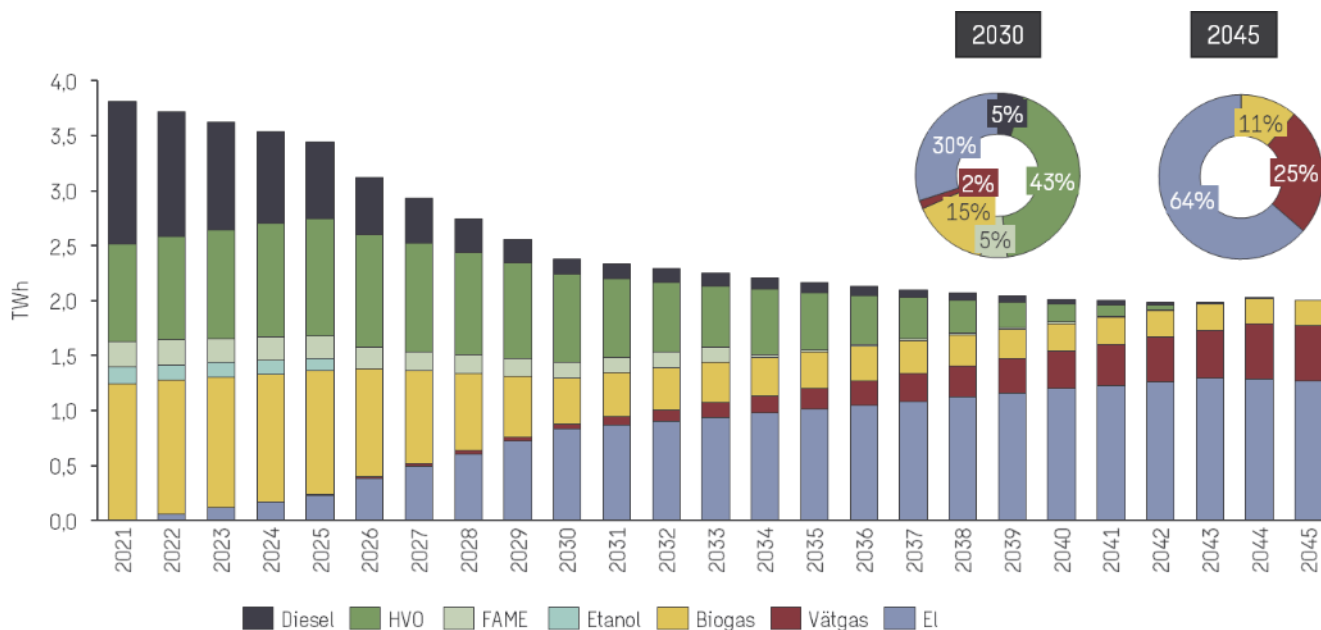
Figur 13: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario låg elektrifiering för bussar

I scenariot *Medel elektrifiering* beräknas en något lägre elektrifieringstakt än i scenariot *Hög elektrifiering*. I övrigt följer scenarierna *Hög elektrifiering* och *Medel elektrifiering* samma trender. Andelen elbussar utgör 40 procent år 2030, jämfört med 54 procent samma år för scenariot *Hög elektrifiering*. År 2045 utgör elbussar 72 procent av flottan, biogas 7 procent och vätgas 20 procent.



Figur 14: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario medel elektrifiering för bussar

I scenariot *Hög elektrifiering* för bussar antas en snabb och omfattande elektrifiering av Sveriges bussflotta. Från och med 2025 antas enbart eldrivna stadsbussar säljas, och i och med att elektrifieringstakten för bussar är betydligt högre jämfört m exempelvis personbilar förväntas bussflottan elektrifieras relativt fort. Medianåldern för en buss i Sverige är betydligt lägre än för en personbil, vilket leder till att bussflottan kan förnyas snabbare än för personbilar. I scenariot *Hög elektrifiering* antas bussflottan vara i princip helt fossilfri redan år 2043. År 2045 uppgår eldrivna bussar till 76 procent av fordonsflottan, biogas fyra procent och vätgas 20 procent.



Figur 15: Fördelning av energianvändning per bränsleslag i scenario hög elektrifiering för bussar

3.2 Luftfart

3.2.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom svensk luftfart

Idag består drivmedelsanvändningen inom svensk luftfart i huvudsak av fossil flygfotogen, med mindre andelar biogent flygfotogen (biojet). Utöver biojet är olika alternativ för framtida drivmedel och framdrift under utveckling, såsom vätgas, batterier och elektroflygbränsle (elektrojet). De långsiktiga målen i flygbranschens färdplan inom Fossilfritt Sverige utgörs av att inrikesflyget ska vara fossilfritt till 2030 samt att både inrikes- och utrikesflyget ska vara fossilfritt till 2045 [10]. Nyligen infördes en reduktionsplikt för flyget till 2030 med ökande inblandningsnivåer av biogent flygbränsle i det fossila flygbränslet [8]. I dagsläget finns ännu inga föreslagna reduktionsnivåer för flyget efter 2030, men det övergripande målet är att 100 procent av bränslet ska vara förnybart till 2045. Idag är inga biodrivmedel certifierade för inblandningsnivåer högre än 50 procent, men den tillåtna inblandningen förväntas öka successivt över tid för att nå 100 procent [10] [9].

Processvägen för elektrobränslen är idag inte certifierad för flygfotogen och ingen certifieringsprocess är pågående. Däremot ska EU-kommissionen senast den 31 december delge beslut om delegerad akt för regler kring hur växthusgasutsläppen för dessa bränslen ska beräknas. Tillämpningen av elektrobränslen inom flygbranschen väntas således inte ta fart innan 2030 [9]. Därtill ska elektrobränslets del i reduktionsplikten inkluderas i en kommande promemoria som ska skickas på remiss [8].

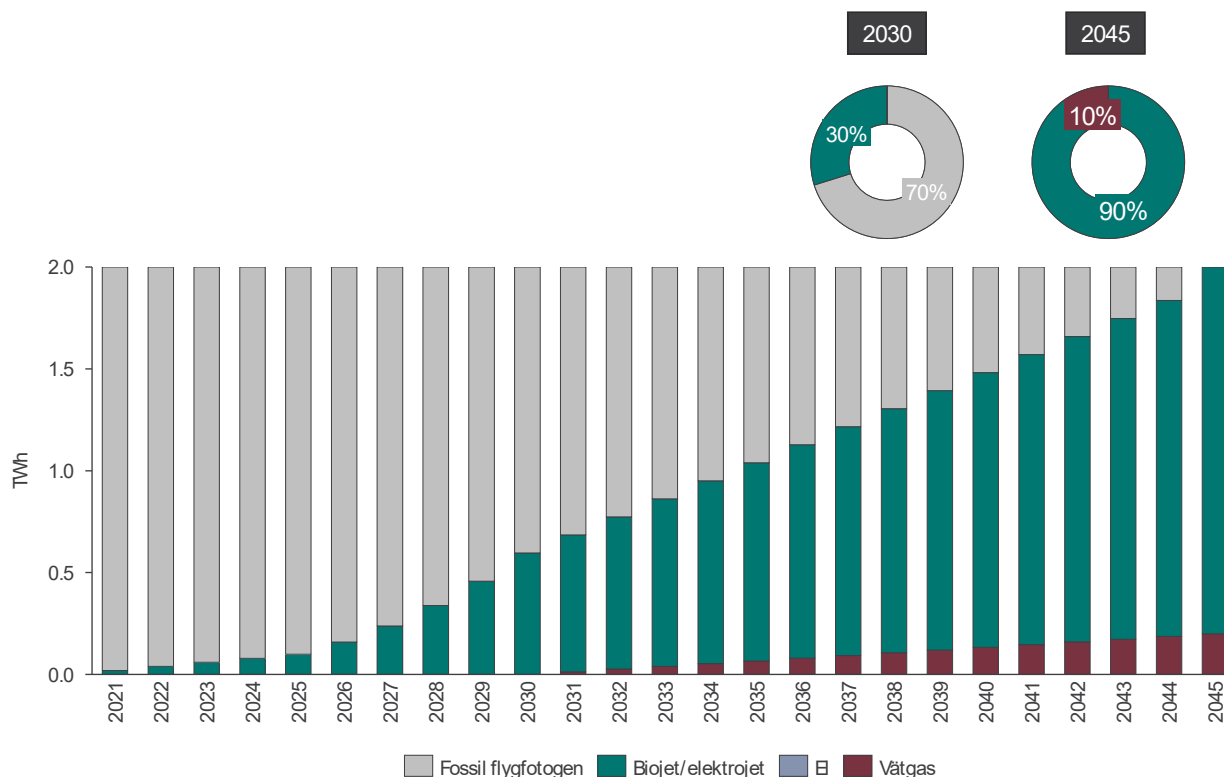
3.2.2 Antaganden för scenarier

I Swecos samtliga scenarier antas den kommersiella flygtrafiken vara driven av jetbränsle med en ökande andel biobränsle till 2030, baserat på reduktionsplikten för flyget till 2030 [8]. Utifrån angiven reduktionsplikt utgörs andelen biobränsle av cirka 30 volymprocent 2030⁹. Då det ännu inte finns några föreslagna reduktionsnivåer efter 2030 antas därefter en successivt ökande andel biojet och elektrojet till 2045.

⁹ Baserat på antaganden i regeringens dokument "Reduktionsplikt för flygfotogen" och SOU 2019:11 "Biojet för flyget". HEFA från restprodukter och avfall (det bränsle som hittills använts som biojet i Sverige) har genomsnittliga utsläpp om just 16 g CO₂e/MJ. "Biojet för flyget" (SOU 2019:11) antog ett genomsnittligt utsläpp på omkring 16 g CO₂e/MJ då reduktionsplikten införs och att det genomsnittliga utsläppet sedan förväntas sjunka gradvis för att landa på 8,9 g CO₂e/MJ 2025. Detta förutsätter att restprodukter och avfall används som råvara.

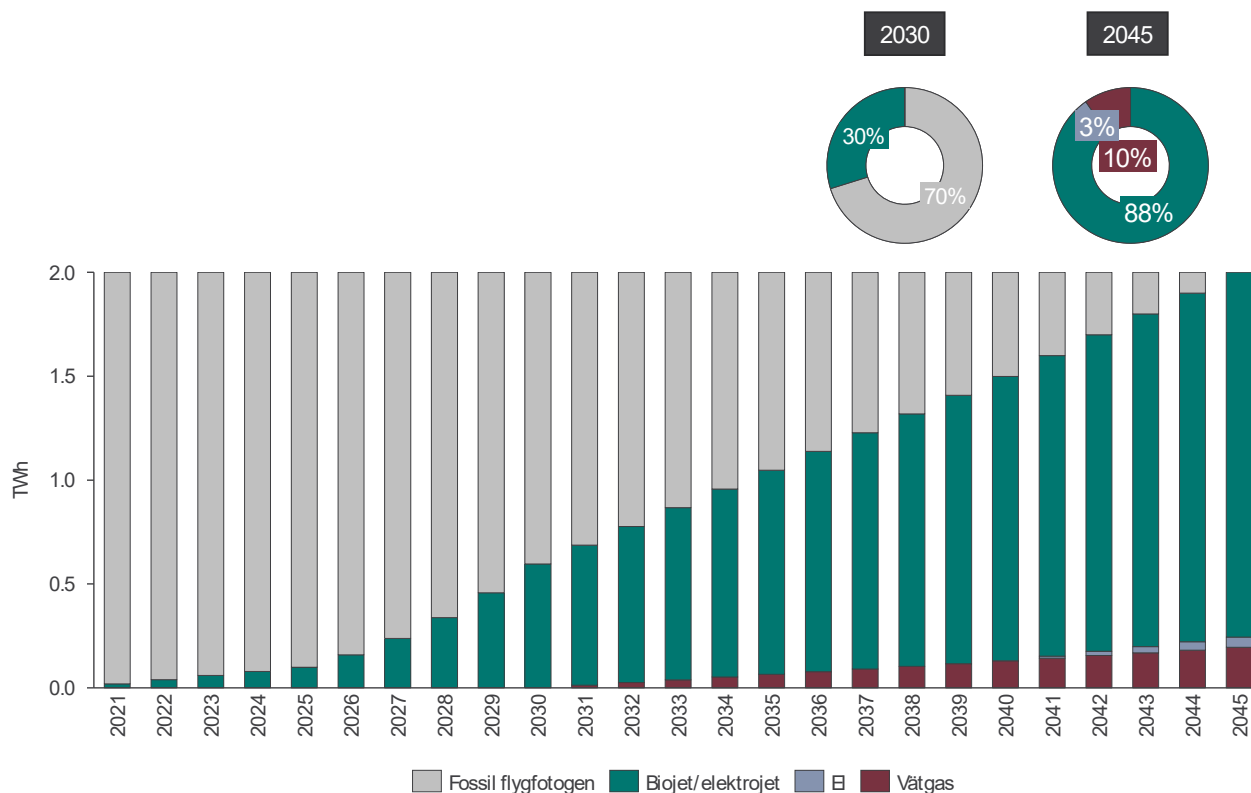
Andelen elflyg inom den kommersiella flygtrafiken antas vara låg i samtliga scenarier då batteriernas vikt fortfarande förväntas utgöra ett hinder för längre flygningar. I samtliga scenarier antas 10 procent av energianvändningen bestå av vätgas år 2045. Vätgas studeras för användning i gasturbiner för flyg.

I scenario *låg elektrifiering* antas en elektrifiering av inrikes flyg få ett lågt genomslag och enbart bestå av ett fåtal privata flygplan.



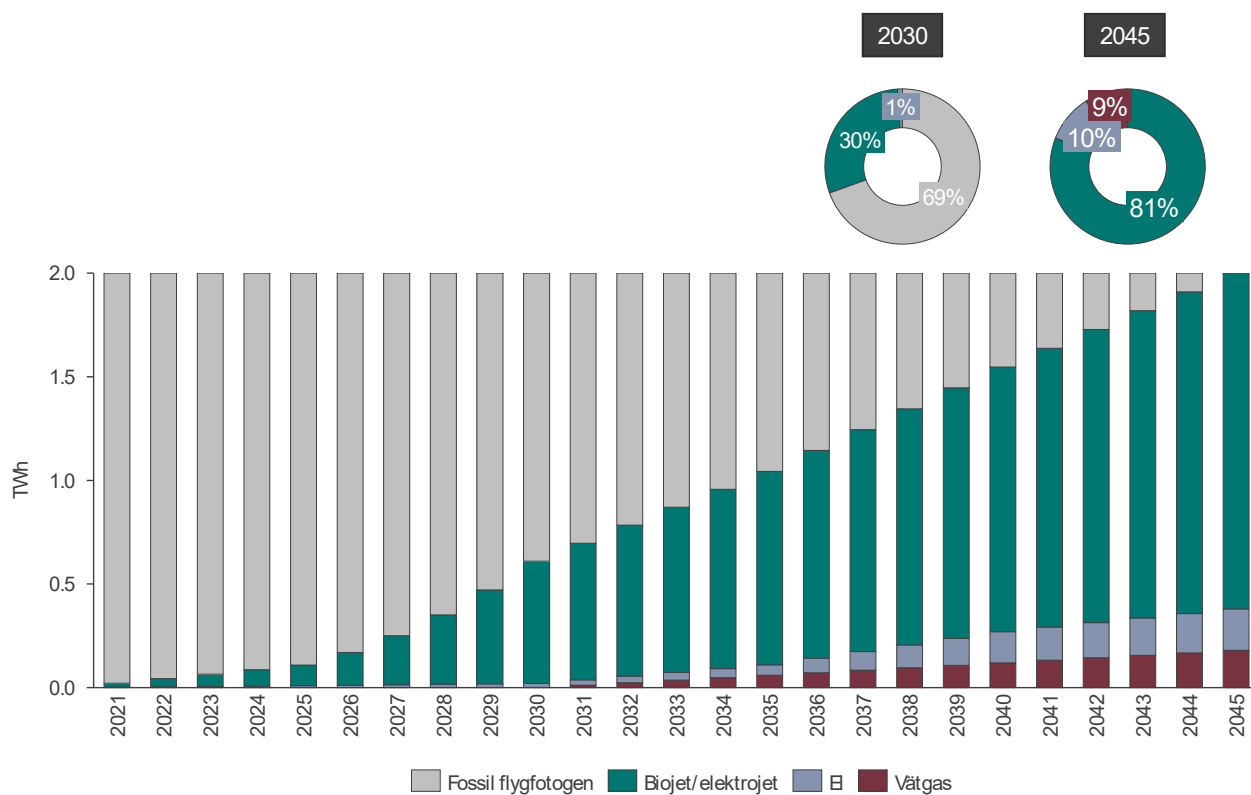
Figur 16: Luftfart – låg elektrifiering

I scenariot *Medel elektrifiering* antas samma elektrifieringsgrad som i scenariot "Hög", men utvecklingen sker senare under scenarioperioden.



Figur 17: Luftfart - Medel elektrifiering

I scenariot *Hög elektrifiering* antas en viss andel av flyget energianvändning elektrifieras, främst kortare flyglinjer med mindre flygplan.



Figur 18: Luftfart - Hög elektrifiering

3.3 Sjöfart

3.3.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom svensk sjöfart

Bränslemixen inom inrikes sjöfart (svensk hamn till svensk hamn) består idag av 50 procent tung fossil eldningsolja (EO 2–6), 24 procent lätt eldningsolja (EO 1), 14 procent diesel, tio procent LNG/naturgas, två procent HVO och mindre än en procent bensin och FAME. I tillägg används en mindre andel el inom kustnära fartyg och vägfärjor. Den svenska sjöfartsnäringsen består av en mängd aktörer och omfattar allt från mindre båtar i lokaltrafik till stora fartyg för långa sträckor. För inrikes trafik består sjöfartsnäringsen av ett par aktörer som hanterar större gods- och passagerartransporter, medan det finns en mängd aktörer som står för mindre gods- och passagerartransporter [30].

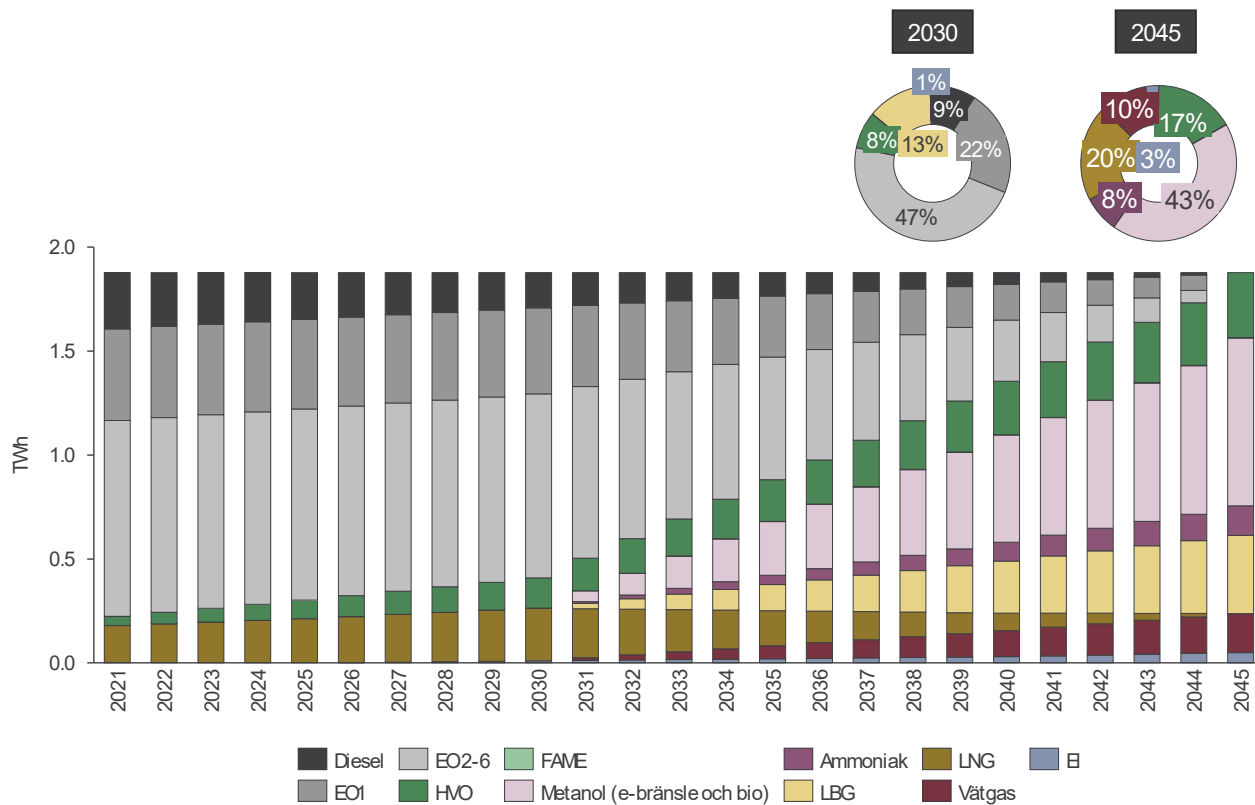
Till följd av ny teknik för bland annat drivmedelsbyte samt optimering av drivlinan och skrovet kan utsläppen reduceras med över 50 procent i nya typer av fartyg. De volymer fossilfritt bränsle som krävs för att gör internationell sjöfart fossilfri finns enligt sjöfartsnäringsen idag inte tillgängligt. Däremot finns många alternativa bränslen, både befintliga och under utveckling, som kan användas för att ställa om sjöfarten, såsom biometanol och elektrometanol, elektroammoniak, batterier, LBG och vätgas [30]. Sjöfartsnäringsen pekar på att det behövs en mängd olika drivmedel för att möjliggöra omställningen och vissa av dessa eventuellt även kommer att behöva kunna användas i hybridlösningar i samma fartyg. Olika bränslen har olika potential beroende på fartygsstorlek samt körsträcka. Batterier är idag begränsat till kortare sträckor då de till följd av sin volym reducerar lastintaget [30]. Flera rederier har redan idag investerat i batteridrift för mindre fartyg och kortare sträckor, men även medelstora fartyg för kortare, där bland annat flera av Trafikverkets färjor har elektrifierats [23]. LNG har använts av flera svenska rederier under ett flertal år och denna bränsletyp ökar successivt. LNG kan ersättas av LBG och försök som genomförts har varit framgångsrika [30].

3.3.2 Antaganden för scenarier

I samtliga scenarier antas inrikes transportarbete för sjöfart vara konstant under scenarioperioden och motsvara 1,88 TWh per år. Detta då mängden transporter antas öka men utjämnas av energieffektivisering [12]. Andelen LNG och LBG antas öka under perioden och motsvara 20 procent av energianvändningen 2045, där LNG står för majoriteten av ökningen till 2030 [12] för att sedan ersättas av LBG till 2045. Den initialt ökande andelen LNG beror både på reduktionen av svavel- och koldioxidutsläpp erhållen från LNG jämfört med tung eldningsolja .

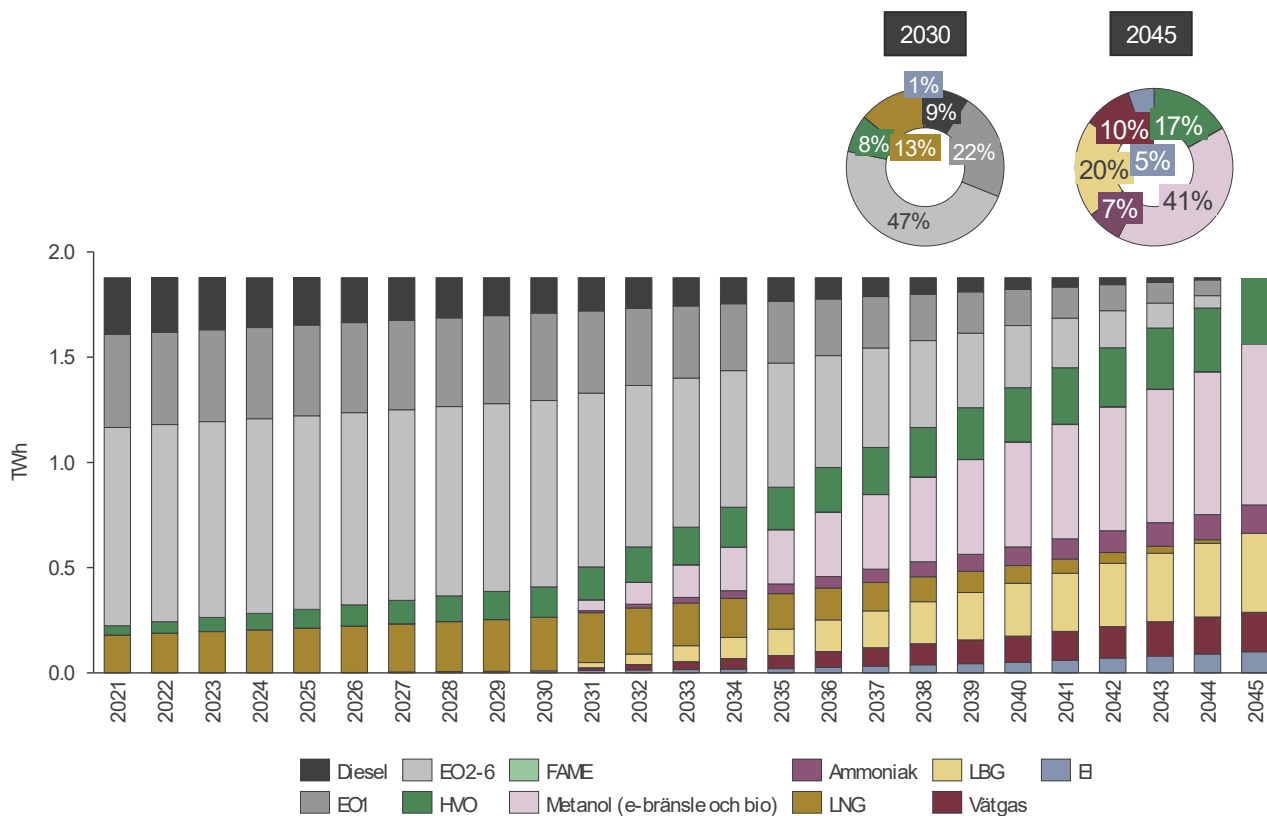
Elektrobränslen i form av främst metanol och ammoniak befinner sig i nuläget på försöksnivå, men utvecklingen antas ta fart efter 2030 och öka under den senare delen av perioden för att kunna utgöra runt 50 procent av bränslemixen till 2045 [31]. Det ska noteras att den framtida fördelningen mellan olika elektrobränslen är högst osäker, då flera av produktionsprocesserna för bränslen fortfarande har en låg teknisk mognadsgrad och framtida teknisk utveckling är svår att förutspå. Andelen vätas antas också öka, men utgör enbart en mindre andel av den totala energimixen till 2045 (10 procent) för användning inom mindre färjor/fartyg på mellanlånga sträckor. Användningen av fossil tung och lätt eldningsolja (EO 2–6 och EO 1) antas minska i linje med de ökande andelarna LNG/LBG och elektrobränslen, medan andelen fossil diesel antas minska till förmån för en ökande användning av biodiesel, i största majoritet i form av HVO. Fördelningen mellan HVO och FAME antas vara konstant under scenarioperioden, vilket innebär att enbart HVO ökar märkbart.

I scenariot *Låg elektrifiering* antas en låg grad av ny elektrifiering inom sjöfarten där övriga bränsletyper antas motsvara en högre andel av den totala energianvändningen.



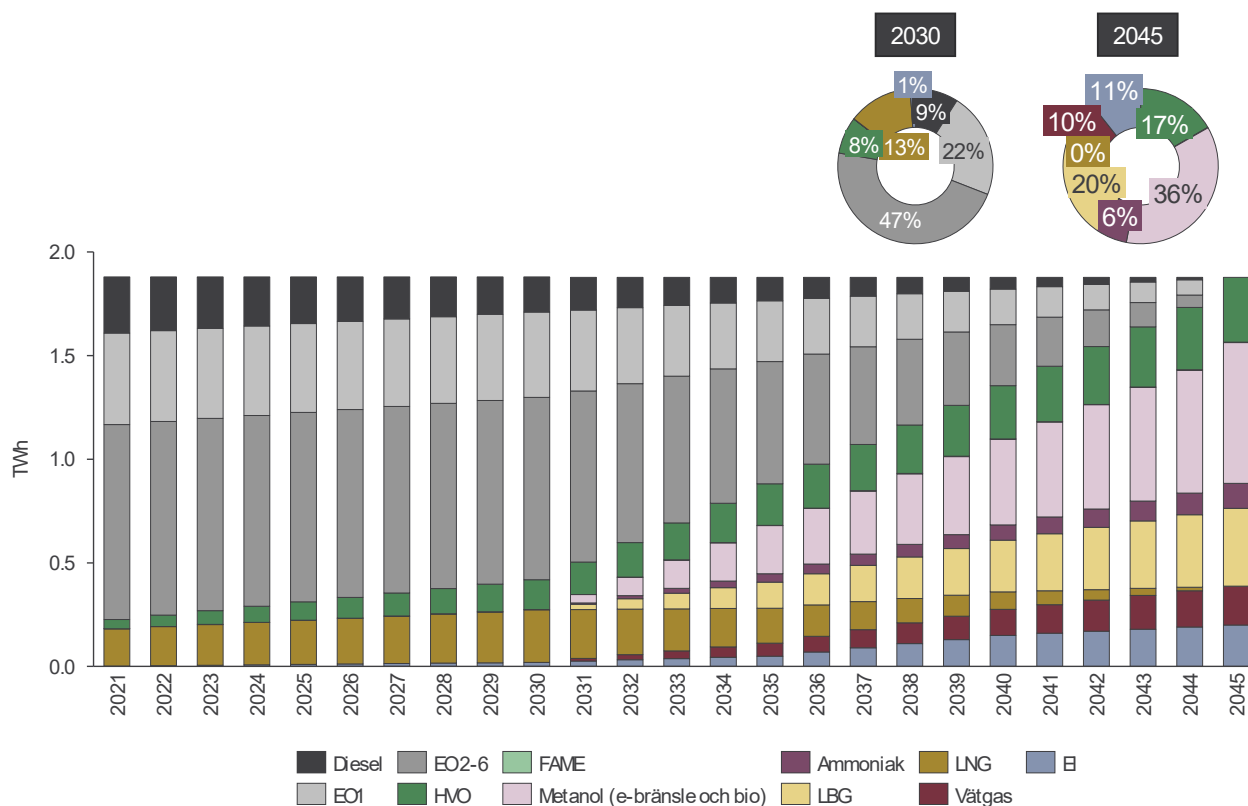
Figur 19: Sjöfart – Låg elektrifiering

I scenariot *Medel elektrifiering* antas samma elektrifieringsgrad som i scenariot *Hög elektrifiering* till 2045, men med en något långsammare omställning. Ökningen sker främst genom ett fåtal mindre elektrifierade färjor för korta sträckor.



Figur 20: Sjöfart – Medel elektrifiering

I scenariot *Hög elektrifiering* antas en ökad elektrifiering på korta och kustnära sträckor, men elektrifieringen motsvarar fortfarande en låg andel totalt. Detta då större fartyg drivs med ökande andelar LNG/LBG, elektrobränslen och biodrivmedel.



Figur 21: Sjöfart – Hög elektrifiering

Det ska poängteras att framtida utveckling av batteriers energidensitet och kostnad kan komma att möjliggöra en högre elektrifieringsgrad, vilket således kan innebära att även scenariot *Hög elektrifiering* överträffas.

3.4 Bantrafik

3.4.1 Dagens energi- och drivmedelsanvändning inom svensk bantrafik

Idag är cirka 80 procent av Sveriges järnvägsnät elektrifierat¹⁰ [32] och den oelektrifierade delen har ett förhållandevis mycket lågt trafikarbete. Elanvändningen inom bantrafiken är således hög och motsvarar drygt 90 procent av den totala energianvändningen. Resterande andel består av diesel. Samlingsbegreppet "bantrafik" inkluderar både järnvägar och övrig spårtrafik såsom spårvagn och tunnelbana.

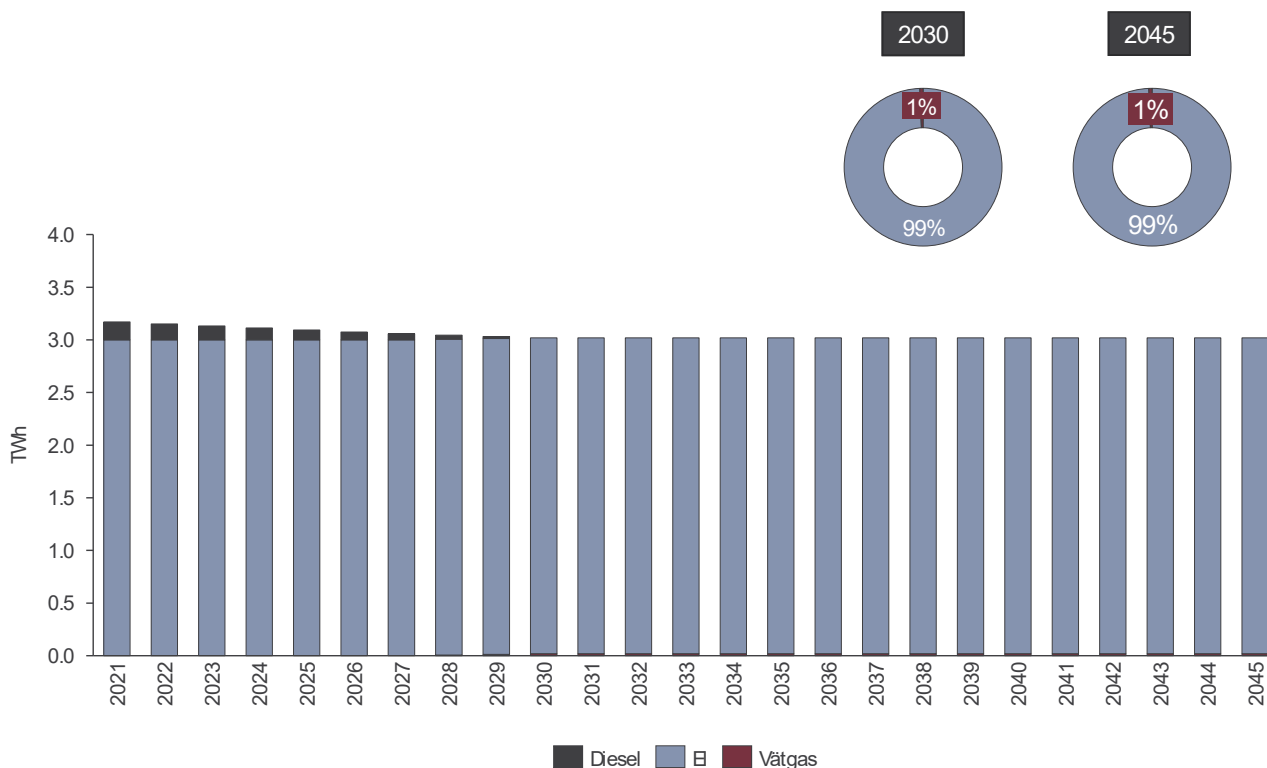
3.4.2 Antaganden för scenarier

I scenarierna *Hög elektrifiering* och *Medel elektrifiering* antas energianvändningen öka då nya tunnelbanelinjer planeras i Stockholm samtidigt som ett fåtal järnvägsbanor är planerade att elektrifieras och att det totala antalet persontransporter och godstransporter förväntas öka till 2045. Byggnation av nya stambanor i södra Sverige ökar

¹⁰ Sveriges järnvägsnät omfattar totalt cirka 15 600 spårkilometer där Trafikverket omkring 14 200 spårkilometer. Av dessa är cirka 80 procent elektrifierad järnväg.

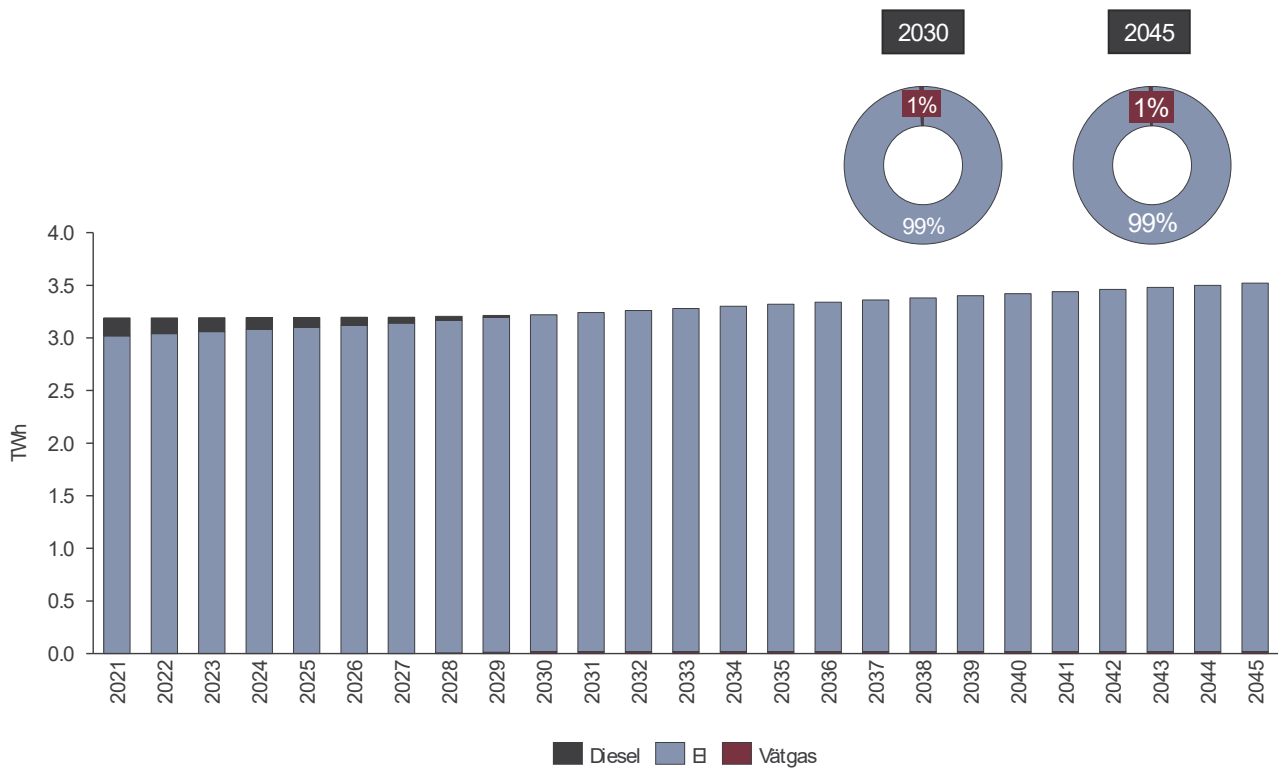
elanvändningen ytterligare i scenariot "Hög". Dieselanvändningen antas fasas ut i samtliga scenarier och ersättas med el och vätgas. I samtliga scenarier antas Kinnekullebanan och Inlandsbanan konverteras till vätgasdrift.

I scenariot *Låg elektrifiering* är elanvändningen konstant på motsvarande 3 TWh under scenarioperioden då ökade gods- och persontransportbehov antas tillgodoses med andra trafikslag. På spårbundna linjer antas byggas och inga nya stambanor antas byggas i södra Sverige.



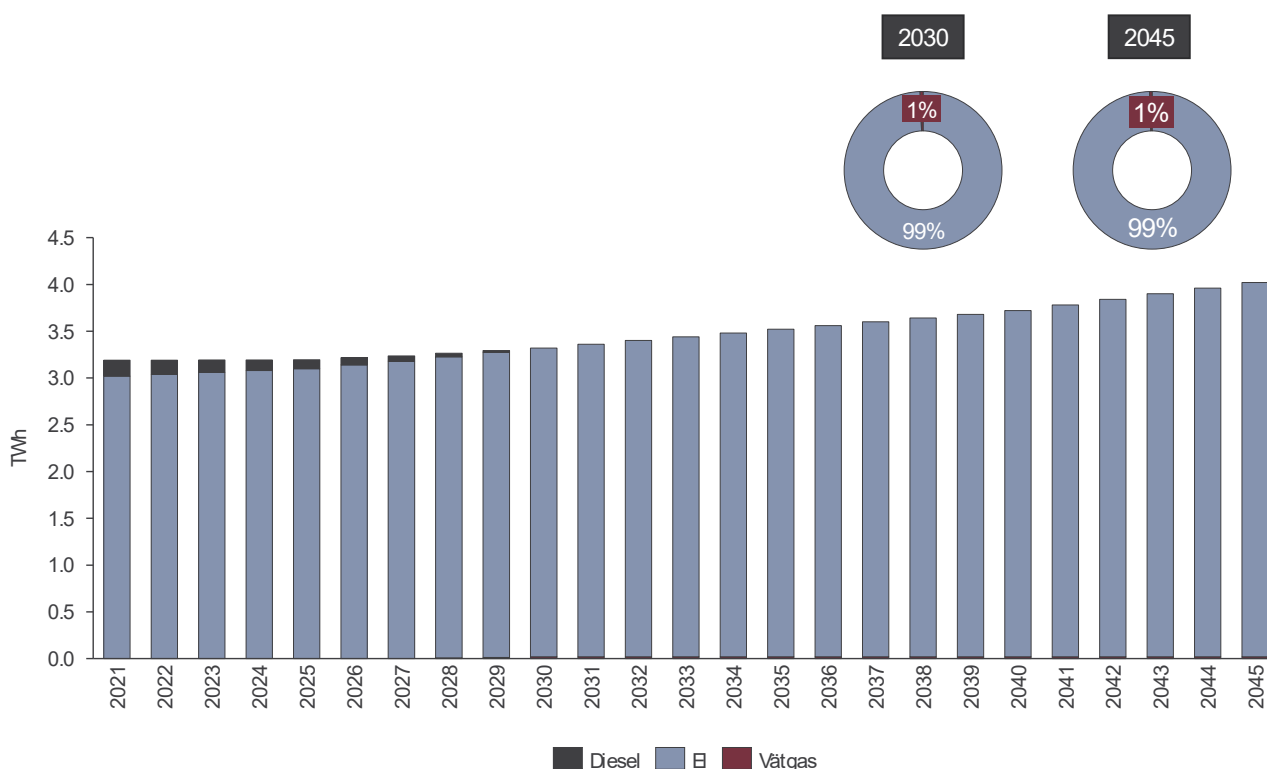
Figur 22: Bantrafik – Låg elektrifiering

I scenariot *Medel elektrifiering* ökar elanvändningen inom bantrafiken till följd av ökade gods- och persontransporter, men inga nya stambanor antas tillkomma i södra Sverige.



Figur 23: Bantrafik – Medel elektrifiering

I scenariot *Hög elektrifiering* antas utbyggnationen av nya stambanor tillsammans med nya tunnelbanelinjer och elektrifiering av järnvägsbanorna Värnamo-Jönköping samt Älmhult-Olofström leda till ökad elanvändning inom bantrafiken.



Figur 24: Bantrafik – Hög elektrifiering

3.5 Diskussion om scenarierna

I denna rapport har scenarier utvecklats med olika elektrifieringsgrad avseende batteri-elfordon som grund. Naturligtvis finns det ett stort antal andra faktorer som kan komma att påverka framtida sammansättning för de olika transportslagen. Andra viktiga parametrar som kan justeras vid vidare arbete skulle bland annat kunna vara trafikarbete, teknikutveckling, tillgång på biobränslen och beteendeförändringar. Nedan diskuteras ett urval av faktorer som bedöms kunna ha stor inverkan på framtida energianvändning inom transportsektorn:

- Trafikarbetet väntas öka under scenarioperioden. Detta baseras på att det historiskt sett varit så, samt att det i dagsläget inte finns några indikationer på att trafikarbetet väntas minska. Dock påverkas trafikarbete av en rad olika faktorer såsom politik, beteendeförändringar, teknikutveckling m.m.
- Teknikutveckling och tekniska framsteg inom områden såsom exempelvis automation och system för optimering av transporter har möjlighet att påverka efterfrågan på transporter. Sådana faktorer har möjlighet att ge olika utslag på trafikarbetet beroende på affärsmodeller. Om priset på transporter minskar är det rimligt att förvänta sig att transportarbetet ökar, trots eventuella effektiviseringar den nya tekniken bidragit till.
- Tillgången på energi och biodrivmedel är också faktorer som i stor grad påverkar framtida transportsценarion, både nationellt såväl som på EU- och internationell nivå. Den inhemska produktionen av HVO uppgår för närvarande till knappt 2 TWh, men utökad produktion om närmare 22 TWh är under utbyggnad eller planeras på sikt. I scenarierna är användningen av HVO som högst i scenario Låg elektrifiering med en total volym om cirka 18 TWh. Detta pekar således på att framtida inhemska produktionskapacitet har möjlighet att täcka denna efterfrågan.
- Framtida beteende och användningsmönster av transporter kan komma att påverka verkligt utfall av transportsektorns utveckling och innefattar faktorer såsom ökad e-handel, digitaliseringens optimeringsmöjligheter etc.
- Som nämnts i 3.2 har idag ännu inga reduktionsnivåer för luftfarten efter 2030 föreslagits och inga biodrivmedel är ännu certifierade för inblandningsnivåer högre än 50 procent, även om 100 procent förväntas godkännas

framåt. Ett potentiellt alternativ är att även elektrojet tillåts inom reduktionsplikten, något som ska undersökas i en kommande promemoria. Processvägen för elektrobränslen är dock ännu inte certifierad för flygfotogen och ingen certifieringsprocess är pågående. Hur elektrobränslen kommer att hanteras inom EU och inom den svenska reduktionsplikten återstår således att se.

- Den framtida bränslemixen inom sjöfarten kommer sannolikt utgöras av en mängd olika bränslen. Vilka bränslen som får högst genomslag är i dagsläget högst osäker, i synnerhet vad gäller olika typer av elektrobränslen och dess fördelning. Elektrifieringsgraden och andelen vätgas kan få olika genomslag på olika sträckor, där elektrifiering i dagsläget är mest lämpad för kortare sträckor och vätgas är en reell möjlighet för mellanlånga sträckor. LNG skulle kunna ersätta en del av eldningsolja i närtid, för att därefter ersättas med LBG. LNG ger en betydande utsläppsreduktion jämfört med tung eldningsolja, men är fortfarande ett fossil bränsle som behöver ersättas framåt för att nå klimatmålen och omställningen mot ett hållbart energisystem.
- Framtida utveckling av batteriers energidensitet och kostnad kan komma att möjliggöra en högre elektrifieringsgrad både inom sjöfart och luftfart, vilket således kan innebära att scenariot *Hög elektrifiering* för dessa två transportslag överträffas.

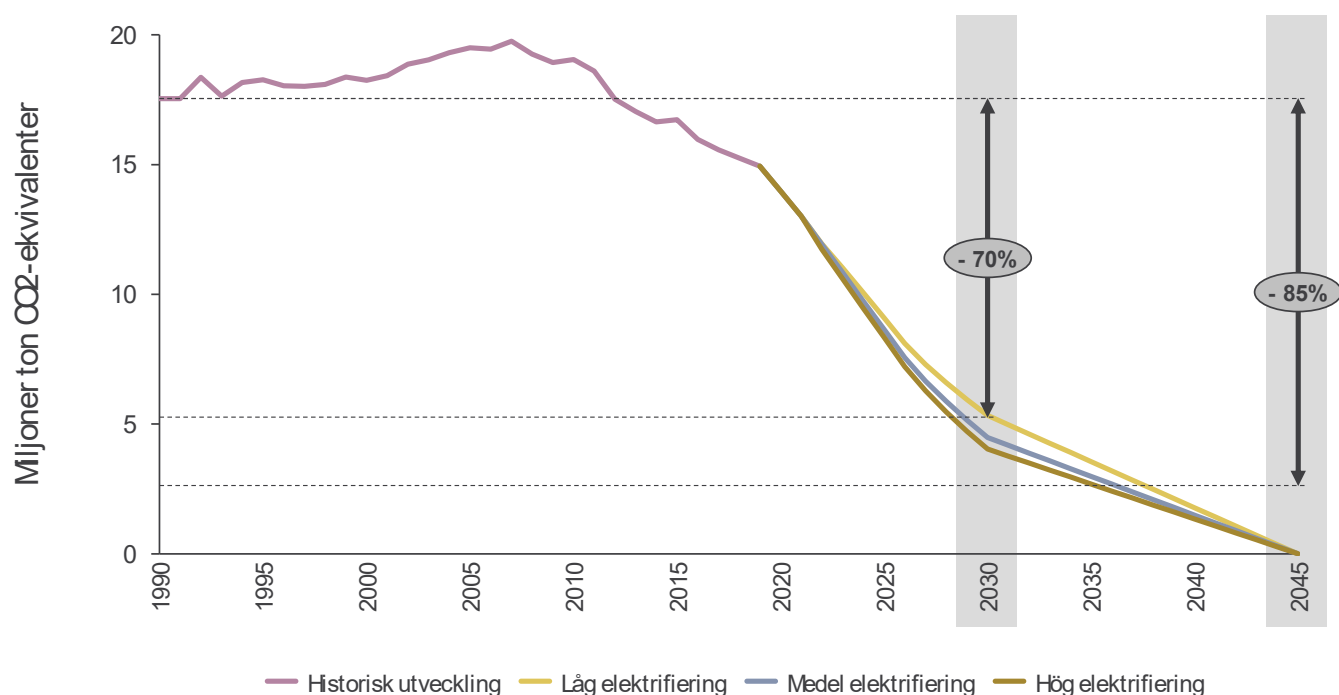
4 VÄXTHUSGASUTSLÄPP I VÄGTRAFIKEN

Sammantaget under scenarioperioden utgörs de lägsta utsläppen av Hög elektrifiering, följt av Medel elektrifiering och Låg elektrifiering. Samtliga scenarier når målnivån om 85 procent utsläppsreduktion till 2045. Scenarierna Hög elektrifiering och Medel elektrifiering når även målet om 70 procent utsläppsreduktion till 2030 jämfört med 1990 års nivå. Sammanlagt över perioden utgörs de lägsta utsläppen av Hög elektrifiering följt av Medel elektrifiering och Låg elektrifiering.

I syfte att jämföra scenariernas resulterande utsläpp av växthusgaser samt undersöka uppfyllelse av de nationella klimatmålen till 2030 och 2045 har utsläppen för respektive scenario beräknats per år under scenarioperioden, 2021–2045, för samtliga transportslag inom vägtrafiken. Utsläppen av växthusgaser har Naturvårdsverkets utsläppsberäkningsmetod för inrapportering till IPPC [33] där biodrivmedel och el klassas som nollutsläpp. Detta då dessa utsläpp istället hänförs till produktionssidan. Beräkningen tar således inte hänsyn till bränslenas utsläpp ur ett livscykelperspektiv.

Utsläppen för de olika scenarierna har därtill jämförts med ett referensscenario som representerar dagens fordonsflotta tillsammans med den prognostiserade körsträckan som används i samtliga scenarier.

Figur 25 presenterar de sammanslagna växthusgasutsläppen för vägtransporter i förhållande till målnivåerna för 2030 och 2045. Sammantaget under scenarioperioden utgörs de lägsta utsläppen av Hög elektrifiering, följt av Medel elektrifiering och Låg elektrifiering. Samtliga scenarier når målnivån om 85 procent utsläppsreduktion till 2045. Scenarierna Hög elektrifiering och Medel elektrifiering når även målet om 70 procent utsläppsreduktion till 2030 jämfört med 1990 års nivå. Utsläppsreduktionen från scenariot Låg elektrifiering uppgår till 69 procent till 2030 och det hamnar således strax under målnivån om 70 procent. Notera att minskningstakten i koldioxid mellan de olika scenarierna inte bara beror av elektrifieringstakten, utan även av en rad andra antaganden i scenarierna. Dessa i antaganden beskrivs mer ingående i kapitel 3.



Figur 25: Utsläppsreduktion för scenarierna Låg, Medel och Hög elektrifiering för samtliga vägtransporter (personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar och bussar)

I ett senare kapitel, 6, diskuteras sannolikheten för huruvida dagens styrmedel och pågående åtgärder kommer att uppnå den måluppfyllelse som illustreras i de tre scenarierna framtagna för denna rapport.

5 INFRASTRUKTURBEHOV & KOSTNADER

Infrastrukturen för flytande fossila drivmedel (bensin, diesel, flygfotogen/bensin och eldningsolja) är väl utbyggd. Det redan existerande systemet kan med vissa mindre anpassningar på ett kostnads- och resurseffektivt vis nyttjas för att inkludera större volymer **flytande biodrivmedel** i ett framtida transportsystem. Distributionsnätverket bedöms inte i något scenario behöva byggas ut, men den befintliga infrastrukturen kommer att behöva ersättningsinvesteringar och underhållsinvesteringar så länge det används, och dessa inkluderas i studien.

Flytande biogas bedöms i huvudsak användas inom sjöfarten och av tunga lastbilar, och för sjöfarten antas den totala användningen fördubblas i alla scenarier under den undersökta perioden. Befintlig naturgasinfrastruktur kan användas för biogas, men behöver byggas ut, i synnerhet för sjöfarten. Den **komprimerade fordonsgasen** används företrädesvis av vägtrafiken. På totalen bedöms gasen öka i alla scenarier utom *Hög elektrifiering*, där användningen först ökar för att sedan återgå till nuvarande nivåer till 2045. De tunga lastbilarna tar i alla scenarier över som majoritetsanvändare, vilket innebär att även om den totala komprimerade gasmängden ökar så minskar den totala mängden fordon – antalet tankstationer antas konstanta i kostnadsmodellen.

I alla tre scenarier, för alla trafikslag, ökar **vätgasanvändningen** markant. Storskalig användning av vätgas är en förutsättning för lönsamhet, och uppbyggnaden av ett vätgastankstationsnät kräver en initial investering. I alla kostnadsberäkningar har därför utbyggnaden påbörjats delvis innan vätgasen bedöms börja användas inom transportsektorn i stor skala. Den totala utbyggnaden bedöms uppgå till 100 stationer för vägtrafik till 2030, vilket innebär ett glesst nationellt täckande nät, och totalt 1 000 stationer 2045. Även övrig distributionsinfrastruktur behöver byggas ut och investeras i.

Elektrifieringen av transportsektorn kommer att öka behovet av ett välfungerande elsystem, både ur produktions- och kapacitetssynpunkt. Vilken storleksordning av utbyggnad som krävs för lokalnät, och eventuellt regionnät och stamnät, är i dagsläget inte möjlig att exakt bedöma, men det är troligt att det kommer att behövas. Exempelvis går elanvändningen i scenariot *Hög elektrifiering* från dagens 3,5 TWh inom hela transportsektorn till 18 TWh 2045.

- Generellt antas en kraftig utbyggnad av **stationär laddning**, både privat och publikt, för alla trafikslag.
- **Elvägen** antas i denna rapport byggas ut för tunga lastbilar i scenario *Hög elektrifiering* i kostnadsmodellen. Kostnadsberäkningarna är baserade på antagandet att 1 procent av vägnätet (cirka 985 km) byggs ut för elväg och därmed elektrifierar 18 procent av de tunga lastbilarna.

I rapporten definieras kostnadseffektivitet som ett scenarios förmåga att nå uppsatta mål relativt användningen av ekonomiska resurser för att nå dessa mål. Sammantaget visar kostnadsscenarierna att **den totala kostnadseffektiviteten i distributionsledet är relativt högre för scenario *Låg elektrifiering*, där en större del av omställningen består av att utnyttja befintlig infrastruktur för distribution, än för *Medel och Hög elektrifiering*** - för alla trafikslag. Som diskuterat i kapitel 4 bedöms alla framtagna scenarier nå de uppsatta klimatmålen, men i lite olika takt.

För att lyckas skapa långsiktiga lösningar med goda transportförutsättningar inom samhället kommer både biodrivmedel och elektrifiering att behövas. Det finns dock vägval i omställningen till hållbara transporter, där olika kombinationer och prioriteringar kan göras mellan övergripande drivmedelalternativ:

4. Ökad elektrifiering
5. Större andel biogas och/eller vätgas
6. Ökade nivåer av flytande förnybara drivmedel

Enligt genomförd analys är det mest kostnadseffektiva alternativet att utöka förnybara flytande drivmedel, medelalternativet att komplettera med mer gas och det minst kostnadseffektiva ren elektrifiering. Det är mest kostnadseffektivt i distributionsledet att utgå från befintlig infrastruktur och flytande drivmedel – både totalt, per fordonskilometer och per koldioxidekvivalent.

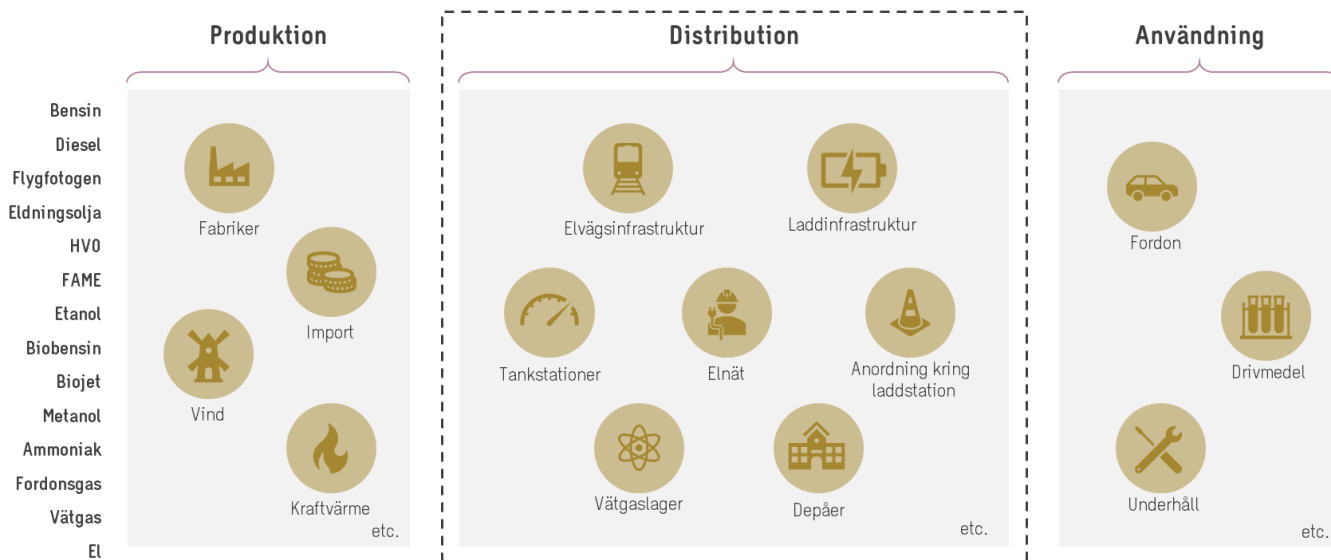
Personbilar står för den största relativa totalkostnaden bland trafikslagen, i huvudsak på grund av mängden stationära laddare som behövs. Detta även då nätkostnaden med stor sannolikhet underdrivs.

Det är viktigt att komma ihåg att resultatet i denna rapport endast visar kostnader för *distributionsledet*, och att denna andel av totalkostnaden skiljer sig rätt markant mellan drivmedelsslagen.

I detta kapitel analyseras infrastrukturbehovet för *distribution* av drivmedel. Kapitlet undersöker frågor såsom: "Vilka förutsättningar finns för effektivt utnyttjande av den befintliga infrastrukturen med hänsyn tagen till alternativ till fossila bränslen?", och "Vilka satsningar på ny infrastruktur kan behövs med hänsyn till transportbehovet?". För att lyckas ställa om till hållbara transporter bedöms en palett av lämpliga lösningar behövas. Diversifierade teknikval, hållbara och klimatteffektiva drivmedel och effektiva distributionsvägar kommer att spela betydande roller.

De kortsiktiga och långsiktiga kostnadsatsningarna som krävs gällande effektivt utnyttjande av infrastruktur kommer att diskuteras, och skillnader vad gäller infrastrukturbehov kopplat till privata transporter, kollektivtrafik och godstransporter kommer att belysas. Infrastruktur och drivmedel som krävs till andra typer av transporter förutom vägtransporter (sjöfart, flyg) inkluderas i analysen. Stora investeringar och samordningar inom branschen har lett till hög närvaro av tankstationer och effektivt depåsamarbete över hela landet. Fokus här ligger således också på dessa två aspekter – närvaro och effektivitet av den befintliga infrastrukturen – då dessa bedöms ge en unik möjlighet att effektivt koppla potentialen för inhemsk biodrivmedelsproduktion till efterfrågan runt om i Sverige.

Infrastrukturkostnader för sjöfart och luftfart redovisas ej i denna rapport. Notera dock att de övergripande slutsatserna avseende kostnader följer samma mönster oavsett transportslag då infrastrukturen per drivmedel är liknande oavsett slutanvändare.



Figur 26: Avgränsning infrastruktur för distribution av drivmedel

5.1 Befintlig infrastruktur för distribution av drivmedel

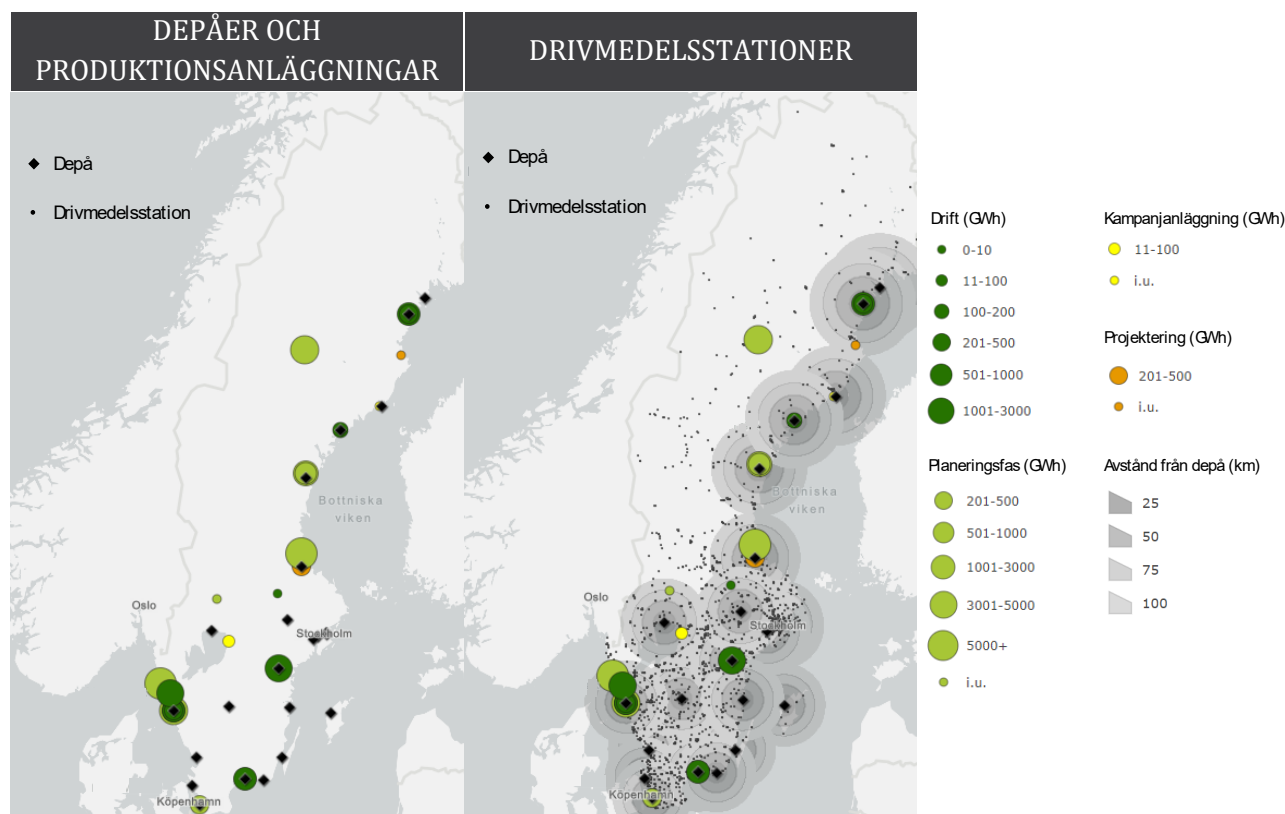
5.1.1 Fossila drivmedel

Infrastrukturen för distribution av flytande fossila drivmedel avgränsas i denna rapport till central lagerhållning och depåer, distribution till drivmedelsstationer samt själva tankanläggningen eller bunkringsutrustningen.

Infrastrukturen för flytande fossila drivmedel (bensin, diesel, flygfotogen/bensin och eldningsolja) är väl utbyggd. Det finns ett nätverk av 3 200 drivmedelsstationer – 2 700 som delas mellan tung och lätt trafik, och cirka 500 truckdieselstationer. Dessa täcker vägtrafikens behov väl, både geografiskt och volymmässigt, tillsammans med kanske 800 svenska tankbilar¹¹. Det finns även cirka 25 bränsledepåer som försörjer både vägtrafiken och luftfarten med bränsle. På depåerna lagras bränslen i cisterner, och från depåerna hämtas drivmedlet med tankbilar.

Nedan redovisas en kartläggning av nuvarande bränsledepåer och drivmedelstationer för bensin, diesel, etanol och gas i Sverige. Analysen av depåernas och drivmedelstationernas geografiska utspridning visar på en väl utbyggd infrastruktur med hög densitet i nätverket av drivmedelsstationer. De korta avstånden ger möjlighet till kostnadseffektiv distribution och nätverket möjliggör effektiva distributionsvägar från depå till tankning av fordon.

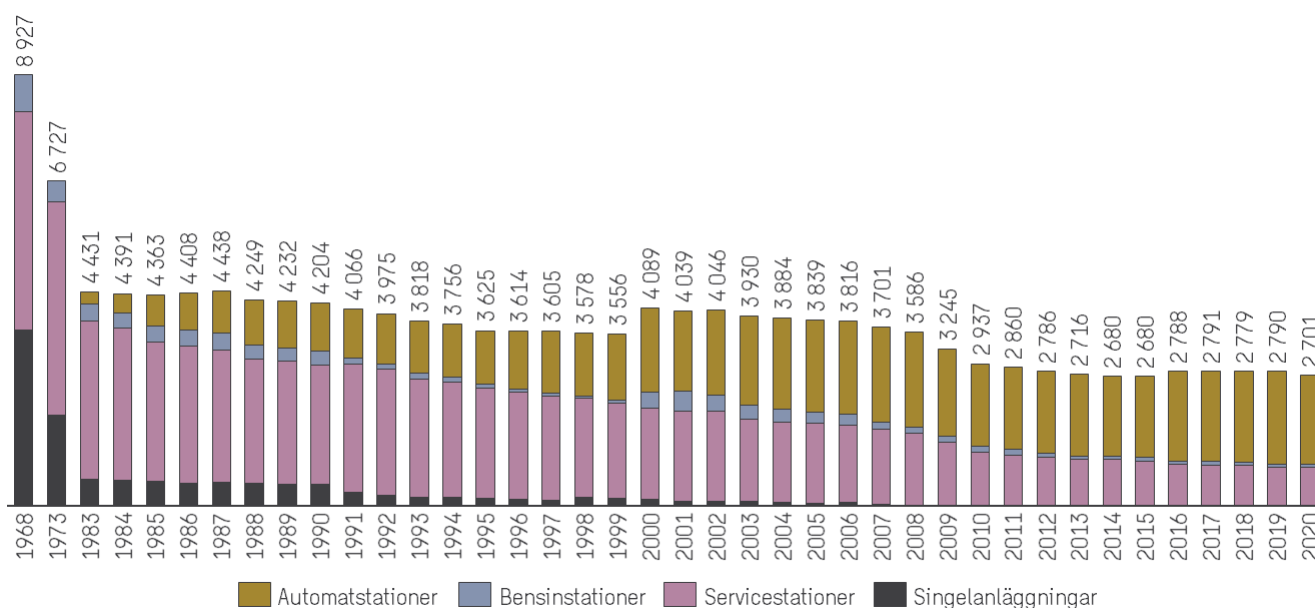
Detta redan existerande system kan med vissa mindre anpassningar således på ett kostnads- och resurseffektivt vis nyttjas för att inkludera större volymer biodrivmedel i ett framtida transportsystem.



Figur 27: Depåer, drivmedelsstationer för bensin, diesel, etanol och gas samt produktionsanläggningar för biodrivmedel i Sverige. Biogasproduktionsenheter visas ej i grafen. Produktionsanläggningarnas storlek visas i GWh. Befintliga produktionsanläggningar visas i mörkgrönt, och produktionsanläggningar under planeringsfas visas i ljusgrönt. Orange och gult visar produktionsanläggningar i projekteringsfas respektive kampanjanläggningar.

¹¹ Det finns ingen officiell statistik på antalet tankbilar i Sverige, men en siffra som ofta upprepas är 800. Det är möjligt att denna siffra nu är lägre.

Antalet drivmedelsstationer har minskat stadigt sen år 2000, se Figur 28, minskningen bedöms fortsätta med minskade volymer, även om trafikflödena kräver en viss geografisk täckning.



Figur 28: Antal drivmedelsstationer i Sverige [34], exklusive truckdiesel

Hamnen är den centrala punkten för sjöfartens drivmedelsdistribution. Det finns idag cirka 50 hamnar i Sverige, där de största återfinns i Göteborg, Helsingborg och Stockholm [30]. Flytande drivmedel till sjöfarten levereras i huvudsak med bunkerfartyg, med tankbil eller direkt från bränslelager i land. Bunkerfartygsleveranser står för majoriteten av den levererade bränslevolymer i Sverige, i synnerhet på västkusten. Vid mindre volymer sker bunkringen med tankbil från kaj.

Utöver ovan nämnda traditionella fartygsbränslen finns LNG och metanol som alternativ, vilka i huvudsak framställs ur naturgas och därmed är fossila. Båda drivmedlen har en begränsad användning, och också en begränsat utbyggd infrastruktur. Transportstyrelsens nationella riktlinjer för bunkring av flytande metan kom 2018, och 2019 kunde LNG bunkras i 18 hamnar, via speciella bunkringsfartyg eller lastbilar. Metanolen har ännu mer begränsad användning, i huvudsak inom pilotprojekt. Den metanol som distribueras levereras med tankbil. Åtminstone hälften av orderstocken för nya skepp är förberedda för att gå på alternativa drivmedel, i huvudsak LNG/LBG¹²

För luftfarten levereras det fossila flygbränslet via i hamnar i Gävle och Göteborg, för att sedan till Arlanda skeppas via tåg och pipeline¹³. Till övriga 37 svenska flygplatser används distribution via tankbil, men de flesta inrikes flyg passerar någon gång Arlanda, Bromma och/eller Landvetter.

5.1.2 Flytande biodrivmedel

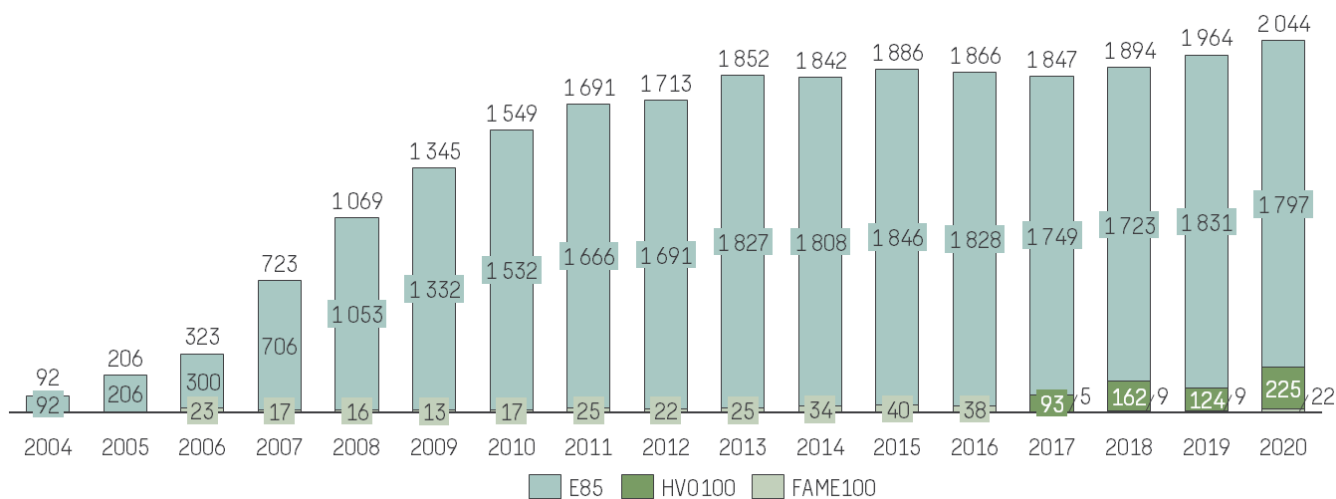
Infrastrukturen för distribution av flytande biodrivmedel avgränsas i denna rapport till central lagerhållning och depåer, distribution till drivmedelsstationer samt själva tankanläggningen eller bunkringsutrustningen.

Omställning från distribution av flytande fossila bränslen till flytande biodrivmedel (HVO, FAME, etanol, biobensin, biojet, syntetisk eller biogen metanol, syntetisk ammoniak) kräver olika infrastrukturutbyggnad. Den befintliga infrastrukturen för fossila bränslen används med relativt små, eller inga, justeringar av biodrivmedel som liknar bensin, diesel och flygfotogeten – dvs. HVO, FAME, etanol, biobensin och biojet. HVO och FAME säljs i huvudsak som inblandning i fossila drivmedel.

¹² Sweship, personlig kontakt

¹³ SAS, personlig kontakt

Flytande förnybara drivmedel tillhandahålls på cirka 2 000 försäljningsställen, se Figur 29. 2005 kom den så kallade Pumplagen, vilken krävde att alla drivmedelsstationer i Sverige med en försäljningsvolym på mer än 1 000 m³ årligen måste erbjuda ett förnybart alternativ, och 2019 reviderades gränsvärdet till 1 500 m³.



Figur 29: Försäljningsställen i landet som har minst en pump för ett förnybart drivmedel vid början av respektive år [24]

För sjöfarten är även förnybart framställd metanol och ammoniak relevanta drivmedel, antingen biogena eller producerade som elektrobränslen. Förnybar metanol kan använda samma infrastruktur som fossil. Ammoniak används inte kommersiellt inom sjöfarten ännu, men behöver egen distributionsinfrastruktur.

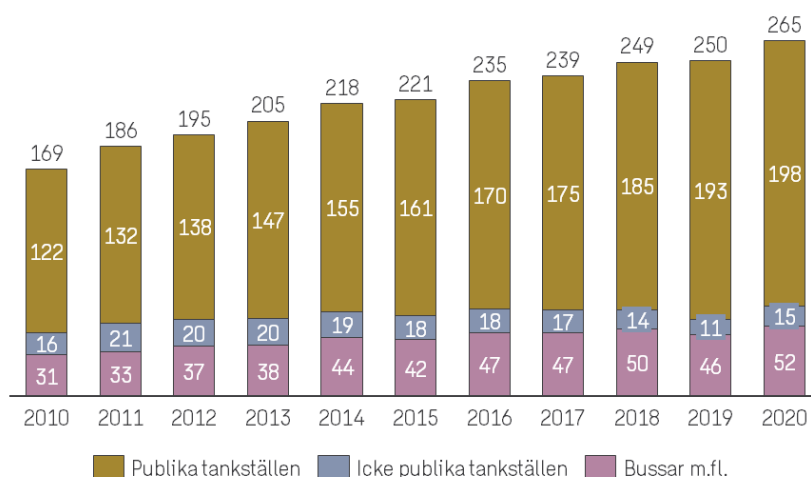
Luftfarten har ännu inte börjat gå ifrån fossil flygfotogen till förnybara drivmedel, såsom biojet eller elektrojet. Ett antal testprojekt pågår, exempelvis av Försvarets materielverk (FMV) i Gripen-motorer, men varken biojet eller elektrojet finns idag i kommersiell omfattning.

5.1.3 Fordonsgas

Infrastrukturen för distribution av fordonsgas avgränsas i denna rapport till distribution till drivmedelsstationer samt själva tankanläggningen eller bunkringsutrustningen.

Fordonsgas distribueras i komprimerad gasform (CBG/CNG) eller i flytande form (LBG/LNG). Oavsett om metanen består av förnybar biogas (B) eller naturgas (N) kan samma infrastruktur för distribution användas, och gaserna blandas ofta. CBG/CNG distribueras genom så kallad flakning via tankbil eller via gasnät, medan LNG/LBG transporteras via kryotank på tankbil.

Det finns totalt 198 publika tankstationer för CBG/CNG i Sverige, 15 icke-publika samt 52 bussdepåer [35]. Antalet drivmedelsstationer som tillhandahåller LBG/LNG ökar snabbt, och idag finns 26, koncentrerade i huvudsak till södra Sverige [36].



Figur 30: Antal tankställen med fordonsgas 2010–2020 [25]

5.1.4 Vätgas

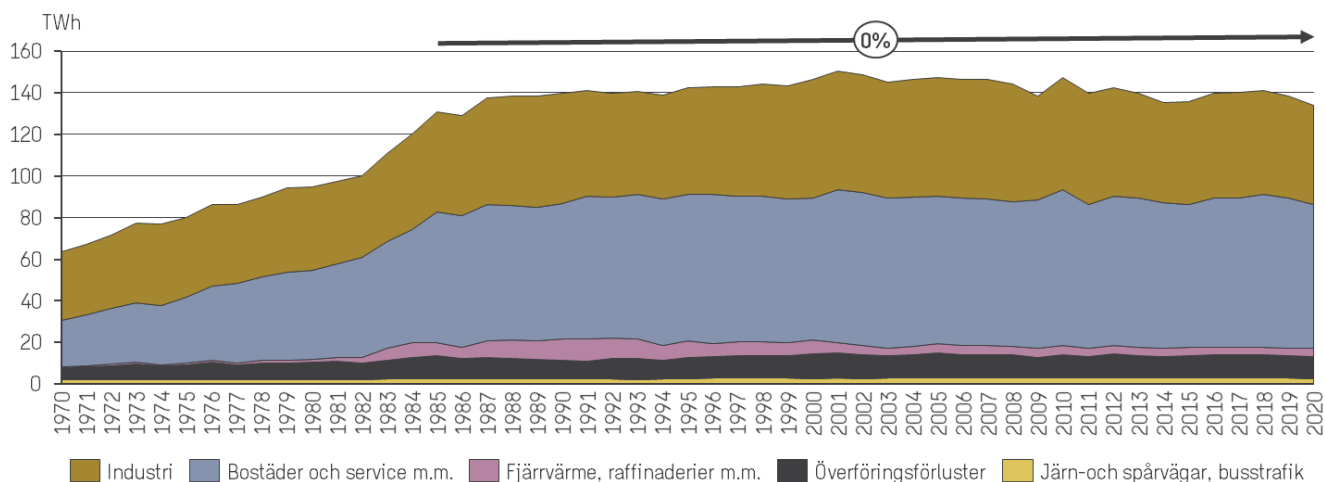
Infrastrukturen för distribution av vätgas avgränsas i denna rapport till centrala vätgaslager, distribution till drivmedelsstationer samt själva tankanläggningen eller bunkringsutrustningen. Vätgasproduktionen inkluderas inte, och därför inte heller infrastruktur för tänkt elbehov.

Vätgas distribueras till tankstationer via gasnät, lastbil, tåg eller båt till stationen, om den inte produceras lokalt. Vätgas kan, liksom fordonsgas, distribueras både i flytande form och i gasform. Gasens huvudsakliga utmaning är dess stora volym i förhållande till energiinnehåll, och dess lilla molekyl, som relativt lätt kan läcka. Det finns fyra tankstationer för vätgas i Sverige, och för närvarande planeras flera tiotal stationer att byggas av olika leverantörer i Sverige. I länder såsom Tyskland är nu ett 100-tal stationer nu är på plats [37]. Huvudkomponenterna i en vätgastankstation är vätgaslager, kompressorer och dispensrar.

5.1.5 El

Infrastrukturen för distribution av el inom transportsektorn avgränsas till: elnät, laddinfrastruktur inklusive anordning kring laddstationer, samt elvägsinfrastruktur [38].

Sverige har på årsbasis ett elöverskott, men allt oftare förekommande effektbrist och kapacitetsbrist [39]. Det totala elbehovet har legat omkring totalt 140 TWh årligen under en lång period, se Figur 31, effekten under topplasttimmen¹⁴ har inte heller ökat nämnvärt de 20 senaste åren. Den svenska elproduktionen blir alltmer väderberoende i takt med en större andel tillförd energi från förnybar elproduktion i form av vind och solkraft. Utöver denna intermittenta energiproduktion har även den begränsade transmissionskapaciteten i relation till ökad elanvändning inom storstadsregioner och viss industri medfört effekt- och kapacitetsbrist. Importen av el har ökat, dock ej på totalen, och Svenska Kraftnätets senaste kraftbalansrapport visar att Sverige uppskattas ha ett effektunderskott på 1 000 MW för normalvintern. Många nationella och regionala projekt är planerade för att hantera dessa utmaningar.



Figur 31: Elanvändning i Sverige 1970–2020

5.1.5.1 Laddinfrastruktur

I huvudsak vägtrafik elektrifieras i stor skala till 2045, men även luftfarten och sjöfarten har potential, se bland annat 3.3 och 3.4. Laddinfrastrukturen för stationär laddning (batterier) kräver laddare utplacerade på ett sådant sätt att de ger god tillgång till energi över dygnet och geografiskt. Olika transportslag och transportsituationer har olika laddeffektbehov, där personbilar som laddas hemma under lång tid kräver lägre laddeffekter, medan luftfarten bedöms behöva 1,5 MW för ett passagerarplan för 20 passagerare, skolplan kan behöva effekter på kanske 500 kW, som

¹⁴ Vinterns topplastimme är den timme under året med högst elförbrukning.

diskuterat i Swecos rapport för Svenskt Näringsliv [24]. Laddinfrastrukturen brukar tematiskt delas upp i privat laddning, där privatpersoner eller företag själva eller tillsammans äger laddare, respektive publik laddning, öppen för alla inkluderande snabba laddare med högre effekter längs exempelvis de större vägarna¹⁵.

Det finns även många olika fabrikat och effekternivåer av laddare, och för att förtydliga läsning och kostnadsmodeller kommer nedan tematiska laddtyper att användas i rapporten. Utvecklingen av tekniken för laddare går snabbt, och därmed också förändringar av kostnader. I scenariemodellen för kostnader har vanliga kostnader och teknik använts. Effekttökning och kostnadsminskning (per kW) är redan på gång framåt, men även helt ny teknik. Detta är en osäkerhetsfaktor i modellen.

Tabell 1: Laddtyper och laddeffekter

Datapunkt	Laddeffekt	Antal 2020	Källa	Trafikslag
Vägtrafik				
Privata laddare				
Hemmaladdare	3,7 kW ¹⁶	178 022 ¹⁷	[40]	Personbilar
Privata laddare	3,7 kW	948 ¹⁸	[40]	Lätta lastbilar
Depå/terminalladdning	150 kW ¹⁹	29 ²⁰	[40]	Tunga lastbilar
Depå/terminalladdning	150 kW	472 ²¹	[40]	Bussar
Destinationsladdare				
Destinationsladdare	3,7 - 22 kW	10 499 ²²	[41]	Personbilar och lätta lastbilar
Semi-publik laddning ²³	350 kW	-	-	Tunga lastbilar och bussar
Snabbladdare				
Snabbladdare	43 kW och uppåt ²⁴	1 589	[41]	Personbilar och lätta lastbilar
Snabbladdare	600 kW ²⁵	50	[42]	Tunga lastbilar och bussar
Sjöfart				
Lokal elfärja	500–600 kW	-	[43]	E/S Movitz, laddning av batteri
”Hotelldrift” Hurtigruten	0,8–1,2 MW ²⁶	-	[44]	2,3 MW max. Till plug-in hybrid
Små till stora kryssningsfartyg	1–10 MW	-	[45]	Snitt, ej peak. Infrastruktur för el för hamnvistelser och laddning
Luftfart				
Större elflyg (19 personer)	1,5 MW	-	Sweco	Luftfart

¹⁵ Ordet semi-publik används i andra sammanhang, Sweco har valt att begränsa till privat respektive publik laddning för att öka tydligheten

¹⁶ Framtida standard 11 kW.

¹⁷ Antagande, antal laddbara fordon 2020

¹⁸ Antagande, antal laddbara fordon 2020

¹⁹ Mellan 50–150 kW

²⁰ Antagande, antal laddbara fordon 2020

²¹ Antagande, antal laddbara fordon 2020

²² Det finns även en del privata destinationsladdare, exempelvis vid arbetsplatser, men de kan antas försumbara

²³ I modellen slås dessa ihop med depå/terminalladdning

²⁴ Laddare över 75 kW kan kallas supersnabba laddare

²⁵ Framtida standard möjligen 1 MW, idag finns även lägre än 600 kW

²⁶ Fartygen behöver mellan 0,8–1,2 MW för hotellverksamhet, medan överskottsenergin kan användas för att ladda batterierna..

Elen inom sjöfarten används till två syften; dels för framdrift, dels för att driva processer och maskiner ombord. Ungefär 50 procent av det totala drivmedelsbehovet för ett skepp går till framdrift²⁷. Att möjliggöra för sjöfarten att sömlöst koppla in sig till landel, utan att för den skull ladda batterier, är alltså också en möjlighet för elektrifiering av sjöfarten. Gällande framdrift är endast ett fåtal svenska färjelinjer helt elektrifierade [24]. Enligt Maritime Battery Forum 2020 fanns cirka 240 skepp i världen som delvis drivs med batterier ombord, så kallade batterihybrider [46].

Luftfarten är i dagsläget inte elektrifierad i någon högre utsträckning. Heart Aerospace menar att de 2025 kommer att ha ett godkänt elflygplan för 19 passagerare och en räckvidd på 400 kilometer.

5.1.5.2 Elvägsinfrastruktur

Elvägen är en annan metod för elektrifiering av transporter, som kan användas som ersättning eller komplement till stationär laddning. Elvägen, med sin kontinuerliga laddning från väg eller luftledning, bedöms kunna spela en nyckelroll för elektrifiering av tunga transporter. Trafikverket konstaterar att fjärrtrafik för godstransporter på väg är de fordon har störst nytta av elvägskonceptet, med sitt kontinuerliga och stora energibehov [47]. Elvägstekniken är idag under utveckling och det finns ingen allena rådande teknisk lösning utan flera olika; konduktiv via skenor på eller nedfrästa i vägbanan, konduktiv via luftledning, som bygger på samma princip som elvägen, och induktiv via spolar, med induktiva matningsenheter i vägbanan, under asfalten.

Idag finns ett antal testprojekt för elvägar, exempelvis SmartRoad Gotland där induktiv laddningsteknik testas [48] och Elonroads demonstrationsprojekt för konduktiv laddning i Lund [49]. Trafikverket diskuterar att bygga en eller ett par kortare pilotsträckor.

²⁷ Sweship, personlig kontakt

5.2 Vilken infrastruktur för distribution av drivmedel kommer att behöva byggas ut eller förnyas?

I detta kapitel analyseras infrastrukturbehovet för *distribution* av drivmedel, utifrån presenterade drivmedelsscenarier. En översikt över var satsningar på ny infrastruktur bedöms behövas ses i Tabell 2.

Tabell 2: Infrastruktur för distribution av drivmedel som kommer att behöva byggas ut eller förnyas

	Personbilar	Lätta lastbilar	Tunga lastbilar	Bussar	Sjöfart	Luftfart	Bantrafik
Flytande fossila drivmedel							
Bensin	○	○	-	-	-	-	-
Diesel	○	○	○	○	○	-	○
Flygfotogen/bensin	-	-	-	-	-	○	-
Eldningsolja	-	-	-	-	○	-	-
Flytande biodrivmedel							
HVO	○	○	○	○	○	-	-
FAME	○	○	○	○	○	-	-
Etanol	○	○	○	○	-	-	-
Biobensin	○	○	-	-	-	-	-
Biojet	-	-	-	-	-	○	-
Metanol ²⁸	-	-	-	-	●	-	-
Ammoniak ²⁹	-	-	-	-	●	-	-
Biogas/naturgas							
Komprimerad	○	○	○	○	-	-	-
Flytande	-	-	●	-	●	-	-
Vätgas							
Vätgas	●	●	●	●	●	●	●
El							
Stationär	●	●	●	●	●	●	-
Elväg	-	-	●	-	-	-	●

○ Ersättnings- och underhållsinvesteringar krävs under omställningen ● Nyinvesteringar eller konvertering krävs under omställningen

²⁸ Elektrobränsle och bio

²⁹ Elektrobränsle

Viktigt att notera är att infrastruktur- och kostnadsanalysen fokuserar på *distribution* av drivmedel, och att produktion och användning därmed har exkluderats. Totalbilden för ett scenarios kostnadseffektivitet kan skilja sig markant då hela kedjan analyseras. Vi fokuserar även endast på *investeringar* och *investeringskostnader* för *inrikes transporter* och *inrikes distribution*, och därmed är löpande kostnader samt internationella transporter exkluderade.

5.2.1 Fossila drivmedel

För att uppnå klimatmålen inom transportsektorn måste de fossila drivmedlen fasas ut. Det väl utbyggda distributionsnätverket för flytande fossila drivmedel, se 5.1.2, kan med vissa mindre anpassningar på ett kostnads- och resurseffektivt sätt nyttjas för att inkludera större volymer biodrivmedel i ett framtida transportsystem. Distributionsnätverkets bedöms inte i något scenario behöva byggas ut, men den befintliga infrastrukturen kommer dock att behöva ersättningsinvesteringar och underhållsinvesteringar så länge det används, och dessa inkluderas i studien.

5.2.2 Flytande biodrivmedel

Infrastrukturen för distribution av flytande avgränsas i denna rapport till central lagerhållning och depåer, distribution till drivmedelsstationer samt själva tankanläggningen eller bunkringsutrustningen.

En viktig flaskhals att ta hänsyn till vid omställningen är antalet flytande drivmedel som används och säljs parallellt. Konvertering av depåer eller tankstationer för att kunna distribuera flytande biodrivmedel är förhållandevis billigt, att köpa nya cisterner är dyrt. Många bolag använder sig därför av så kallade "fackade" cisterner, vilket innebär att samma cistern kan innehålla flera olika drivmedel. Möjligheten att i samma cistern kunna lagra olika drivmedel minskar risken att tvingas investera i nya cisterner under omställningen, om många drivmedel kommer att behöva erbjudas parallellt.

Dagens bränsledepåer bedöms täcka transportsektorns - vägtrafiken och luftfartens - framtida behov. För depåernas cisterner behövs investeringar i bland annat ommålning, anpassning till miljökrav, arbetsmiljökrav och säkerhetskrav, under tidsperioden. Scenarierna visar inget behov av konvertering till etanol eller FAME, då ökningen av dessa drivmedel i våra scenarion består av ökad volym låginblandning och/eller andel, men om så skulle vara fallet kan kringutrustning såsom pumpar, filter och behöva bytas.

Dagens 800 tankbilar antas minska under omställningen, den största minskningen ses i högelektrifieringsscenariot där elen antas ersätta flytande och gasformiga drivmedel i högre utsträckning, och vice versa i lågelektrifieringsscenariot. Fossila drivmedel distribueras även mellan depåer och tankstationer med pipelines och tåg, men volymerna är försumbara jämfört med tankbilarna, och undersöks därför inte närmre i denna studie. Då en lastbil har en livslängd i "första generationen" på 3-5 år kan fordonsflottan snabbt anpassas till ändrade förutsättningar³⁰.

För de 3 200 tankstationerna behövs investeringar i cisterner och pumpar kontinuerligt. Antalet stationer bedöms minska under omställningen, dock inte linjärt med drivmedelsvolymerna då den geografiska täckningen behöver säkerställas. Tankstationer i storstadsregionerna kommer antagligen att minskas mer än stationer i glesbygd.

Sjöfartens internationella natur medför att trafikslaget dels konkurrerar på en internationell marknad om drivmedel, dels med andra trafikslag på den nationella marknaden. I alla scenarier bedöms HVO öka, en ökning som inte kräver nyinvesteringar då det är helt utbytbart med fossil diesel. På samma sätt som för övriga trafikslag kommer dock den befintliga infrastrukturen att behöva ersättningsinvesteringar och underhållsinvesteringar så länge det används.

Metanol i form av elektrobränsle eller bio-metanol antas i alla scenarier ta fart inom inrikes sjöfart efter 2030. Världens första metanoldrivna färja gjorde sin jungfrufärd för 6 år, men något större genomslag har drivmedlet inte ännu fått, och dagens metanol är ofta producerat från fossila källor såsom naturgas eller kol. En fördel med metanolen är att det

³⁰ En lastbils tekniska livslängd delas mellan flera ägare. Första kunden – i Sverige – kör i 3-5 år. Andra kunden – i andra delar av EU, eller möjligtvis utanför – kör i kanske i 5 år, tredje kunden i 5 år. För varje generations ägare tenderar årlig körsträcka minska. Anledningarna till kedjan är ofta kopplat till miljöprestanda, där en gammal lastbil i Sverige blir väldigt dyr om den har en föråldrad emissionsklassning.

redan finns en utbyggd infrastruktur för metanol, som används i andra syften men är en av världens mest transporterade kemikalier, och oavsett produktionsmetod används samma infrastruktur för metanolen.

Ammoniak är, som synes i Tabell 3 nedan, dyrare än metanol gällande infrastruktur – åtminstone om man gör avgränsningen i enlighet med nedan – *inkluderat förflyttning av bränsle från produktionsanläggning med kort avstånd, exempelvis inom samma industrikluster nära en hamn, lagring och tankinfrastruktur i hamnen*. Detta återspeglas i de tre scenarierna, där drivmedelsandelen ökar, men markant mindre än metanol. Ammoniak bedöms dock markant billigare per MW_{bränsle} än både LBG/LNG och flytande vätgas. Lighthouse [50] poängterar att ammoniak som drivmedel inom sjöfarten är i sin linda, och att det bara finns ett begränsat antal motortester, vilket tolkas som att kostnadsbilden är osäker. [56] poängterar att ammoniak som drivmedel inom sjöfarten är i sin linda, och att det bara finns ett begränsat antal motortester, vilket tolkas som att kostnadsbilden är osäker.

Tabell 3: Kostnader infrastruktur³¹ för sjöfarten

Datapunkt	Kostnad	Enhet	Källa
Diesel infrastruktur	0,1	M€/MW _{bränsle}	[51]
Metanol infrastruktur	0,2	M€/MW _{bränsle}	[52]
Ammoniak infrastruktur	0,4	M€/MW _{bränsle}	[52]
LBG/LNG infrastruktur	1,6	M€/MW _{bränsle}	[52]
Vätgas (flytande) infrastruktur	2,3	M€/MW _{bränsle}	[52]

Luftfarten antas i alla scenarier i huvudsak nå klimatmålen genom att ställa om till biojet, eller elektrojet, som drivmedel. Det tidigare nämnda projektet i Östersund [53] har analyserat infrastrukturbehov för elektrojet relativt konventionellt jetbränsle, och analysen pekar ut behovet av inblandning av elektrojeten i jetbränslet som den enda skillnaden i den utgående logistiken från produktionsplatsen till flygplatsen. Samma steg pekas ut som nytt distributionsinfrastrukturbehov för biojet³². För den generellt ökade inblandningen, drop-in, kommer antagligen en ny blandningsanläggning behöva byggas - gärna vid Gävle enligt samtal med SAS. Inblandningen skulle då kunna ske så nära Arlanda som möjligt, och traditionellt kommer det fossila drivmedlet söderifrån och biomaterialet norrifrån. Allt flygbränsle måste vara certifierat i alla distributionsled enligt internationell standard, vilket ställer höga krav på både drivmedlet och distributionskedjan.

5.2.3 Fordonsgas

Infrastrukturen för distribution av fordonsgas avgränsas i denna rapport till distribution till drivmedelsstationer samt själva tankanläggningen eller bunkringsutrustningen.

I den nationella biogasstrategin från 2018 pekar Energigas Sverige ut framtida mål för biogasen som relaterar till distribution: enbart biogas i nätet, en ökande efterfrågan och tillgång på flytande biogas, och en fortsatt utbyggnad av tankstationsnätet [54]. Biogasandelen i näten har sedan dess ökat, och bedöms fortsätta, och flytande biogas kan nu tankas på 23 tankstationer, jämfört med 6 år 2018.

Flytande biogas bedöms i huvudsak användas inom sjöfarten och av tunga lastbilar. Majoriteten (70–80 procent) av tunga lastbilar som drivs med gas bedöms fortsätta tankas med komprimerad fordonsgas³³, men distributionen för LNG/LBG behöver säkerställas genom fler tankstationer och tankbilar. Energigas Sverige nämner även tåg som en framtida möjlighet för distribution av flytande fordonsgas.

För sjöfarten bedöms den totala användningen av LNG/LBG fördubblas under den undersökta perioden i alla scenarier. Befintlig infrastruktur kan användas för både LNG och LBG, men behöver byggas ut. LNG har även potential att i närtid

³¹ Förflyttning av bränsle från produktionsanläggning med kort avstånd, tex inom samma industrikluster nära en hamn. Lagring och tankinfrastruktur i hamnen.

³² SAS, personlig kontakt

³³ Biofor, personlig kontakt

ersätta en del av eldningsoljan, för att sedan kunna ersättas med LBG, vilket i sin tur är ett effektivt utnyttjande i flera steg av samma infrastruktur.

Den komprimerade fordonsgasen används företrädesvis av vägtrafiken. På totalen bedöms användningen öka i alla scenarier utom *Hög elektrifiering*, där användningen först ökar för att sedan återgå till nuvarande användning till 2045. I alla scenarier förflyttas fordonsgasanvändningen från personbilar och bussar till lätta och tunga lastbilar, dock i olika takt.

Distributionen till tankstationer sker med både gasnät och tankbilar via lastväxlingsflak. Oavsett vilket transportslag som ska använda gasen fraktas det med samma metod, så antalet flak kan komma att behöva utökas. Detta görs inte i modellen, utan flaken antas ha mån för att i snitt fyllas ytterligare. Inget nytt gasnät bedöms byggas med ökad användning inom transportsektorn som enda anledning.

Vid de publika tankstationerna tankar personbilar samt lätta och tunga lastbilar. I praktiken tankar inte tunga och lätta fordon på samma tankstationer, då man har olika behov och krav. Samma utrustning inklusive munstycken kan dock användas av alla vägtrafikslag – vilket i sin tur skulle kunna möjliggöra en effektiv övergång mellan transportslag. De tunga lastbilarna tar i alla scenarier över som majoritetsanvändare, vilket innebär att även om den totala komprimerade gasmängden ökar så minskar den totala mängden fordon – antalet tankstationer antas dock vara konstanta i modellen.

Busstoparna tankningsutrustning för fordonsgas – kompressorer, dispensers och munstycken - antas minska i takt med minskningen av trafikslagets användning av fordonsgas, men bedöms behöva ersättnings- och underhållsinvesteringar kontinuerligt under perioden. I rapporten har samma antal busstopar med biogas per buss som idag antagits i infrastrukturmodelleringen [40].

5.2.4 Vätgas

Infrastrukturen för distribution av vätgas avgränsas i denna rapport till centrala vätgaslager, distribution till drivmedelsstationer samt själva tankanläggningen eller bunkringsutrustningen.

I alla tre scenarier, för alla trafikslag, ökar vätgasanvändningen markant. Storskalig användning av vätgas är en förutsättning för lönsamhet, och uppbyggnaden av ett vätgastankstationsnät kräver en initial investering. I alla kostnadsberäkningen har därför utbyggnaden påbörjats delvis innan vätgasen bedöms börja användas inom transportsektorn på stor skala. Den totala utbyggnaden bedöms uppgå till 100 stationer för vägtrafik till 2030, vilket innebär ett glest nationellt täckande nät, och totalt 1 000 stationer 2045 [55]. Alla tankstationer har antagits ha kapaciteten 1 000 kg/dygn, vilket är ungefär den volym där stationerna når ekonomisk bärighet. EUs uppdaterade direktiv gällande att säkerställa utbyggd infrastruktur för förnybara drivmedel presenterar att det ska finnas vätgastankstationer var 15 mil.

Vätgas för användning inom transportsektorn kräver lagerhållning vid flera punkter i distributionskedjan; centralt, i eller vid vätgatankstationerna, samt i fordonen [56]. Beroende på när och hur vätgasen ska användas kan olika lagringstekniker fordras, och med stor sannolikhet är det inte en allenarådande teknik som kommer att användas för lagerhållning av all vätgas. Generellt kan sägas att lagring under jord är att föredra ur kostnadssynpunkt för centrala lager. I regioner med saltgrottor är dessa ett starkt alternativ. I Sverige, vars saltgrottor uteslutande befinner sig i havsbotten, bedöms Lined Rock Cavern (LRC)-tekniken, som använts för naturgaslagring, vara ett gångbart alternativ. I kostnadsberäkningarna har lagerhållningen av avgränsningsskäl placerats vid vätgastankstationen, och dimensionerats för att räckas till all vätgas i systemet.

Distributionsmässigt antas vätgasen distribueras med tankbilar, som för enkelhetens skull antagits vara av typen 900 kg komprimerad vätgas (300 bar) per tankbil. Gasen kan också transporteras i flytande form. Det finns även en diskussion om att bygga en vätgaspipeline. Pipelinen bedöms endast byggas på grund av andra, i huvudsak industriella, användningsområden för vätgasen, och därför har denna kostnad inte undersökts närmre. Ett fjärde alternativ är en så kallad distribuerad produktion, där energin distribueras med andra metoder till tankstationen, och omvandlas till vätgas i anslutning till tankstationen.

5.2.5 El

Infrastrukturen för distribution av el inom transportsektorn avgränsas till: elnät, laddinfrastruktur inklusive anordning kring laddstationer, samt elvägsinfrastruktur.

Som nämnt kommer elektrifieringen av transportsektorn ytterligare öka behovet av ett välfungerande elsystem, både ur produktions- och kapacitetssynpunkt. Elnätsägare kommer behöva se över elnätet, och identifiera om, hur och när det behöver förstärkas. En omfattande elektrifiering av transportsektorn medför att man ur nåtsynpunkt behöver ta hänsyn till användningsprofilen för fordonsladdning, där hemmaladdning i huvudsak sker på kvällen och natten, vilket sammanfaller med den generella elanvändningsprofilen i samhället.

Vilken storleksordning av utbyggnad som krävs för lokal, och eventuellt regionnät, är i dagsläget inte möjlig att exakt bedöma, men det är troligt att det kommer att behövas. Exempelvis går elanvändningen i scenariot *Hög elektrifiering* från dagens 3,5 TWh inom hela transportsektorn till 18 TWh 2045. Den ökade användningen går delvis att hantera genom efterfrågefleksibilitet, men nätet behöver samtidigt dimensioneras utifrån den högsta momentana elanvändningen. Generellt bedömer Trafikverket att transportsektorns elektrifiering inte kommer ge någon omfattande påverkan på elnätet som helhet, men att förstärkning av lokalnät kommer att behövas i vissa fall [24]. EUs uppdaterade direktiv gällande att säkerställa utbyggd infrastruktur för förnybara drivmedel kommer att krävaställa minimumnivåer avseende utbyggnad såväl längs vägar som i hamnar.

I kostnadsscenerierna har elnätskostnaden uppskattats genom principen att elnätsanslutningsavgiften som en kund får betala för exv. sin elväg eller stora laddstation, är tänkt att motsvara självkostnaden. Avgiften har därför likställts med kostnaden för elnätet. Hemmaladdare för privatpersoner har inte denna tilläggsavgift, här har vi istället utgått ifrån hur många hushåll som möjligen kan kräva ett utökat nätabonnemang från 25A till 35A (2 procent), och hur många ytterligare som utöver utökat nätabonnemang även bedöms behöva byta serviskabel (3 procent).

5.2.5.1 Stationär laddning

Hemmaladdning bedöms även i framtiden vara det dominerande laddnings sättet för personbilar – 80 procent av all laddningsenergi antas komma från laddning i hemmet [57]. En hemmaladdare har idag generell en laddeffekt på 3,7 kW, i framtiden skulle denna kunna öka till 11 kW, och en laddning tar vanligtvis 5–8 timmar. I kostnadsmodellen har en hemmaladdare per laddningsbart fordon – elbil eller laddhybrid – antagits. 15 procent av laddningen antas ske med destinationsladdning, exempelvis vid arbetsplatsen, och slutligen 5 procent via snabbbladdning. För snabbbladdning är standard för närvarande 50 kW, men "normalsnabbbladdarens" effekt bedöms snabbt öka, och på flera platser erbjuder laddare på 100 kW och uppåt redan idag. I kostnadsmodellen har, baserat på sammanvägda siffror från flera studier, en snabbbladdare på 100 elbilar antagits. Lätta lastbilar antas använda samma typ av infrastruktur som personbilar.

Bussar och lastbilar kräver högre laddeffekter än personbilar och lätta lastbilar. En depåladdare, vilket motsvarar personbilens hemmaladdare i funktionalitet, antas i modellen ha en effekt på 150 kW. Depåladdare ses ofta "som en del av fordonet", och ägs av trafikutövaren själv – exempelvis bussbolaget eller åkeriet. I modellen antas en depåladdare per laddningsbart fordon. Publika snabbbladdare för bussar och lastbilar har effekter på mellan 350–600 kW, framtida standard bedöms kunna bli så hög som 1 MW. I modellen har en 600 kW-laddare valts som typladdare.

För bussar och tunga lastbilar antas laddningen fördelas på samma sätt som för personbilar och lätta lastbilar, med 80 procent av laddtillfällena från depåladdare, 15 procent från semi-publika laddare (exempelvis vid omlossningsställen) respektive 5 procent vid publika snabbbladdare, vilket även stämmer överens med Trafikverkets antaganden [42]. Fördelningen mellan depåladdare och snabbbladdare för bussar skiljer sig mellan städer i Sverige, exempelvis planeras i huvudsak för depåladdare i Stockholm, medan Göteborg installerar många snabbbladdare i staden.

Elvägen kan som nämnt komma att spela en nyckelroll för elektrifiering av just tunga transporter, och därför har elvägen inkluderats för tunga lastbilar i scenario *Hög elektrifiering* i kostnadsmodellen. Kostnadsberäkningarna är baserade på antagandet att 1 procent av vägnätet (cirka 985 km) byggs ut för elväg och därmed elektrifierar 18 procent av de tunga lastbilarna, i enlighet med "medelstor utbyggnad" i KNOGA [58], som i sin tur baseras på Trafikverket [59]. Vilken andel av elektrifieringen som kommer ske med stationär laddning eller elväg är i dagsläget inte klart. Parallella utredningar av elektrifieringsmetoderna pågår, Trafikverket har publicerat två rapporter under våren om snabbbladdning respektive

elvägar, och flera elvägpilotprojekt är under utrullning. Trafikverket [47] själva skriver att *"den snabba batteriutvecklingen har bidragit till att den fordonsflotta som tidigare prognosticerats nyttja en elväg bedöms vara betydligt mindre jämfört med för bara något år sedan. Bedömningen är att andelen av den tunga trafiken som förväntas använda elvägen har gått från mellan 60–80 procent till upp emot 25 procent vid år 2040 vid ett utbyggt elvägssystem."* men poängterar samtidigt att vid låg reduktionsplikt bedöms det samhällsekonomiskt lönsamt att bygga 2 400 kilometer elväg till 2037. I utredningen har hänsyn inte tagits till de nya affärsmodeller och intäktsmöjligheter som elvägen kan ge.

Elektrifieringen av sjöfarten antas begränsad i alla scenarier. Som nämnt i 3.3 antas i alla scenarion en ökad elektrifiering på korta och kustnära sträckor, men elektrifieringen motsvarar fortfarande en låg andel totalt även i scenariot *Hög elektrifiering*. Detta då större fartyg drivs med ökande andelar LNG/LBG, elektrobränslen och biodrivmedel. Korta och kustnära sträckor kan tänkas behöva laddeffekter på 500 kW och uppåt. Utöver batteriladdningen bedöms elektrifieringen göras genom att landel ersätter elen från hjälpmotorerna som idag används. Hinder för detta är dock att det är olika anslutningsstandarder på fartyg respektive i land, och att installationen av landel kan bli en stor investeringskostnad för hamnen. Ett annat hinder är att hamnen ofta inte har rådighet över elnätet, och att den nätutbyggnad som kan krävas för att kunna koppla in stora och större färjor alltså ägs av en annan instans än den som behöver elen [60]. För typiska laddeffekter för sjöfarten, se Tabell 1.

Elflyg bedöms ha störst potential på korta flyglinjer, "city hoppers" och på flyglinjer som är tillägg till trafiken idag³⁴. Givet den begränsade passagerarkapaciteten för elflygplan, och därmed behovet av fler flygplan med tillhörande personal, kan det finnas svårigheter i att på ett kostnadsmässigt motiverbart sätt ställa om redan befintliga, högratifierade, flyglinjer. För typiska laddeffekter för luftfarten, se Tabell 1.

³⁴ SAS, personlig kontakt

5.3 Kostnader för utbyggnad och förnyelse av infrastruktur för distribution av drivmedel

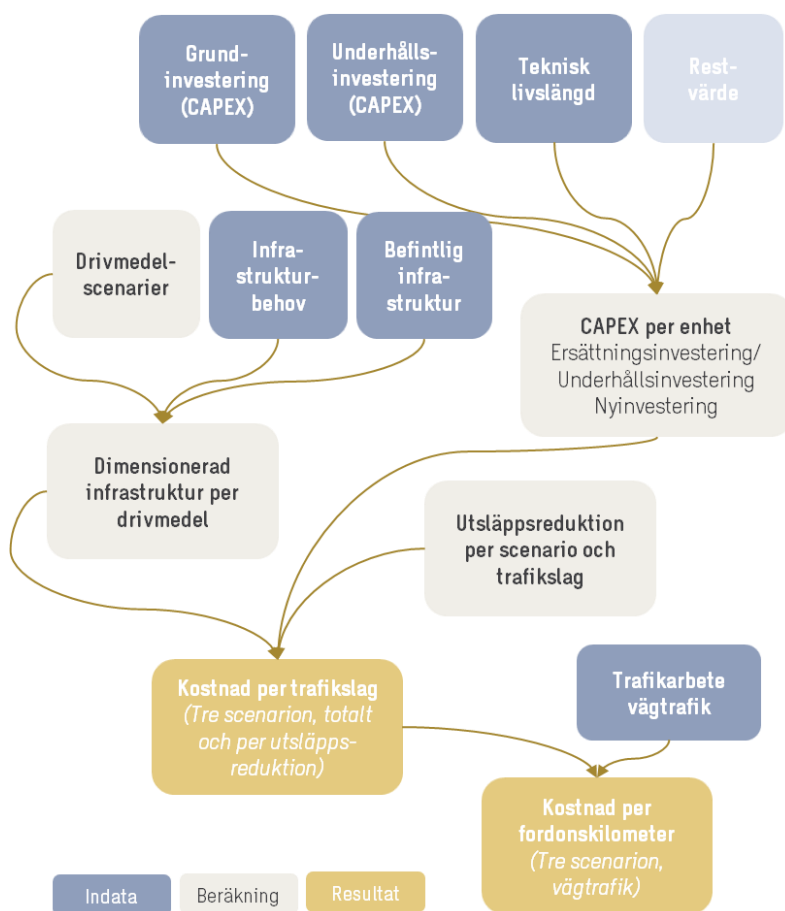
5.3.1 Kostnadsmetod

I denna rapport beräknas total investeringskostnad per trafikslag och drivmedelstyp för tre av Sweco utformade drivmedelsscenarioer: *Låg elektrifiering*, *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*, vilka skiljer sig både vad gäller elektrifieringsgrad och takt för omställning (se kapitel 3).

- Den totala investeringskostnaden beräknas i Mkr per trafikslag över perioden 2021 till 2045, och det huvudsakliga syftet med kostnadssammanställningen är att analysera kostnadseffektivt utnyttjande av infrastruktur i de olika scenarierna. Se schematisk illustration av metodiken nedan i Figur 32: Metodik kostnadsanalys.
- Investeringskostnaden beräknas i reala termer (2021 kr) och anges det år den tas, då syftet med analysen är att visualisera kostnadseffektiviteten av olika kombinationer av drivmedelsalternativ, men inte att analysera primärt när i tiden själva investeringen sker. Anledningarna till att denna metod, som inte inkluderar nu- eller restvärden av investeringar, är att:
 - Göra investeringar i olika infrasystem som ligger längre fram i tiden jämförbara med de som ligger nära i tid.
 - Restvärde och kvarvarande livslängd för befintlig infrastruktur med historiska investeringar är inte känd. Detta gör dock även att restvärde och kvarvarande livslängd för de investeringar som görs sent i perioden inte heller tas upp.
- Vi definierar kostnadseffektivitet som ett scenarios förmåga att nå uppsatta mål relativt användningen av ekonomiska resurser för att nå dessa mål. Som diskuterat i kapitel 4 bedöms alla framtagna scenarier nå de uppsatta klimatmålen, men i lite olika takt. Vi visualiserar därför kostnadseffektivitet som *total investeringskostnad i distributionsinfrastruktur 2021–2045 per total reduktion av koldioxid*. Detta visas per trafikslag och scenario.

Totalkostnaden över perioden 2021–2045, och den kostnad per år och drivmedel som ses i nedan grafer kan utläsas som kostnaden för att bygga ut och upprätthålla infrastruktur. Detta gör att redan utbyggd infrastruktur ser ut att ha lägre kostnad eftersom historiska investeringar inte är medräknade.

Vad gäller kostnader inkluderas endast investeringskostnader (capex), i form av enhetskostnader för nyinvestering, konvertering av befintlig infrastruktur, och ersättningsinvestering eller underhållsinvestering. Vi har valt att förenkla så att efter den tekniska livslängden för en viss investering antas antingen en ersättningsinvestering göras, eller så har den eventuella underhållsinvesteringen varit tillräcklig, och då antas ingen ersättningsinvestering.



Figur 32: Metodik kostnadsanalys

Drivmedelsscenarier används i kombination med antaganden kring befintlig infrastruktur samt nyckeltal för infrastrukturbehov, exempelvis antal tankstationer per volym vätgas i systemet, eller antal snabbbladdare per elbil. Mycket av den befintliga infrastrukturen kan, som setts i tidigare kapitel, delas mellan trafikslagen.

Den totala investeringskostnaden (endast ersättningsinvesteringar) visas även som kostnad per fordonskilometer (kr/fkm) för vägtrafiksscenario, där trafikarbetesscenarier finns tillgängliga.

5.3.2 Antaganden och avgränsningar för beräkningar av infrastrukturkostnader

Sammantaget bygger analysen på följande antaganden och avgränsningar:

- Kostnadsanalysen är inte tänkt att utgöra en finansiell analys, utan som en aggregering av totala kostnader i dagens penningvärde. Det innebär att kostnaderna i huvudsak syftar till att genom scenarioanalys undersöka relativ kostnadseffektivitet, och att siffrorna ej kan användas som grund till investeringsbeslut.
- Kostnaderna inkluderas oberoende av vilken aktör som behöver ta själva investeringen.
- Kostnader för styrmedel har ej inkluderats.
- Investeringskostnader antas konstanta och inflation har exkluderats. Detta då både teknikutveckling och framtida kostnadsbild är väldigt osäkra för många av investeringarna. Till viss del kan kostnadsvisualiseringen därmed ge ett underlag för krav på vilka prissänkningar som måste till. Viktigt att tänka på är att framtida kostnadsänkningar är att vänta för många av teknologierna.
- Endast investeringar (capex) för distributionsinfrastruktur inom Sverige har inkluderats.
- Grundinvestering (growth capex) definieras som aktuella enhetskostnader för investeringen i Mkr per enhet, och kan antingen vara en nyinvestering i helt ny infrastruktur eller en konvertering av befintlig infrastruktur.
- Vi har valt att förenkla så att efter den tekniska livslängden för en viss investering antas en ersättningsinvestering (replacement capex) göras, som fördelas över den tekniska livslängden.
 - Ersättningsinvestering definieras som den investering som behöver göras efter den tekniska livslängden. Vi antar att denna investering motsvarar grundinvesteringen. Modelltekniskt har ersättningsinvesteringen fördelats ut över investeringens tekniska livslängd, för att inte belasta investeringar som görs sent i scenarioperioden. Kostnaden beräknas därmed i Mkr per enhet och år.
 - Underhållsinvestering (maintenance capex) antas inkluderas i ersättningsinvesteringen.
- I huvudsak antas inget restvärde för investeringen efter den teknisk livslängden. Undantagsfallet är tankbilar, det vill säga lastbilar som är avsedda för drivmedelstransport. Tankbilsmarknadens affärsmodell medför att lastbilen alltid säljs vidare till tredje land, och att ett restvärde därmed alltid finns. Restvärdet för tankbilar har antagits till 50 procent av nyinvesteringskostnaden.
- Mycket av infrastrukturen kan, som setts i tidigare kapitel, delas mellan trafikslagen. Då har kostnaderna fördelats genom relativ energimängd per trafikslag och drivmedel.
- Befintlig infrastruktur antas behöva ersättningsinvesteringar eller underhållsinvesteringar i paritet med data som samlats in.
- Endast inrikes transporter har inkluderats. För sjöfarten innebär detta båtar som reser från svensk hamn till svensk hamn.
- Inga intäkter har inkluderats.

5.3.3 Indata och antaganden för beräkningar av infrastrukturkostnader

Aktuella enhetskostnader, teknisk livslängd samt andra nyckeltal har inhämtats genom intervjuer, rapporter, workshop samt Swecos interna expertis.

Tabell 4: Indata och antaganden

Datapunkt	Värde	Enhet	Källa	Trafikslag	
Generellt					
Tankbil					
Antal lastbilar i Sverige	100 000		[40]	Alla	
Andel lastbilar som kör drivmedel	800 ³⁵		-		
Livslängd tankbil	4 ³⁶	år	Sweco antagande & Scania ³⁷		
Kostnad tankbil	1,5	Mkr	Scania		
Restvärde tankbil	50 ³⁸	%	Scania		
Flytande drivmedel					
Depåer					
Årlig capex depå	7	Mkr/år/depå	Sweco antagande & St1	Alla utom sjöfart	
Antal depåer i Sverige	25		Sweco antagande & St1		
Tankstationer					
Antal tankstationer	3 200		Drivkraft Sverige & Fuelfinder ³⁹	Vägtrafik	
Antal cisterner per station	5		St1		
Antal pumpar per station	5		St1		
Teknisk livslängd relining cistern	24	år	St1		
Teknisk livslängd cistern	- ⁴⁰	år	St1		
Teknisk livslängd pump	11	år	St1		
Konvertering tankstationer					
HVO100 & inblandning	0	Mkr/station	Sweco antagande & St1	Vägtrafik	
FAME100, notera att konvertering behövs ej enl. scenarier	0,35	Mkr/station	Sweco antagande & St1		
FAME, inblandning	0	Mkr/station	Sweco antagande & St1		
Etanol (E85 etc.), notera att konvertering behövs ej enl. scenarier	1,8	Mkr/station	Sweco antagande & St1		
Biobensin, ren	0	Mkr/station	Sweco antagande & St1		

³⁵ Osäker siffra, se ovan

³⁶ Livslängd tills lastbilen säljs vidare

³⁷ Personlig kontakt

³⁸ Efter "livslängden"

³⁹ <https://www.fuelfinder.dk/se/companies.html>

⁴⁰ Behövs ej ny cistern, endast relining

Elektrobränslen				
Metanol				
Infrastruktur ⁴¹ livslängd	30	år	[61]	Sjöfart
Infrastrukturkostnad	2	Mkr/MW	[61]	
Ammoniak (elektrobränsle)				
Infrastruktur livslängd	30	år	[61]	Sjöfart
Infrastrukturkostnad	4	Mkr/MW	[61]	
Biogas				
Tankbil				
Antal tankbilar	- ⁴²	-	-	-
Lastväxlarflak				
Snittmängd biogas per flak	4	GWh/år	Sweco antagande	Vägtrafik
Teknisk livslängd flak	20	år	Biofor	
Kostnad kompositflak, stort	2,5	Mkr	Biofor	Personbilar, lätta samt tunga Lastbilar
Publika tankstationer	198	2020	SCB [35]	
Icke-publika tankstationer	15	2020	SCB [35]	
LNG/LBG-stationer	23	2020	Energigas Sverige [62]	
Kostnad tankstation CBG/CNG	7,5 ⁴³	Mkr	Sweco antagande, Biofor & [58]	
Teknisk livslängd tankstation	15	år	Sweco antagande	
Busstoppar				
Busstoppar med biogas	52	2020	SCB	Bussar
Kostnad busstoppar CBG/CNG	10 ⁴⁴	Mkr	Sweco antagande	
Teknisk livslängd busstoppar	15	år	Sweco antagande	
Sjöfart				
Infrastruktur ⁴⁵ livslängd	30	år	[61]	Sjöfart
Infrastrukturkostnad	16	Mkr/MW	[61]	
Drift	8 000	timmar/år	Sweco antagande	
Vätgas				
Tankbilar vätgas				
Antal tankbilar	- ⁴⁶	-	-	-
Kapacitet tankbil	900	kg H2 @300 bar/tankbil	Sweco antagande	Alla
Körfrekvens tankbil	4	ggr/dygn	Sweco antagande	
Kostnad tankbil	5	Mkr/st	Sweco antagande	

⁴¹ Förflyttning av bränsle från produktionsanläggning med kort avstånd, exempelvis inom samma industrikluster nära en hamn. Lagring och tankinfrastruktur i hamnen.

⁴² Fördelat mellan trafikslag enligt energimängd

⁴³ Utan lastväxlarflak

⁴⁴ Utan lastväxlarflak

⁴⁵ Förflyttning av bränsle från produktionsanläggning med kort avstånd, tex inom samma industrikluster nära en hamn. Lagring och tankinfrastruktur i hamnen.

⁴⁶ Fördelat mellan trafikslag enligt energimängd

Teknisk livslängd tankbil	4 ⁴⁷	år	Sweco antagande & Scania	
Tankstationer vätgas				
Antal tankstationer 2021	4		Sweco antagande	Vägtrafik
Antal tankstationer 2030	100		HIT & Sweco antagande	
Antal tankstationer 2045	1 000		HIT & Sweco antagande	
Kostnad tankstation vätgas ⁴⁸	15	Mkr	Sweco antagande	Alla
Storlek vätgaslager tankstation ⁴⁹	2 000	kg	Sweco antagande	
Vätgaslager, capex - Kärn av stål	3 000	kr/kg	Sweco antagande	
Påslag övriga kostnader ⁵⁰	40	%	Sweco antagande	
Teknisk livslängd tankstation	15	år	Sweco antagande & NEL	
Stationär laddning				
Privat laddning	80 %	av laddningsenergin	[42]	Vägtrafik
Semi-publik laddning	15 %	av laddningsenergin	[42]	
Publik laddning	5 %	av laddningsenergin	[42]	
Privata laddare				
Laddare per laddbart fordon	1	laddare/fordon ⁵¹	Sweco antagande	Alla
Teknisk livslängd	20	år	[42] och Sweco antagande	
Kostnad hemmaladdare privatperson	13 500 ⁵²	kr/st	Sweco antagande	
Kostnad utöka nätabonnemang	12 000 ⁵³	kr/laddpunkt	Sweco antagande	
Kostnad byta serviskabel och nätabonnemang	39 500	kr/laddpunkt	Sweco antagande	
Andel hushåll som behöver utöka abonnemang	5	%	Sweco antagande	
Varav endast abonnemang	30	%	Sweco antagande	
Varav även serviskabel	70	%	Sweco antagande	
Antal privata laddare	- ⁵⁴	-	-	
Kostnad depå-/terminalladdning	5 000 ⁵⁵	kr/kW	[42] och Sweco antagande	Tunga lastbilar och bussar
Effekt depå-/terminalladdning	150 kW ⁵⁶	kW	Sweco antagande	
Teknisk livslängd	20	år	[42] och Sweco antagande	
Destinationsladdare				
Kostnad destinationsladdare	24 000	kr/st	E-mobility	

⁴⁷ Förenkling

⁴⁸ 1 000 kg/dygn

⁴⁹ I detta antas allt lagringsbehov för vätgas inkluderas, även centralt

⁵⁰ Appliceras på investeringskostnaden för både tankstation och vätgaslager. Avser övriga komponenter, transportkostnader, energihanteringssystem, projektering, tillståndprocess och försäkring, markarbeten, eventuella byggnader, säkerhetsåtgärder, installation och driftsättning

⁵¹ En elbil eller laddhybrid = 1 laddare

⁵² Endast laddare och installation

⁵³ Exemplifierade kostnader för någon som har en anslutning, från att utöka abonnemanget från 25A till 35A

⁵⁴ Se avsnitt 5.1.5

⁵⁵ Effektrelaterad kostnad. Elnätsanslutning och uppförande av laddningspunkt.

⁵⁶ Även inkluderat semi-publik laddning i modellen

Antal laddpunkter per destinationsladdare	5		Stockholm stad ⁵⁷	Personbilar och lätta lastbilar
Energi per laddsession	10	kWh	Stockholm stad	
Antal laddsessioner per dygn och laddpunkt	1,4		Stockholm stad	
Teknisk livslängd	20	år	[42] och Sweco antagande	
Snabbladdare				
Snabbladdare per fordon	0,01	laddare/fordon	Sweco antagande ⁵⁸	Alla
Teknisk livslängd	20	år	[42] och Sweco antagande	
Kostnad snabbladdare			E-mobility	Personbilar och lätta lastbilar
Antal laddpunkter per publik laddare	2		Sweco antagande	
Kostnad snabbladdare	5 000 ⁵⁹	kr/kW	[42] och Sweco antagande	
Kostnad publik laddare (1200 kW, DC)	0,750	Mkr/laddpunkt	Sweco antagande	Tunga lastbilar och bussar
Antal laddpunkter per publik laddare	2		Sweco antagande	
Elväg				
Investeringskostnad elväg	13 ⁶⁰	Mkr/km dubbelriktad	Sweco antagande	Tunga lastbilar
Teknisk livslängd elväg	17,5 ⁶¹	år	Sweco antagande	

⁵⁷ Utvärdering av publik laddning för elbilar i Stockholms stad - 2020

⁵⁸ Umeåprojekt, Länsstyrelsen Stockholm, Riktlinjer Norge, Faktiska laddare Tesla jfr. elbilar idag (beräkning)

⁵⁹ Effektrelaterad kostnad. Elnätsanslutning och uppförande av laddningspunkt.

⁶⁰ Snitt induktiv och konduktiv i vägbanan, inklusive elnät

⁶¹ Snitt induktiv och konduktiv i vägbanan

5.4 Resultat av kostnadsscenarioer för distributionsinfrastruktur

Utvärderingen av de tre olika kostnadsscenarioerna inkluderande nivåerna *Låg*, *Medel* och *Hög elektrifieringsgrad* ger ett antal övergripande slutsatser. Sammantaget visar analysen att för alla trafikslag är den totala kostnadseffektiviteten⁶² relativt högre för scenario *Låg elektrifiering*, där en större del av omställningen består av att utnyttja befintlig infrastruktur för distribution, än för *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*.

Generellt är den stationära laddningen dyrast per fordonskilometer, med sin helt nya investering i laddare. Även elväg är relativt dyrare per fordonskilometer, men har endast undersökts i ett scenario, *Hög elektrifiering* för tunga lastbilar. Fordonsgas och vätgas ligger på ungefär samma relativa kostnadsnivå för distributionsinfrastruktur, medan flytande biodrivmedel, genom drivmedelsdistributionens möjlighet till utnyttjande av befintlig infrastruktur, är markant billigare per fordonskilometer.

För att lyckas skapa långsiktiga lösningar med goda transportförutsättningar inom samhället kommer både biodrivmedel och elektrifiering att behövas. Det finns dock vägval i omställningen till hållbara transporter, där olika kombinationer och prioriteringar kan göras mellan följande övergripande drivmedelalternativ:

1. Ökad elektrifiering
2. Större andel biogas och/eller vätgas
3. Ökade nivåer av flytande förnybara drivmedel

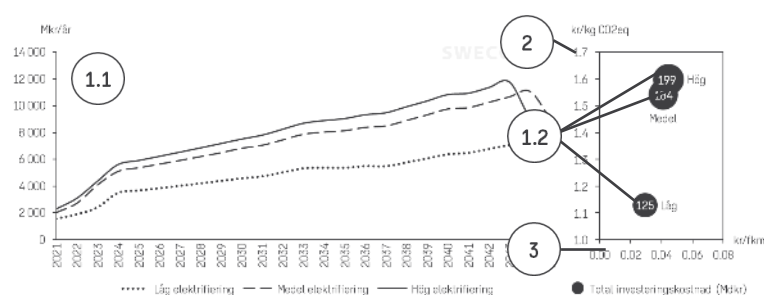
Enligt genomförd analys är det mest kostnadseffektiva alternativet i distributionsledet - både totalt, per fordonskilometer och per koldioxidekvivalent - att utöka förnybara flytande drivmedel, och medelalternativet att komplettera med mer gas - i synnerhet biogas - och det minst kostnadseffektiva ren elektrifiering. Värt att notera är att personbilar står för den största relativa totalkostnaden bland trafikslagen, i huvudsak på grund av mängden stationära laddare som behövs. Detta även då nätkostnaden med stor sannolikhet underdrivits. En viktig aspekt, som ej inkluderats i kostnadsanalysen, är att genom att nyttja befintlig infrastruktur i den mån det är möjligt även innebär, utöver den monetära besparingen, ett klimatsmart resursutnyttjande då inte ny infrastruktur (med tillhörande användning av resurser) behöver byggas upp från grunden. Utifrån analysen av behov av infrastruktur och kostnader är även följande värt att notera; det är viktigt att allokera rätt bränsle till rätt användningssektor för att optimera utbudet och minimera utmaningar med att bygga ny infrastruktur.

5.4.1 Introduktion till resultatvisualisering

Total investeringskostnad för distributionsinfrastruktur har analyserats per trafikslag och drivmedelstyp för tre av Sweco utformade drivmedelsscenarioer: *Låg elektrifiering*, *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*, vilka skiljer sig både vad gäller elektrifieringsgrad och takt för omställning (se kapitel 3). I visualiseringen per trafikslag ses:

1. Den totala investeringskostnaden, i:

1. nyinvesterings- och ersättningsinvesteringskostnad för distributionsinfrastruktur, per år och scenario (Mkr per år)
2. total investeringskostnad över perioden 2021 till 2045 (Mdkr per scenario).



Figur 33: Visualiseringsexempel

⁶² Som ovan nämnt, definieras i denna rapport kostnadseffektivitet som ett scenarios förmåga att nå uppsatta mål relativt användningen av ekonomiska resurser för att nå dessa mål. Som diskuterat i kapitel 4 bedöms alla framtagna scenarier nå de uppsatta klimatmålen, men i lite olika takt. Vi visualiserar därför kostnadseffektivitet som total investeringskostnad i distributionsinfrastruktur 2021–2045 per total reduktion av koldioxid.

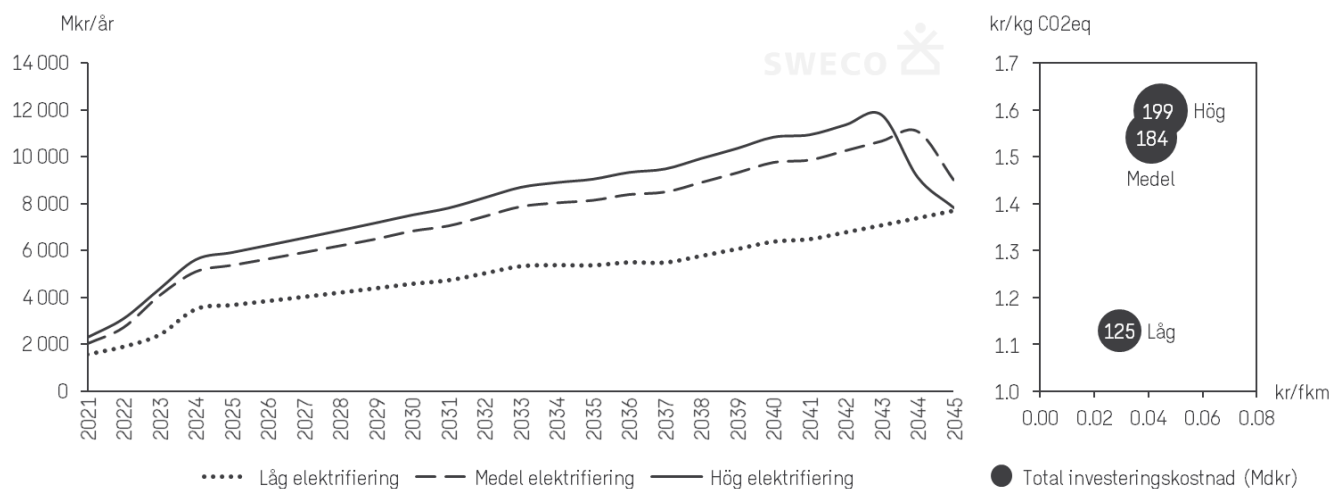
2. Kostnadseffektivitet (kr/kg CO₂eq) i form av *investeringskostnaden per kg minskat koldioxidutsläpp* (koldioxidekvivalent) över hela perioden 2021–2045 (kr per kg CO₂eq), dvs. ett mått på scenariots förmåga att nå uppsatta mål relativt användningen av ekonomiska resurser för att nå dessa mål.
3. Den totala investeringskostnaden, i form av *ersättningskostnad per fordonskilometer*, över hela perioden 2021–2045, per drivmedelsscenario (kr/fkm). Kostnaden har fördelats på den totala prognostiserade körsträckan under perioden, vilken är densamma i samtliga scenarier.

Det huvudsakliga syftet med kostnadssammanställningen är att analysera kostnadseffektivt utnyttjande av infrastruktur i de olika scenarierna. Det är följaktligen jämförelsen mellan scenarion per trafikslag som är central för kostnadseffektivitetsanalysen, inte ett separat kostnadsscenario.

5.4.2 Personbilar

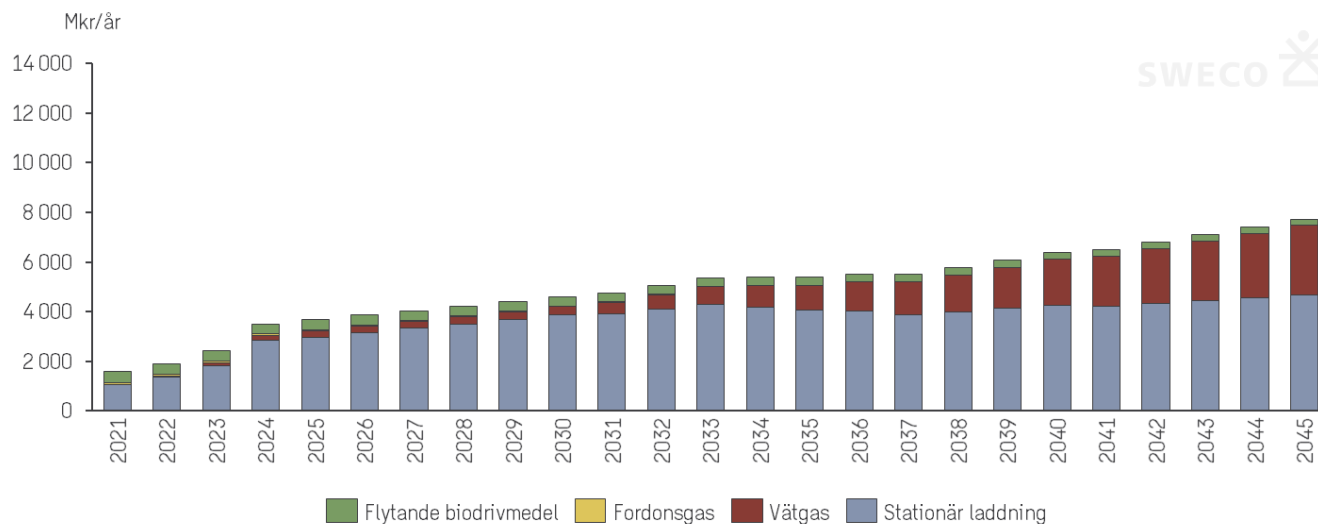
Den totala kostnadseffektiviteten för scenario *Låg elektrifiering*, där en större del av omställningen består av att utnyttja befintlig infrastruktur, är som synes högre än för *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*. Den höga elektrifieringsgraden i scenario *Hög elektrifiering* speglas i den skarpa ökningen av kostnader redan från tidigt 2020-tal, och man kan även i *Hög* se följden av en nästan fullständigt elektrifierad fordonsflotta efter 2040, då investeringskostnaden per år för *Medel elektrifiering* därmed blir högre.

För att lyckas skapa långsiktiga lösningar med goda transportförutsättningar inom samhället kommer både biodrivmedel och elektrifiering att behövas. I *Hög elektrifiering*, där el i högre grad antas ersätta andra drivmedel, syns högre investeringskostnad per fordonskilometer, samt per koldioxidbesparing. Det är viktigt att komma ihåg att grafen endast visar kostnader för distributionsinfrastruktur, och att denna andel skiljer rätt markant mellan drivmedelsslagen, se exempelvis KNOGA som även tittar på bland annat produktionen och fordon [58]. I distributionsledet är det kostnads- och resurseffektivt att utnyttja befintlig infrastruktur.

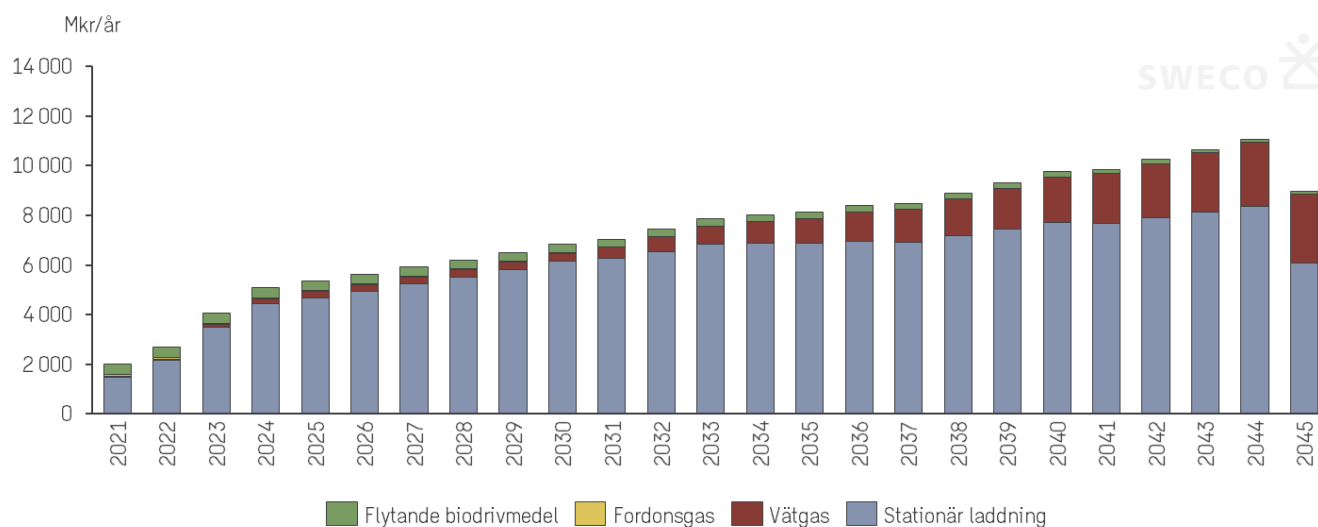


Figur 34: Personbilar investeringskostnadsscenarioer distributionsinfrastruktur för *Låg elektrifiering*, *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*. Notera att axlarna på grafen till höger ej börjar på noll.

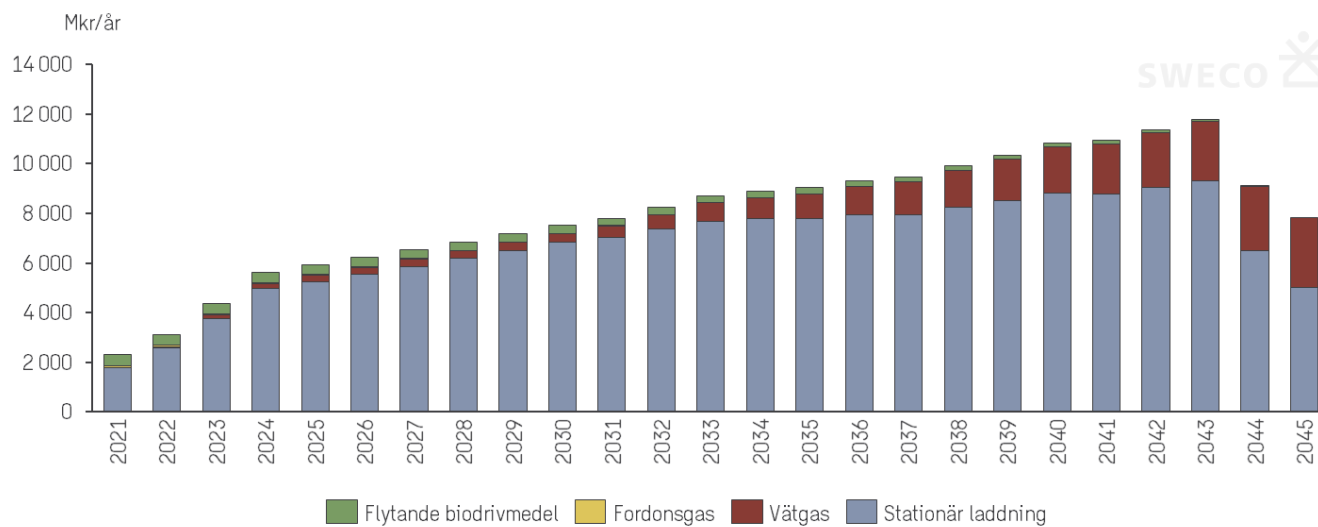
Investeringen i stationär laddningsinfrastruktur, där kostnaden för elnät delvis är inkluderad i enlighet med antaganden, är en väsentlig del av investeringskostnaderna per år i alla scenarier, se Figur 35, Figur 36 och Figur 37.



Figur 35: Personbilar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Låg* elektrifiering



Figur 36: Personbilar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Medel* elektrifiering



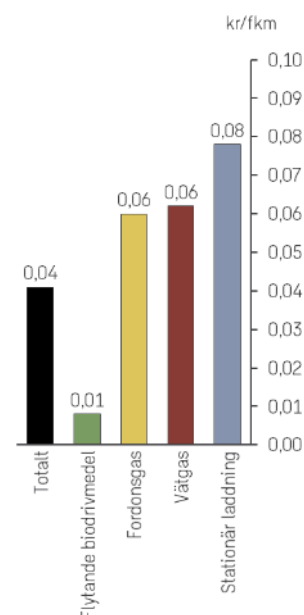
Figur 37: Personbilar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Hög* elektrifiering

Vid *Låg elektrifiering* är även investeringen i vätgasinfrastruktur en betydande relativ kostnadspost.

Till höger ses investeringskostnad (2021–2045) för distributionsinfrastruktur per fordonskilometer och drivmedel, för personbilar scenario *Medel elektrifiering*. Som synes är den stationära laddningen dyrast per fordonskilometer, med sin helt nya investering i laddare. Fordonsgas och vätgas ligger i analysen på ungefär samma relativa kostnadsnivå, medan flytande biodrivmedel är markant billigare per fordonskilometer med sitt utnyttjande av befintlig infrastruktur, vilken som tidigare nämnt endast antas behöva ersättningsinvesteringar under tidsperioden. Samma mönster går att se i alla undersökta scenarier.

Viktigt att notera är att flytande biodrivmedel fördelats ut över alla kilometer som körts med flytande drivmedel, men även med detta oaktat bör investeringskostnaden per fordonskilometer vara låg.

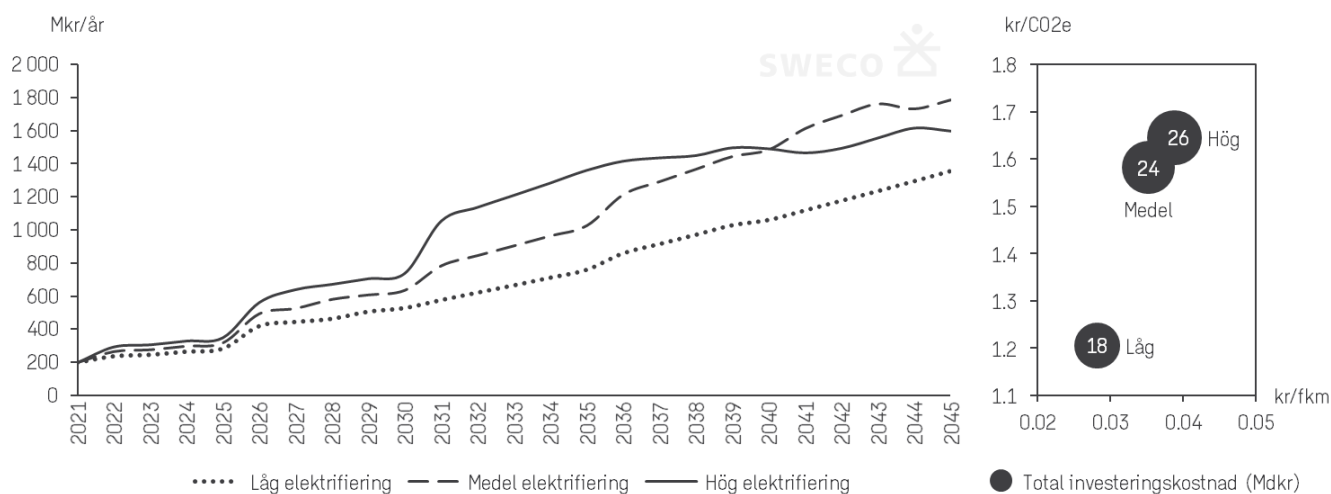
Figur 38: Investeringskostnad per fordonskilometer och drivmedel, personbilar scenario *Medel elektrifiering*.



5.4.3 Lätta lastbilar

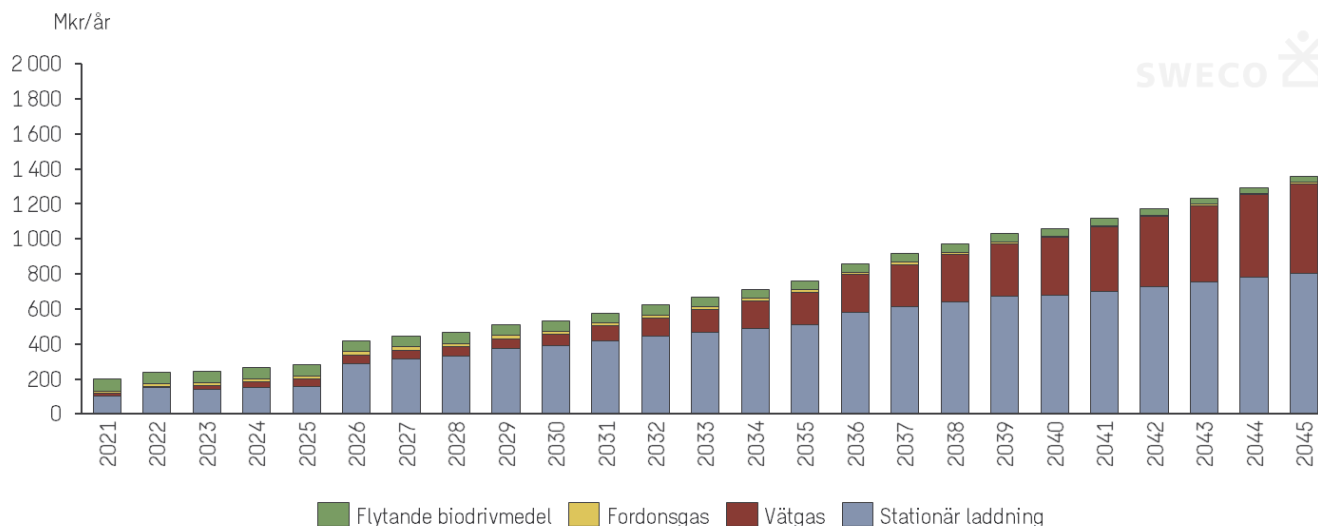
Liksom för övriga trafikslag är den totala kostnadseffektiviteten för scenario *Låg elektrifiering*, där en större del av omställningen består av att utnyttja befintlig infrastruktur, relativt högre än för *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering* även för lätta lastbilar.

Inget av scenarierna för lätta lastbilar har lika hög elektrifieringsgrad som personbilar, och i grafen kan man se att kostnadseffektiviteten skiljer sig mindre mellan *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering* just på grund av detta. Den totala elektrifieringsgraden, och därmed den totala investeringskostnaden, är dock högre i scenario *Hög elektrifiering* än i de två andra scenarierna.

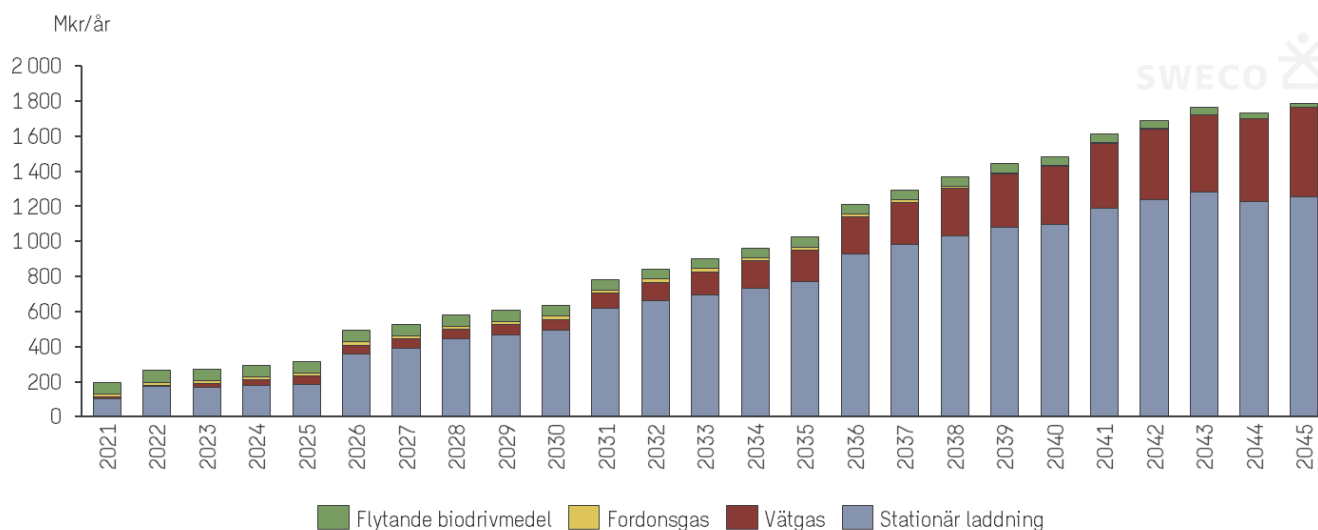


Figur 39: Lätta lastbilar kostnadsscenarier distributionsinfrastruktur för *Låg elektrifiering*, *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*. Notera att axlarna på grafen till höger ej börjar på noll av visualiseringsskäl.

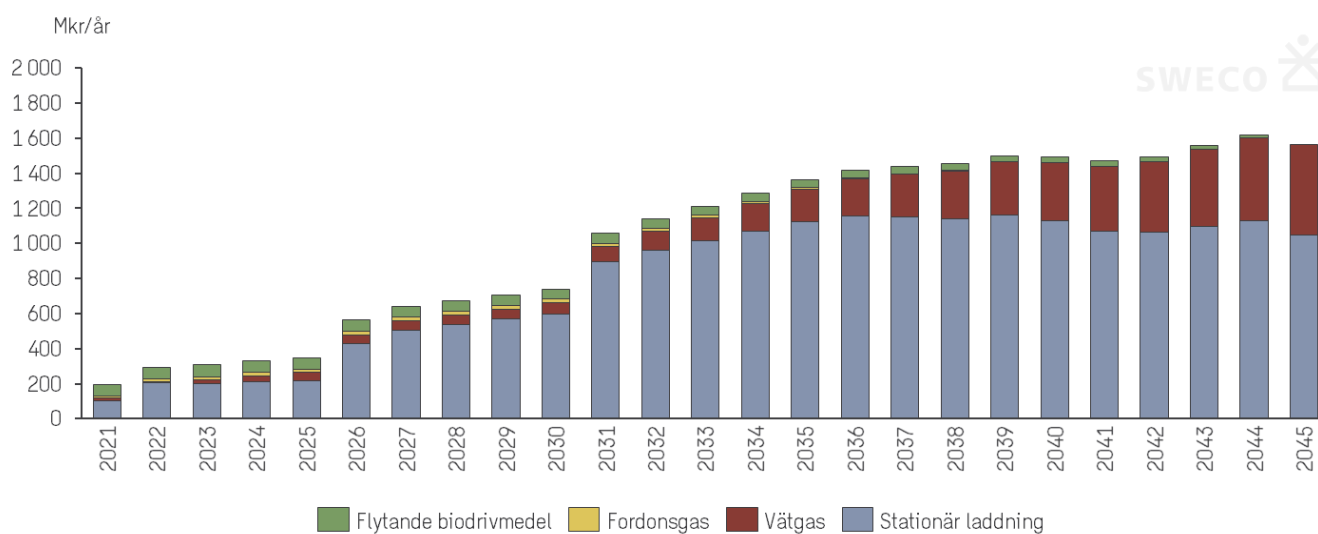
Investeringen i stationär laddningsinfrastruktur, där kostnaden för elnät är delvis inkluderad i enlighet med antaganden, är en väsentlig del av investeringskostnaderna per år i alla scenarier även för lätta lastbilar, se Figur 40, Figur 41 och Figur 42.



Figur 40: Lätta lastbilar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Låg* elektrifiering



Figur 41: Lätta lastbilar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Medel* elektrifiering

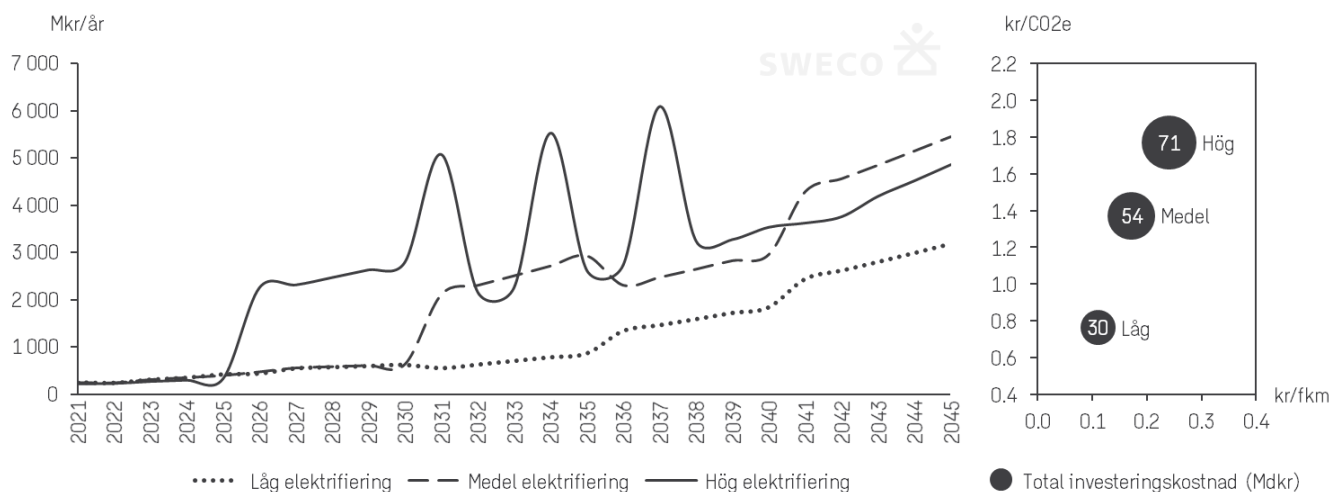


Figur 42: Lätta lastbilar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Hög* elektrifiering

5.4.4 Tunga lastbilar

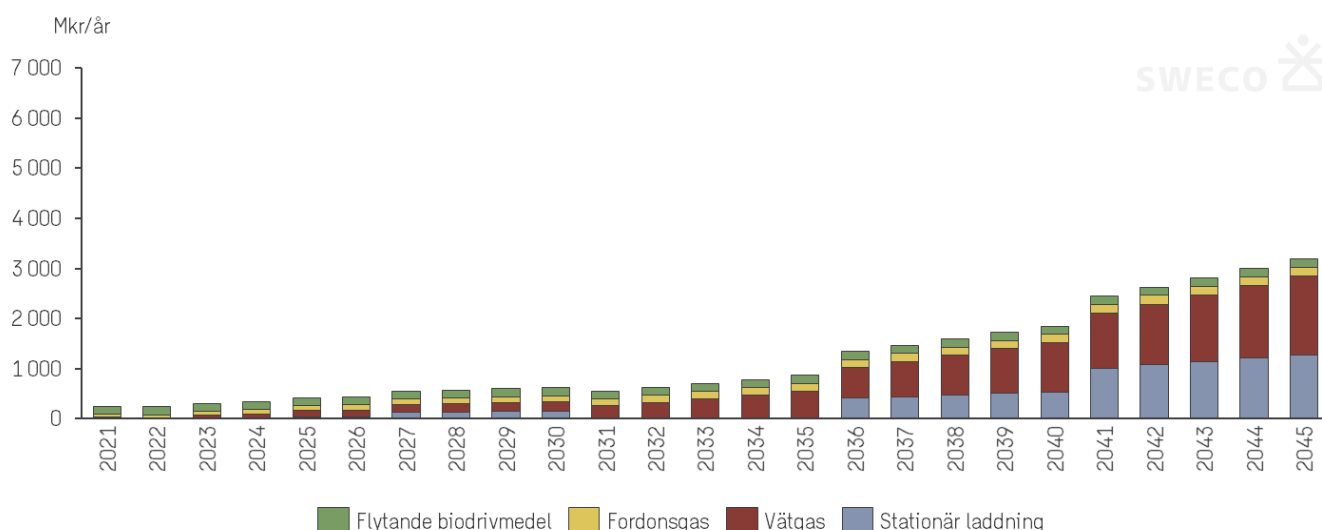
Liksom för övriga trafikslag är den totala kostnadseffektiviteten för scenario *Låg elektrifiering*, där en större del av omställningen består av att utnyttja befintlig infrastruktur, relativt högre än för *Medel elektrifiering* respektive *Hög elektrifiering* även för tunga lastbilar. Scenario *Hög elektrifiering* sticker ut med sin elvägsinvestering, som delats upp i tre etapper mellan 2031 och 2037.

Även takten för elektrifieringen är tydlig i kostnadsbilden, där en tidsmässigt tidigare ökning ses i scenario *Hög elektrifiering*, och även i *Medel elektrifiering*, om än fem år senare, 2030.

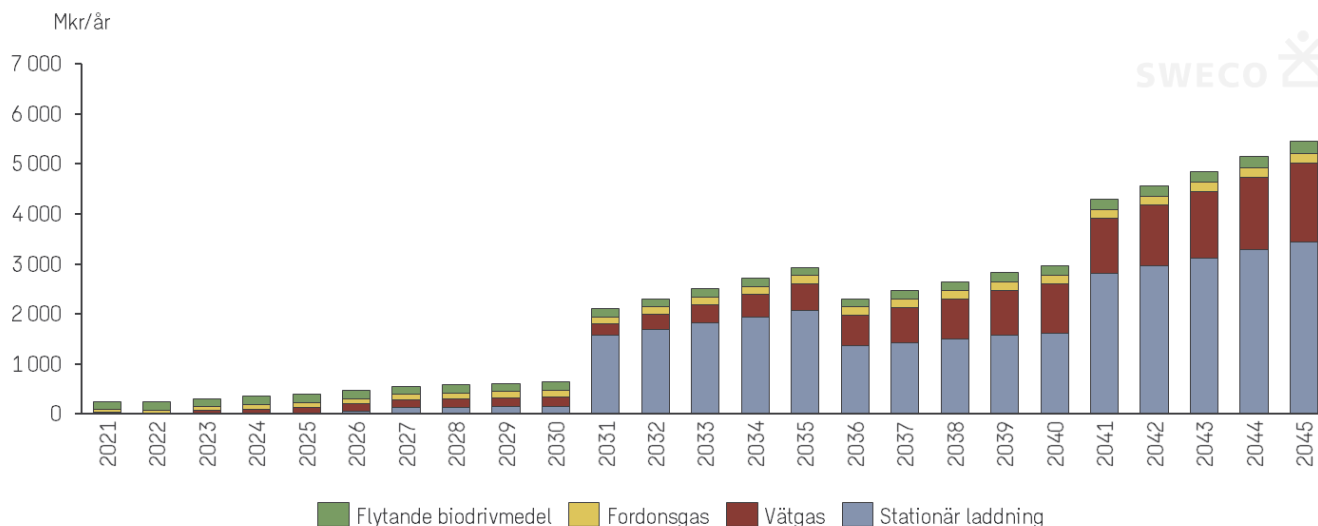


Figur 43: Tunga lastbilar kostnadsscenarier distributionsinfrastruktur för Låg elektrifiering, Medel elektrifiering och Hög elektrifiering. Notera att axlarna på grafen till höger ej börjar på noll av visualiseringsskäl.

Investeringen i stationär laddningsinfrastruktur, där kostnaden för elnät är inkluderad i enlighet med antaganden, är en väsentlig del av investeringskostnaderna per år i alla scenarier. Investeringen i elväg kan ses i Figur 46, i tre huvudsakliga utbyggnadssteg.

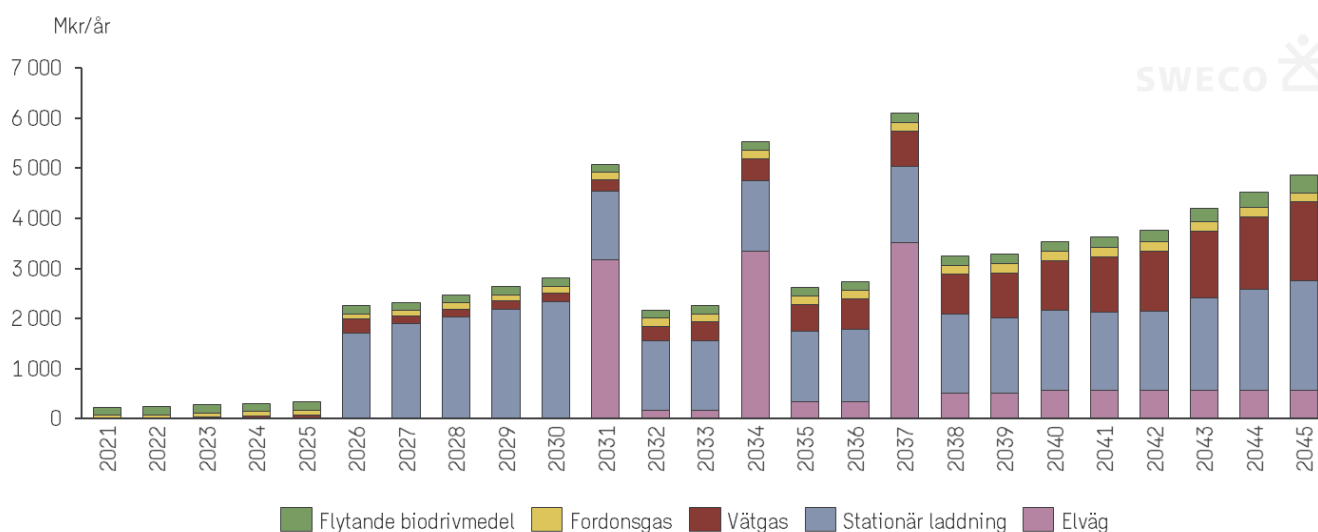


Figur 44: Tunga lastbilar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Låg* elektrifiering



Figur 45: Tunga lastbilar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Medel* elektrifiering

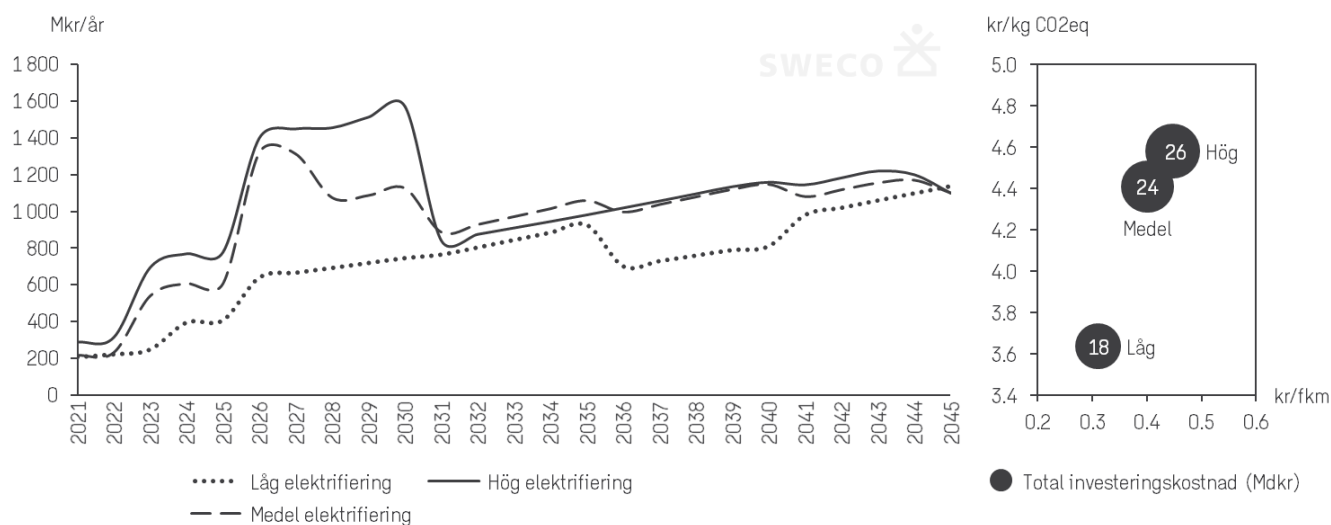
Elevägen kan som nämnts komma att spela en nyckelroll för elektrifiering av just tunga transporter, och därför har elevägen inkluderats för tunga lastbilar i scenario *Hög elektrifiering* i kostnadsmodellen. Kostnadsberäkningarna är baserade på ovan presenterad antagande; att 1 procent av vägnätet (cirka 985 km) byggs ut för elväg och därmed elektrifierar 18 procent av de tunga lastbilarna. Vi har även antagit att utbyggnaden sker i tre etapper mellan år 2031 och 2037. Här syns ett tydligt exempel på att nyinvesteringskostnader i modellen placeras det år den tas.



Figur 46: Tunga lastbilar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Hög* elektrifiering, inklusive elväg

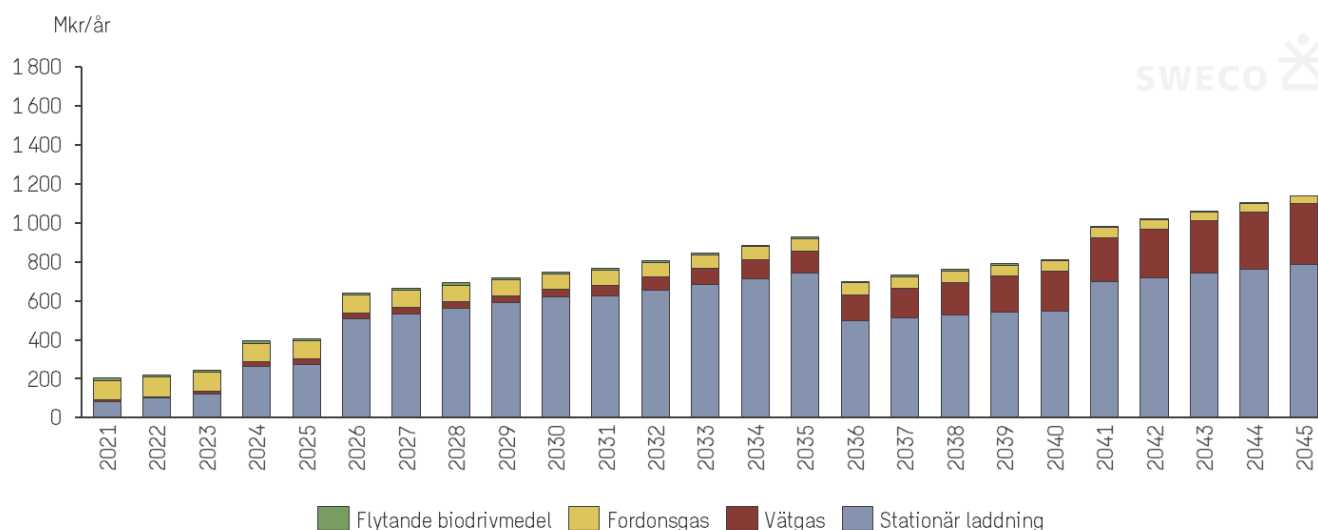
5.4.5 Bussar

Liksom för övriga trafikslag är den totala kostnadseffektiviteten för scenario *Låg elektrifiering*, där en större del av omställningen består av att utnyttja befintlig infrastruktur, relativt högre än för *Medel elektrifiering* respektive *Hög elektrifiering* även för bussar.

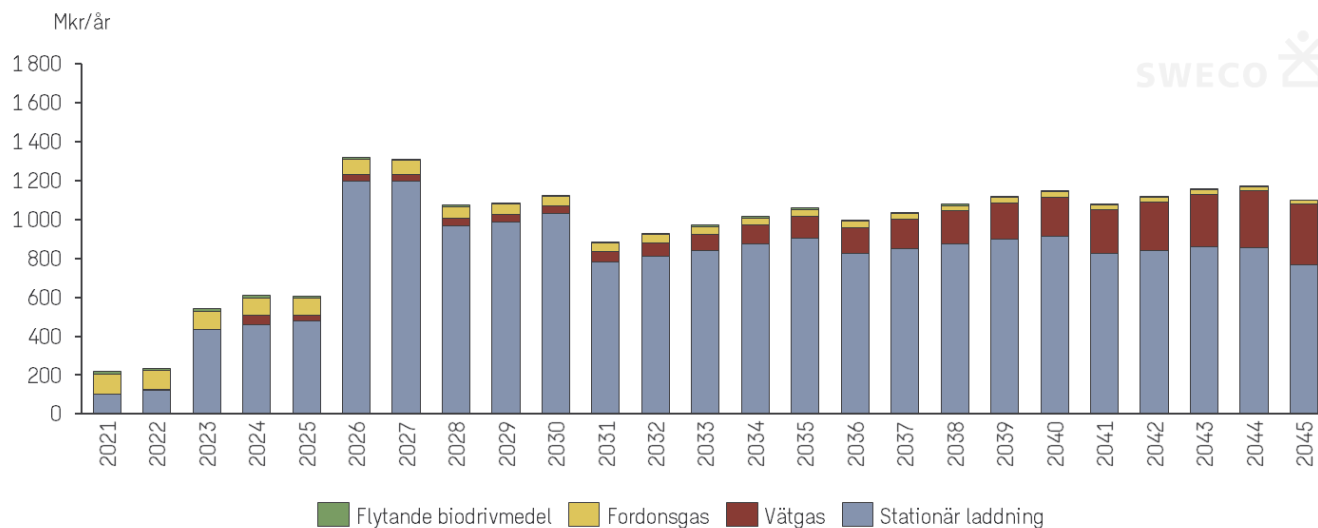


Figur 47: Bussar kostnadsscenarier distributionsinfrastruktur för Låg elektrifiering, Medel elektrifiering och Hög elektrifiering. Notera att axlarna på grafen till höger ej börjar på noll av visualiseringskäl.

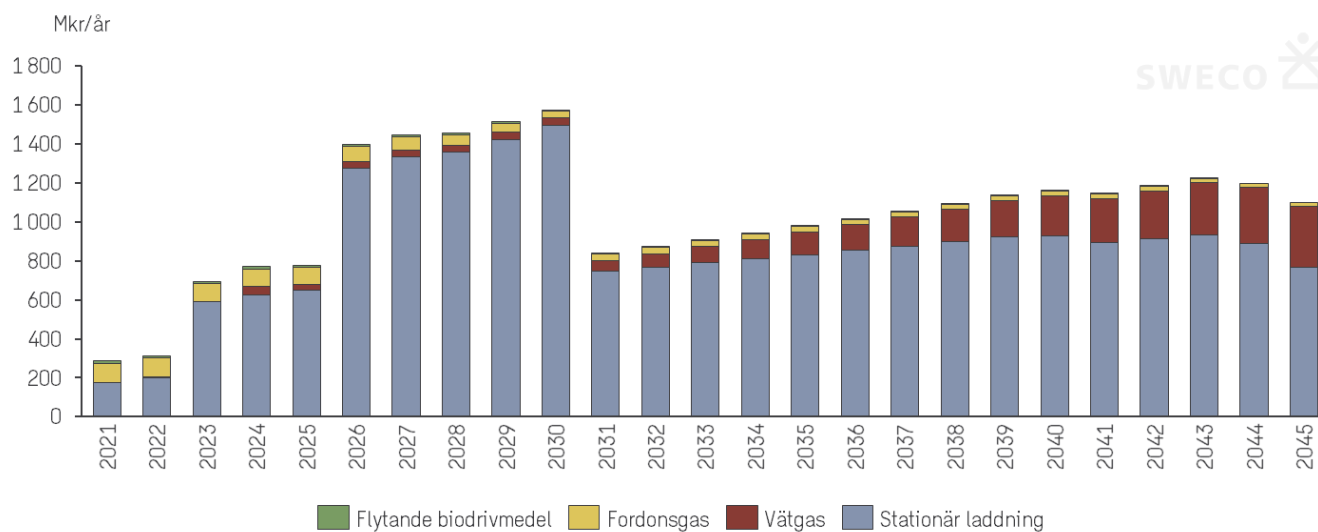
Som diskuterat i 3.1.4 har kollektivtrafikens högt uppsatta klimatmål inneburit att bussar har haft en snabb omställning till förnybara drivmedel, och i dagsläget körs de flesta bussflottor i Sverige med flytande biodrivmedel och biogas. Därutöver förutspås bussflottan elektrifieras tidigare än tunga lastbilar, i synnerhet stadstrafikbussar. Ungefär hälften av den svenska bussflottan utgörs av bussar avsedda för stadstrafik, och inom detta marknadssegment är eldrivna bussar redan konkurrenskraftiga, och förväntas bli ännu mer så.



Figur 48: Bussar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Låg elektrifiering*



Figur 49: Bussar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Medel elektrifiering*



Figur 50: Bussar kostnadsscenario distributionsinfrastruktur *Hög elektrifiering*

6 ÅTGÄRDER & POLITIK

Det finns idag ett antal styrmedel som är riktade mot att nå energi- och klimatmålen inom transportsektorn. Trots de olika styrmedlen kan dock sägas att det finns luckor inom var styrmedlen verkar. Exempelvis finns idag inga/begränsat med styrmedel som verkar mot sjöfarten och biodrivmedelsproduktion, samtidigt som vissa andra styrmedel inte får önskvärd effekt. Flera bedömningar, såsom exempelvis Klimatpolitiska rådets, pekar på att ytterligare styrmedel behöver komma till för att bidra måluppfyllelse i transportsektorn.

En slutsats från denna studie är att det är viktigt att skapa incitament för att möjliggöra investeringar i omställningen, såsom investeringar i biodrivmedelsproduktion, laddinfrastruktur och batterifabriker. Flera olika energislag kommer att behövas för att möjliggöra transportsektorns omställning – styrmedel bör överlag verka för att skapa incitament bort från fossilt snarare än för att motverka enskilda kraftslag.

Det pågår ett antal initiativ och utredningar både nationellt, på EU-nivå och globalt, och att ha med sig det internationella perspektivet är av stor vikt vid policyutformning även på nationell nivå. Även på områden där Sverige medvetet väljer att gå före är det viktigt att känna till internationella initiativ standarder och utvecklingar av marknaderna framåt för att kunna facilitera ett transportsystem som kan matchas in i övriga världens. Utöver att politiken skapar rätt incitament för aktörerna är även vikten av samverkan mellan olika aktörer – även mellan branscher och i olika länder – viktigt för att möjliggöra transportsektorns omställning.

Strategier, styrmedel⁶³ och specifika åtgärder är viktiga verktyg för att guida och styra transportsektorns omställning och för att nå politiskt uppsatta mål. Generellt sett är det dock svårt att bedöma effektiviteten i styrmedel och åtgärder för att minska transportsektorns klimatpåverkan[63]. Därtill noterar vi, liksom Klimatpolitiska Rådet tidigare gjort, att det i regeringens handlingsplan för uppfyllande av klimatmålen helt saknas en kostnadsberäkning av föreslagna åtgärder, som därmed inte heller är bedömda ur kostnadseffektivitetssynpunkt. Omställningen kommer att kräva investeringar och leda till ökade kostnader för transportsektorns aktörer, och det är därför viktigt att beakta betalningsvilja i olika skeden vid utformandet av styrmedelsportföljen.

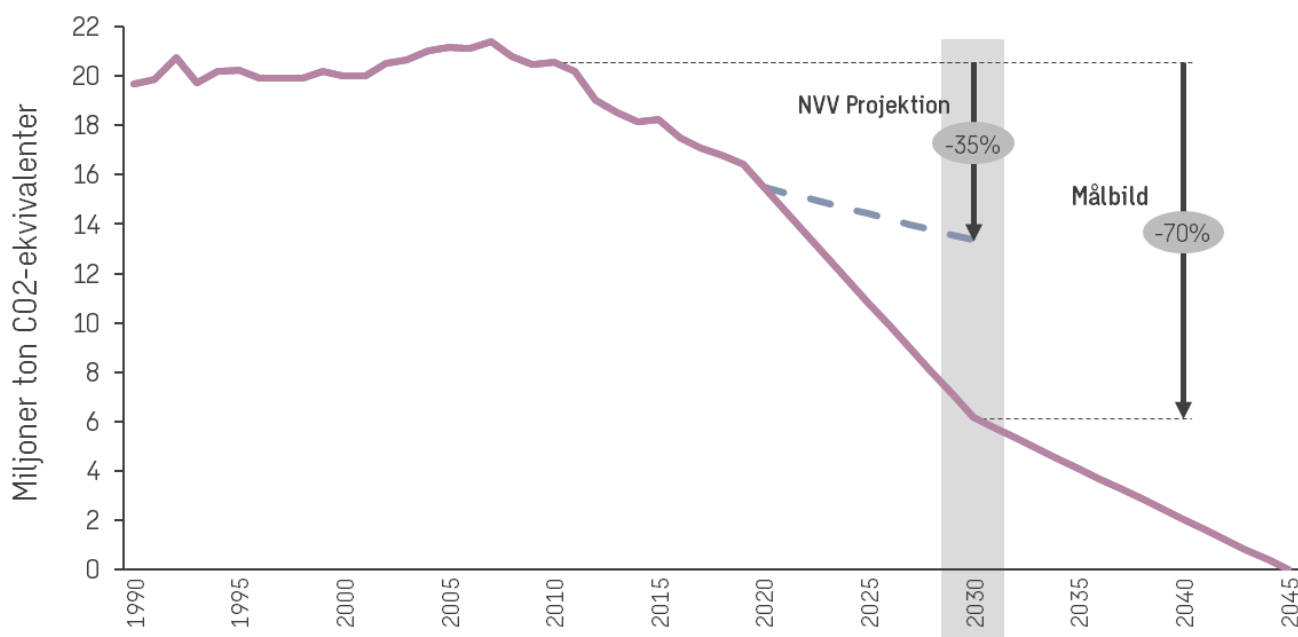
Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv bör styrmedel och åtgärder prioriteras utifrån principen lägst kostnad i förhållande till genomförd nytta – åtgärder som är ekonomiskt lönsamma och bidrar till minskade utsläpp av växthusgaser bör således genomföras först. Det kan dock vara svårt att veta vad olika styrmedel och åtgärder har för effekter på alla olika aktörer. Det är även viktigt att ha i beaktning att de åtgärder som genomförs kan ha olika effektivitet beroende på hur de utformas och vilka synergier som finns med andra styrmedel. Utöver riktade styrmedel och åtgärder såsom exempelvis skattereduktioner och statliga stöd för laddinfrastruktur är det därför även viktigt med bredare strategier. Regeringen arbetar med ett flertal nationella strategier som berör transportsektorn – strategin för cirkulär ekonomi, bioekonomistrategin och den nationella elektrifieringsstrategin[64] är några exempel. Det är även viktigt med åtgärder som stärker samverkan mellan aktörer för att skapa bättre förutsättningar att uppnå resultat av styrmedel. Slutligen anger regeringsförklaringen för innevarande mandatperiod att Sverige ska bli världens första fossilfria välfärdsland, och statliga initiativ som Fossilfritt Sverige betonar rollen av Sverige som föregångsland. Att bedöma kostnadseffektiviteten av en sådan inriktning är en mycket svår och komplex fråga, men åtskilliga av näringslivets aktörer inte minst inom transport- och drivmedelssektorerna betonar att deras konkurrenskraft stärks med denna inriktning.

I Sverige är det Naturvårdsverket som ansvarar för uppföljningen av de nationellt fastställda klimatmålen. Den 15 mars 2021 presenterade Naturvårdsverket uppdaterade scenarier för utsläppsminskning[65] givet de redan beslutade styrmedlen till och med juni 2020. I Naturvårdsverket scenario minskar utsläppen inom transportsektorn med 35 procent till 2030, att jämföra med sektorsmålet till 2045 som är på 70 procent minskning. Med andra ord förväntas utsläppsmålen för Sveriges inrikes transporter bara nås halvvägs med befintliga styrmedel, vilket visar på att det krävs skärpt styrning i form av nya och kraftigare styrmedel. Utöver detta har det statliga men av regeringen oavhängiga Klimatpolitiska Rådet i uppdrag att utvärdera den samlade politiken gentemot de beslutade klimatmålen. I Rådets

⁶³ I begreppet styrmedel innefattas krav, skatter, avgifter, stöd, bidrag, gränsvärden etc.

senaste rapport konstateras att den förda politiken inte tryggar måluppfyllelse. Rådet lägger därför fram en lång rad förslag på hur det skulle kunna ske, inte minst på transportområdet.

Figur 51 visar historiska utsläpp från transportsektorn samt hur utsläppen behöver utvecklas framåt för att (linjärt) nå målen. Bilden är något förenklad, då den visar utsläpp utan hänsyn till eventuella kompletterande åtgärder.



Figur 51: Utsläpp från transportsektorn inklusive nedgång för att nå målen (linjärt). Källa: Naturvårdsverket, Sweco.

Under 2021 har regeringen presenterat skärpta reduktionspliktsnivåer för drivmedel för vägtransporter, arbetsmaskiner och flyg, vilket Naturvårdsverket inte inkluderat i sin bedömning. Detta stärker möjligheten att minska utsläppen och nå längre i måluppfyllnadsgraden. Regeringen bedömer att reduktionsplikten fram till 2030 kommer att resultera i en utsläppsminskning motsvarande 2–3 miljoner ton CO₂-ekvivalenter (av dagens dryga 16 miljoner ton CO₂-ekvivalenter⁶⁴) om beslutade mål om kväveoxidutsläpp beaktas och 4–5 miljoner ton om kväveoxidmålet ej beaktas. I den nyligen presenterade statliga "Utfasningsutredningen"[66] föreslås att reduktionsplikten förändras så att den blir gemensam för bensin och diesel, att höginblandade/koncentrerade biodrivmedel inkluderas och att en reduktionsplikt även införs för sjöfarten.⁶⁵

Ett antal styrmedelsbeslut togs även under 2020 med påverkan på de klimatpolitiska målen för transportsektorn: [64]

- Skärpt reduktionsplikt vägtransporter och arbetsmaskiner
- Reduktionsplikt flyg
- Minskad subvention förmånsbil
- Förstärkt miljöstyrning bonus malus
- Cykelinfrastruktur
- Laddinfrastruktur tunga fordon
- Fortsatt skattenedsättning biogas
- Tillfälligt stöd till kollektivtrafiken

⁶⁴ 2019 års nivå enligt Naturvårdsverkets statistik för utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter

⁶⁵ Om det höginblandade innefattades i reduktionsplikten och istället skattebefrielsen på höginblandat togs bort

- Förmånsfri parkering vid arbetsplatser (negativ påverkan)
- Pausad indexering drivmedelsbeskattning (negativ påverkan)

Det finns olika sätt att se på hur vägen fram till en *utsläppsminskning om 70 procent till 2030* ska se ut. Dagens diskussioner har stort fokus på huruvida det är hållbart att omställningen sker genom en stor andel av biodrivmedel, samt hur förutsättningarna för storskalig elektrifiering av transportsektorn ser ut. Inom ramen för detta projekt analyseras förutsättningar för effektivt utnyttjande av infrastruktur med fokus på fordon och drivmedel. Värdet av att nyttja befintlig infrastruktur fördjupas ytterligare i kapitel 5. Minskade transporter, energieffektivisering och överflyttning mellan transportslag spelar också viktiga roller i att nå transportsektorns omställning till fossiloberoende, men är inte fokus för denna studie. Med fokus på transporter och drivmedel syftar denna studie till att bedöma hur vi uppsatta mål inom transportsektorn på ett kostnadseffektivt sätt, och vad som behöver ändras/tillkomma i form av styrmedel för att främja denna utveckling. Studien tittar även på vilka åtgärder och kombinationer av åtgärder är lämpliga för att nå målen i transportsektorn.

6.1 Dagens styrmedel

Det finns idag ett antal styrmedel som är riktade mot att nå energi- och klimatmålen inom transportsektorn. Styrmedel är av olika sorter och kan övergripande delas in i administrativa (lagar, regleringar, normer), ekonomiska (skatter, stöd, subventioner) och information (kampanjer, informationsspridning, märkning). Viktigt att ha i åtanke är även att en viktig grund och styrande faktor i styrmedelsutvecklingen inom transportsektorn är de nationellt uppsatta målen för transportsektorns omställning. Dessa beskrivs i kapitel 0

Mål inom transportsektorn. De styrmedel som finns verkar mot att nå dessa mål, och målen kan därför ses som en typ av styrmedel.

En översikt över de huvudsakliga styrmedlen inom transportsektorn visas i Figur 52. Styrmedlen i figuren fångar upp både konkreta styrmedel såsom exempelvis flygskatten och ladda hemma-stödet men även regelverk och initiativ som inom sig rymmer flera subdelar (exempelvis hållbarhetskriterierna som sätter upp ramarna för vad som klassas som hållbar bioenergi och hur dessa måste redovisa och ITS-direktivet som är ett övergripande direktiv för Intelligent transportssystem).

I figuren har styrmedlen delats upp i tre kategorier – *produktion, distribution och dess infrastruktur samt användning*. Styrmedel inom produktion bidrar till utsläppsminskningar genom att exempelvis bidra till diversifierade teknikval eller ge stöd till hållbara drivmedel. Styrmedel inom distribution och infrastruktur skapar förutsättningar för hållbara drivmedel, några exempel på sådana styrmedel är EU-bidrag för laddinfrastruktur och bonus-malussystemet. Inom distribution och infrastruktur behövs även styrmedel för hamnar, vägar etc., i denna studie är dock fokus framförallt på fordon och drivmedel snarare än transportsystemet i stort. Styrmedel inom användning påverkar beteenden och efterfrågan hos användare på olika vis. Det kan vara styrmedel som är riktade mot slutanvändaren av transporter, såsom exempelvis trängselskatt och flygskatt, såväl som systemomfattande åtgärder likt EU ETS och reduktionsplikten.

Figur 52: Styrmedel inom transportsektorn uppdelat på transportslag samt produktion, distribution och användning

	Produktion	Distribution och infrastruktur	Användning
Väg och tåg	Hållbarhetskriterierna Bränslekvalitetsdirektivet "EU:s klimat-tull" Gika EU-stöd: EU innovation fund, Horizon Klimatklivet	EU-bidrag för laddinfrastruktur ITS-direktivet Rumplagen Bonus Malus Ladda hemma-stödet Stödladdare organisationer och BRF TfV: Bidrag snabbaddare elfordon Klimatklivet (bidrag publika laddstationer) Elbusspremien, miljöladdbilspremien Stadsmiljöavtalen	Förnybarhetsdirektivet Hållbarhetskriterierna Energiskattedirektivet Förordning om utsläppsnormer Förslag: Transportsektorn med i EU ETS Energi- och CO ₂ -skattebefrielse biodrivmedel Energi- och CO ₂ -skatt Reduktionsplikten Incitament för smarta mobilitetstjänster Trängselskatt Reducerad energiskatt på el för tåg
Sjöfart	"EU:s klimat-tull" Gika EU-stöd: EU innovation fund, Horizon	Klimatklivet Stadsmiljöavtalen	Förslag: Transportsektorn med i EU ETS Svaveldirektivet
Flyg	"EU:s klimat-tull" Gika EU-stöd: EU innovation fund, Horizon	Klimatklivet	EU ETS CCRSIA (globalt) Flygskatt

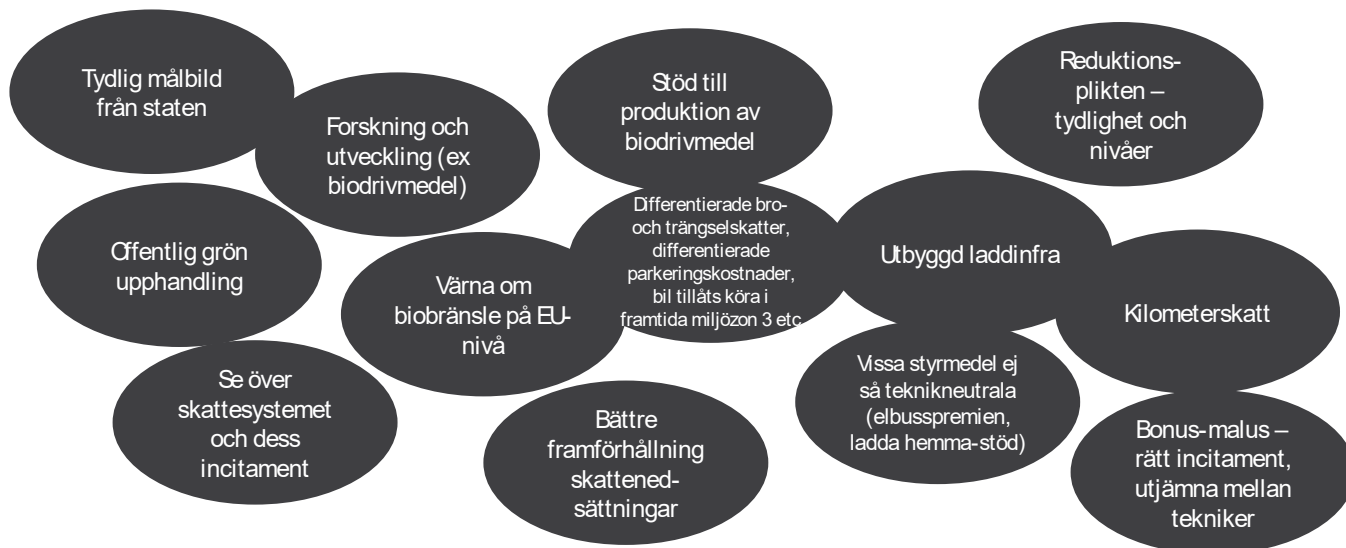
Lokal nivå Nationell nivå EU-nivå

Källa: Sweco antagande

I den klimatpolitiska handlingsplan som regeringen presenterade i december 2019[67] finns ett antal ambitioner, prioriteringar och planerade insatser inom många olika sektorer både nationellt och internationellt (totalt 132 punkter). Klimatpolitiska Rådet gör årligen en uppföljning av handlingsplanen och bedömningar av dess innehåll. Det senaste underlaget (Klimatpolitiska Rådets rapport 2021[64]) visade att de planerade insatserna genomgående är diffust beskrivna, att det saknas en tidplan för genomförande samt en tydlig plan rörande ansvarsfördelning. Klimatpolitiska rådet noterar även att cirka 40 procent av punkterna i handlingsplanen rör transportsektorn.

Trots de olika styrmedlen som finns kan dock sägas att det finns luckor inom var styrmedlen verkar: exempelvis finns det inga/begränsat med styrmedel som verkar mot sjöfarten och biodrivmedelsproduktion. Som nämndes tidigare visar exempelvis Klimatpolitiska rådets genomgång att ytterligare styrmedel behöver komma till för att nå måluppfyllelse. Figur 53 visar exempel på styrmedelsförslag som branschen framhållit för att ge en ökad måluppfyllnad. Även denna figur innehåller såväl mer specifika styrmedelsförslag (exempelvis kilometerskatten) som bredare åtgärder som kan ta sig bredare uttryck genom exempelvis skrivningar i flera EU-direktiv (exempelvis värna om biobränsle på EU-nivå).

Figur 53: Olika kategorier av styrmedelsförslag för transportsektorn, med fokus på fordon och drivmedel



Källa: Sweco, med underlag samlat från olika aktörer⁶⁶

6.2 Styrmedelsutveckling

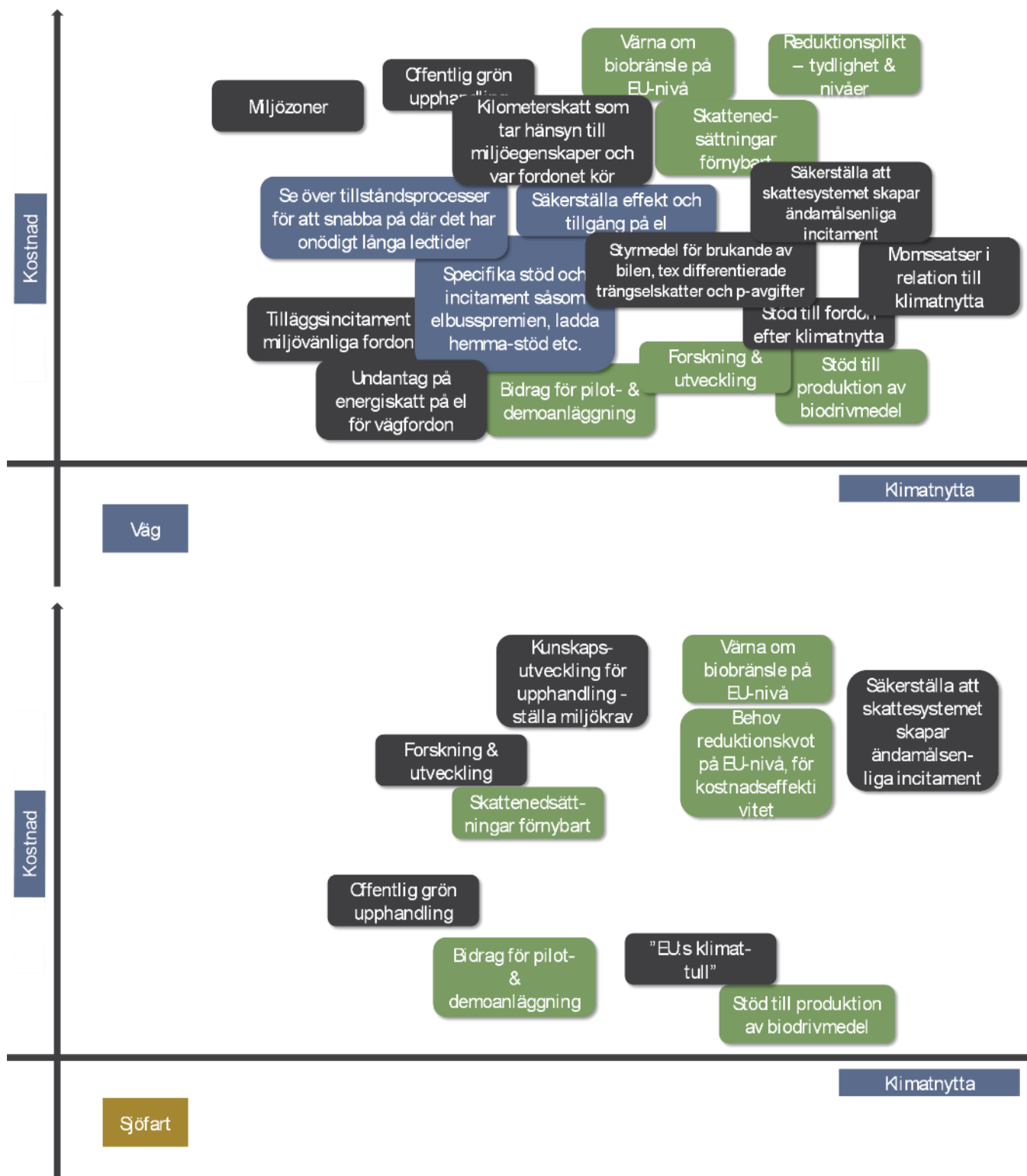
För att nå uppsatta mål bedöms en palett av lämpliga lösningar behövas i transportsektorn. En kombination av elektrifiering och biodrivmedel samt både riktade åtgärder och strategisk planering förväntas spela viktiga roller. Även styrmedel som prioriterar användning och anpassning av befintlig infrastruktur framför nya investeringar ses som viktiga för att uppnå målen på ett kostnadseffektivt vis. Omställningen kommer att kräva investeringar och leda till ökade kostnader för transportsektorns aktörer, och det är därför viktigt att beakta betalningsvilja i olika skeden vid utformandet av styrmedelsportföljen.

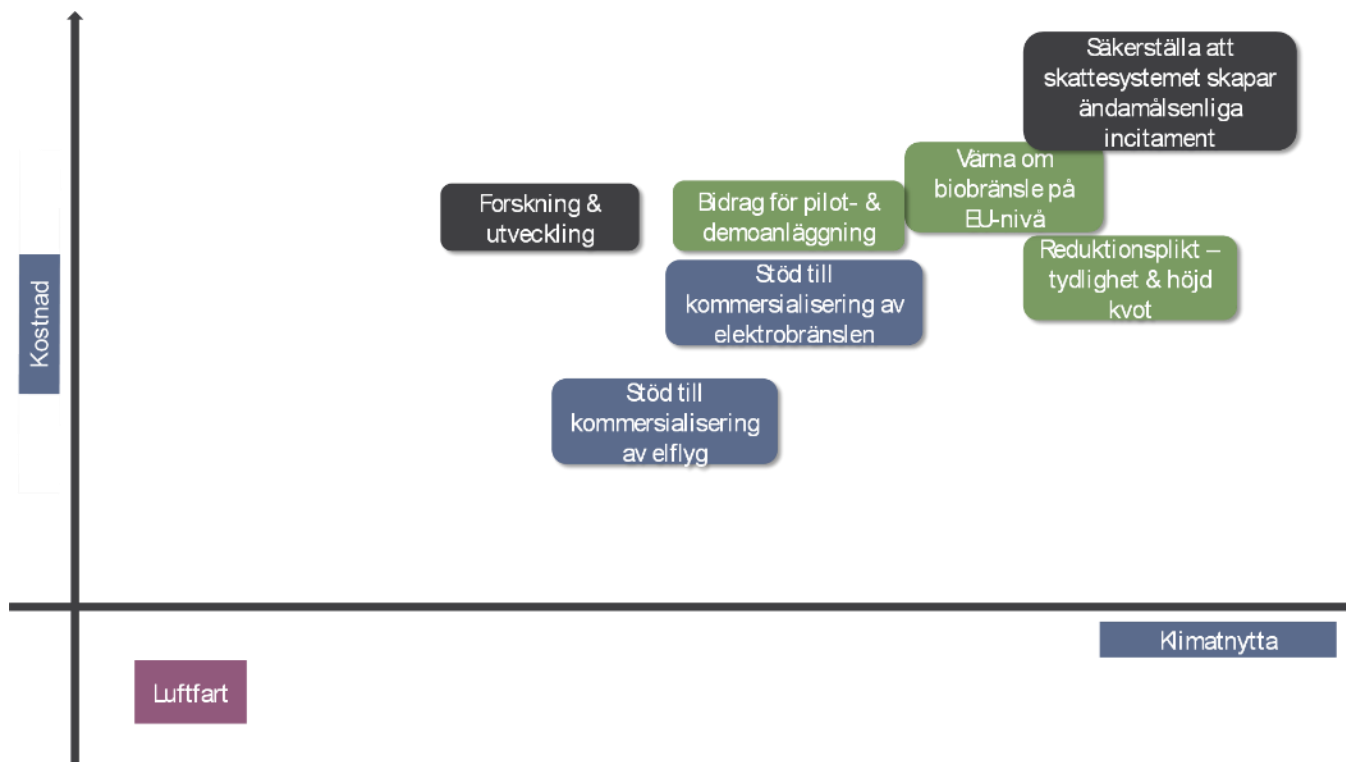
Sweco har genom inspel från ett antal aktörer i den svenska transportsektorn gjort en bedömning av effektivitet för olika styrmedel inom väg, sjöfart respektive luftfart. I bedömningen vägs både kostnadseffektivitet och nytta in, samt vilka luckor som finns i befintliga styrmedel. I Figur 23 visas en översikt av den bedömning som Sweco gjort av kostnadseffektivitet och klimatnytta för olika policyinsatser för vägtransporter, sjöfart respektive luftfart (samt sjöfart även om detta inte varit fokus) där en del av metoden är en expertworkshop. Bedömningen har till stor del baserats på underlag från en expertworkshop med deltagare från olika delar av transportsektorn. Som kan ses av matrisen bedöms åtgärder kopplade till biodrivmedel (gröna boxar) generellt ha hög klimatnytta och i de flesta fall hög kostnadseffektivitet. Dessa delar kan därför sägas vara "lågt hängande frukter", och bör genomföras parallellt med satsningar på åtgärder som möjliggör för elektrifiering av framförallt personbilsflottan. Det pågår (framförallt på EU-nivå) en kritisk diskussion om biodrivmedel kopplat till hållbarhet och tillgång, och ifall ett förbud av förbränningsmotorer infördes skulle detta omöjliggöra fortsatt biodrivmedelsanvändning. Sverige har, sett till användningsvolym, goda förutsättningar för hållbar biodrivmedelsproduktion, vilket deltagare i denna studie också tryckt på.

⁶⁶ Åtgärder i färdplaner, <https://fossilfrittisverige.se/fardplaner/>, 2030-sekretariatet, Bil Sweden, Energigas Sverige, Elektrifieringskommissionen, Drivkraft Sverige, Skogsindustrierna, IKEM, Sveriges Åkeriföretag, Klimatpolitiska rådet

Notera att bilden refererar till kostnadseffektivitet utifrån samhällets alla aktörers kostnader, dvs inte bara utifrån någon aktörs enskilda perspektiv (exempelvis statens).

Figur 54: Bedömning av kostnadseffektivitet för olika styrmedel inom väg, sjöfart respektive luftfart





Källa: Sweco, med underlag samlat från olika aktörer⁶⁷

Några aspekter som lyfts särskilt av branschens aktörer:

- Det är viktigt att omställningen av Sveriges transportsektor och dess åtgärder ses i en internationell kontext – åtgärder och styrmedel bör ligga i linje med sådant som sker internationellt. Detta innebär inte, som resonerats om ovan, att Sverige inte kan vara ett föregångsland - *liknande åtgärder men tidigare än andra* är då formeln.
- Timing och mognadsgrad avgörande för om styrmedel får avsedd verkan och god effekt.
- Att säkerställa att det finns tillgång till el och elnätskapacitet är viktiga förutsättningar för att möjliggöra en snabb och omfattande elektrifiering av transportsektorn.
- Även sådant som ligger i det lägre spannet av klimatnytta och kostnadseffektivitet kan fylla ett viktigt syfte, inte minst utifrån det från politiken uttalade syftet att Sverige ska vara ledande i omställningen. Exempelvis pilot- och demoanläggningar kan fylla ett viktigt syfte i att kommersialisera ny teknik genom att skapa viktiga erfarenheter för inblandade aktörer, ge möjlighet att föra dialog samt pröva på olika affärsmodeller.
- Tvingande åtgärder såsom reduktionsplikt skapar investeringstrygghet för marknadens aktörer och möjliggör betydande volymer av förnybart i närtid, givet att de har en lång tidshorisont och god planeringsbarhet.
- Forskning och utveckling är svårt att bedöma klimatnyttan av eftersom det är lite av "hög risk hög utdelning" – om det träffar rätt kan de få mycket högre effekter än till exempel skattesatser. Forskning och utveckling har en än mer central roll för luftfarten där det kommer att vara en viktig del i arbetet att få certifierade biodrivmedel och nya tekniker för att använda el och vätgas.
- Offentlig upphandling som väger in klimatpåverkan bedöms ha god potential att skapa nytta – krävs dock genomförandekapacitet och ökad kompetens.

⁶⁷ Deltagare vid expertworkshop som hölls digitalt 11 maj 2021 med representanter från branschorganisationer, företag inom transportbranschen samt akademien.

- För sjöfart krävs EU-gemensamma åtgärder (eller ännu hellre globala) eftersom få fartyg bunkrar i Sverige och tendensen att bunkra i andra länder skulle öka vid en nationell reduktionsplikt.
- För luftfart bedöms att reduktionsplikt så som ju nu kommer att införas nationellt är ett gångbart alternativ – även om EU-nivå eller global nivå är bättre givet risken för koldioxidläckage⁶⁸. En oenighet råder kring huruvida en reduktionsplikt kommer att möjliggöra den teknikutveckling och investeringar som krävs för biodrivmedel i flyg eller om det behövs andra kompletterande insatser såsom investeringsstöd för biodrivmedelsproduktion för att möjliggöra skiftet.
- Viktigt att säkerställa att hela kedjan är hållbar – såsom hållbarhetskriterier för biodrivmedel, fossiloberoende kraftproduktion och att säkra hållbart producerad vätgas och elektrobränslen.

Utöver detta framhåller även branschens aktörer att vissa av dagens styrmedel är missriktade. Framförallt lyfts att det idag är en komplex blandning av styrmedel och att bara addera fler styrmedel inte ger mer effekt: det är viktigare med få med god styreffekt. Det framhålls även att vissa styrmedel är för tekniks specifika (exempelvis har elbusspremien inte styrt specifikt mot mer el) samt att de policybeslut som fattas på EU-nivå ibland kan motverka förutsättningarna för omställningen av Sveriges transportsektor (exempelvis fokuset på utsläpp vid avgasrör⁶⁹ snarare än klimatnytta).

I juni 2021 publicerades en statlig utredning ("Utfasningsutredningen") [68] om Sveriges väg bort från fossila drivmedel. I denna utredning lyfts ett antal policyförslag som Sweco analyserat som en del av underlaget. Utredningen som initierades i december 2019 hade i uppdrag att titta på om fossila drivmedel kan fasas ut och som ett verktyg titta på om förbränningsmotorn kan fasas ut. Utredningen konstaterar att ett nationellt förbud mot förbränningsmotorer troligen inte är möjligt som enskilt EU-land. Istället föreslås dels ett gemensamt EU-agerande för ett sådant förbud, dels en fortsatt reduktionsplikt som leder till att fossila drivmedel de facto är utfasade år 2040. Det bör noteras att reaktionerna från åtminstone den nuvarande styrande regeringskonstellationen var att man trots allt önskar gå vidare med någon form av förbud, vilket också bl.a. Volvo Cars på svensk nivå föreslagit och en lång rad tunga fordonstillverkare och transportköpare föreslagit nyligen på EU-nivå till år 2035. Utredningen föreslår att reduktionsplikten blir det huvudsakliga verktyget för att stoppa de fossila drivmedlen till 2040, med så tuffa klimatmål att de endast kan uppnås med förnybara drivmedel och elektrobränslen. Reduktionsplikten föreslås även förändras så att rena och höginblandade flytande biodrivmedel inkluderas samt att, om möjligt, samma reduktionskrav sätts för bensin och diesel. På sikt föreslås att reduktionsplikten går mot ett system med överlåtningsbara utsläppsrätter om möjligt på EU-nivå. Även sjöfart bör ingå. Utöver detta lyfts även möjligheten att ha en kvot för avancerade biodrivmedel samt för elektrobränslen, vilket skulle kunna driva fram produktion av dessa typer av drivmedel.

Bonus malus för personbilar görs enligt förslaget om så att bonusen för nya bilar med låga utsläpp stegvis fasas ut och malusen skärps och förlängs i tid så att den blir mer styrande också för begagnatmarknaden. På nationell nivå föreslås ett riksdagsbundet mål om endast nollutsläppsfordon i nybilsförsäljningen av personbilar 2030, med tyngre fordon och arbetsmaskiner något senare. Man vill även verka för att detta ska ske på EU-nivå.

Utredningen föreslår även att avancerade biobränslen och elektrobränslen bör öka, och att de bör få en särskild kvot i reduktionsplikten. Det lyfts även att hemmaladdning bör främjas genom ökade krav vid ny- och ombyggnationer och/eller ökat stöd. Även arbetsmaskiner bör få ta del av statliga insatser för elektrifiering. Utredningen föreslår en utredning av framtida beskattning av användningen av transportsystemet, för att skapa ett effektivt kapacitetsutnyttjande och internalisera trafikens externa kostnader, såsom genom en avståndsbaserad vägskatt för både lätta och tunga fordon.

Utredningen är omfattande och innehåller många aspekter och förslag som kan studeras vidare. Det noteras att värdet av att nyttja befintlig infrastruktur inte fångas upp i särskilt stor utsträckning, vilket är ett perspektiv som kan kompletteras med.

Denna rapport fokuserar i allt väsentligt på nationell policy och nationella styrmedel, utifrån att de pågående policyförändringarna på EU-nivå är så omfattande och i skrivande stund så osäkra att de bör behandlas i en separat,

⁶⁸ Att utsläpp inte minskar utan flyttar utomlands

⁶⁹ Att utsläpps mäts i faktiska koldioxidutsläpp vid avgasröret snarare än att ta hänsyn till att det är fossila utsläpp eller biogena utsläpp från biobränsle

fullödig analys. Bland annat kommer ett omfattande policypaket – ”EU fit for 55” som syftar till EU:s höjda klimatambitioner 2030 – att presenteras de 14 juli. Helt kort bör därför ändå ett antal viktiga av EU givna förutsättningar nu och förväntningar framgent nämnas:

- **Taxonomi** är EU:s verktyg för att bedöma hur hållbar en aktivitet är. Taxonomi är tvingande ur redovisningssynpunkt för alla bolag med över 500 anställda, däremot är det inte tvingande att nå eller ens sträva efter en hög andel hållbart - men för att kunna åtnjuta EU-stöd, låga räntor från banker och investeringskapital förväntas många ändå eftersträva detta. De två första delarna av totalt sex har hittills presenterats av kommissionen, minskad klimatpåverkan och klimatanpassning. De inkluderar bland annat kommande krav (2026) på elbilar i fordonsflottan, med en acceptans för biodrivmedel som långsiktigt hållbara med långtgående krav på produktion och råvaror. Kommande delar ska presenteras senare under 2021 och 2022, och inkluderar bl.a. biodiversitet och cirkulär ekonomi, som båda får relevans för omställningen av transportsektorn, inte minst biodrivmedelssidan.
- **Förnybartdirektivet REDII** (Renewable Energy Directive) innebär långtgående krav på biodrivmedel, både ur klimatsynpunkt och avseende lokal hållbarhet. Drivmedel framställda ur grödor som kan användas för livsmedelsproduktion står enligt direktivet inför en utfasning, även om medlemsländer fortsatt kan använda dem i t.ex. egna reduktionspliktssystem.
- **EU:s gröna giv (green deal)** är vägen till EU:s skärpta klimatmål med 55 procent minskad klimatpåverkan mellan 1990 och 2030 samt klimatneutralitet till år 2050. Den gröna giv innehåller en lång rad olika förslag från kommissionen, varav många ännu bara är annonserade men inte presenterade (planeras presenteras 14/7). Bland de mest relevanta som redan lanserats finns EU:s vätgasstrategi och EU:s batteriallians.
- **EU ETS:** EU:s utsläppshandelssystem omförhandlas i skrivande stund (juni 2021) för att svara upp mot EU:s skärpta klimatåtaganden. Att föra in sjöfarten i utsläppshandeln diskuteras, liksom att inkludera all flygfart samt flygets höghöjds effekt. Detta skulle öka efterfrågan på elektrobränslen, biodrivmedel och elektrifierat flyg.
- **EU:s återstartsfacilitet**, Recovery and Resilience Facility, med 672,5 miljarder euro i lån och stöd till medlemsländerna, har krav på 37 procent hållbarhet i investeringarna.
- **Euro 7-krav** på nya personbilar ska införas 2025, med så strikta krav på kväveoxider (NOx) och kolmonoxid att bl.a. tyska fordonsindustrins branschorgan VDA bedömer att de endast kan nås med eldrift[69].
- **Utsläppskrav på nya bilar** innebär att från 2021 får nya bilar maximalt släppa ut 95 g CO₂/km och nya lätta lastbilar maximalt 147 g CO₂/km, justerat per bilmärke utifrån bland annat genomsnittlig vikt. För år 2025 ska personbilars och lätta lastbilars utsläpp ha minskat med 15 procent, för år 2030 ska de ha minskat med 37,5 procent respektive 31 procent. Ingen hänsyn tas till biodrivmedels minskade klimatpåverkan, innebärande att målen påskyndar en elektrifiering (EV eller PHEV). [70]
- **Clean Vehicle Directive** är ett EU-direktiv och ska införas i nationell lag senast 2 augusti 2021, och slår fast att minst 38,5 procent av Sveriges offentliga, statliga upphandling måste bestå av bilar som t.om. 2025 släpper ut max 50 g/km CO₂, därefter enbart nollutsläppsfordon. På tunga sidan är kravet drift på el, fordonsgas eller biodrivmedel, 10 procent av alla lastbilar och 45 procent av alla bussar t.om. 2025 och 15 procent respektive 65 procent därefter.[71]

Dessa pågående förändringar på EU-nivå kommer att få betydande påverkan för transportomställningen i Sverige och det är viktigt att förhålla sig till dessa vid utformningen av nationell policy.

6.3 Förslag på styrmedelsutveckling framåt

Det är tydligt att transportsektorn är komplex och att många typer av styrmedel och samverkansformer krävs för att möjliggöra omställningen. Som nämnts tidigare är fokus i denna studie på åtgärder kopplade till fordon och drivmedel. I denna studie görs inte en fullständig kartläggning av alla styrmedelsförändringar som bör komma till för att möjliggöra transportsektorns omställning, men vissa utvalda förslag ges särskilt fokus baserat på detta projekts litteraturstudier,

intervjuer, kartläggningen av vad olika branscher tycker, inspel från expertworkshop samt baserat på Utfasningsutredningens förslag. Viktiga aspekter för styrmedelsutveckling framåt är därför:

- Flera olika energislag kommer att behövas för att möjliggöra transportsektorns omställning – styrmedel bör överlag verka för att skapa incitament bort från fossilt snarare än mot enskilda kraftslag.
- Det är viktigt att omställningen av Sveriges transportsektor och dess åtgärder ses i en internationell kontext. Detta är inte minst viktigt för åtgärder inom sjöfart och luftfart.
- Många styrmedel riktar sig idag mot användarsidan vilket är bra för att skapa en efterfrågan, dock kan visst stöd behövas på utvecklingssidan och/eller stöd till investeringar i produktion (av biodrivmedel, elektrobränslen mm) för att skapa teknikutveckling och överbrygga risk.
- Tvingande åtgärder såsom reduktionsplikt skapar investeringstrygghet för marknadens aktörer och möjliggör betydande volymer av förnybart i närtid, givet att de har en lång tidshorisont och god planeringsbarhet.
- Ytterligare styrmedel behövs kopplat till sjöfart och luftfart för att möjliggöra omställningen i dessa sektorer. Här blir den internationella kontexten än viktigare.
- Att säkerställa att det finns tillgång till el och elnätskapacitet är viktiga förutsättningar för att möjliggöra en snabb och omfattande elektrifiering av transportsektorn.
- Offentlig upphandling som väger in klimatpåverkan bedöms ha god potential att skapa nytta – krävs dock genomförandekapacitet och ökad kompetens.
- Det är viktigt att säkerställa att hela kedjan är hållbar – såsom hållbarhetskriterier för biodrivmedel, fossiloberoende kraftproduktion och att säkra hållbart producerad vätgas och elektrobränslen.
- Forskning och utveckling är svårt att bedöma klimatnyttan av men är viktigt för att driva utvecklingen framåt. Detta är speciellt viktigt för delar av transportsektorn där det idag saknas förnybara godkända/certifierade alternativ såsom för luftfart.
- Även sådant som ligger i det lägre spannet av klimatnytta och kostnadseffektivitet kan fylla ett viktigt syfte, för att gå före och visa att teknik och kommersialisering är möjlig.

Styrmedelsportföljen behöver ses över för att möjliggöra skiftet till förnybart, här har exempelvis Utfasningsutredningen flera förslag som kan utvärderas vidare. Flera utredningar och initiativ pågår även på Sverigenivå (exempelvis Trafikanalys uppdrag) liksom på EU-nivå (se exempel i punktlistan tidigare med pågående EU-policyutveckling) liksom globalt inte minst inom sjöfart och luftfartssektorn.

Transportsektorn är komplex och de målsättningar, policy och styrmedel som sätts för att nå uppsatta klimatpolitiska mål måste ta hänsyn till många delar. En slutsats från denna studie är att det är viktigt att skapa incitament för att möjliggöra investeringar i omställningen, vilket mer konkret innebär investeringar i biodrivmedelsproduktion, laddinfrastruktur, batterifabriker och andra investeringar som behövs. Omställningen kommer att kräva investeringar och leda till ökade kostnader för transportsektorns aktörer. Samtidigt bör politiken verka för att omställningen sker så kostnadseffektivt som möjligt, något som bedöms ske delvis genom att låta marknaden styra vilka lösningar som når kommersialisering och delvis genom att, i den mån det är möjligt, återanvända befintlig infrastruktur. Detta är även av vikt för att i tillräckligt snabb takt kunna frångå det fossila. Utöver att politiken skapar rätt incitament för aktörerna är även vikten av samverkan mellan olika aktörer – även mellan branscher och i olika länder – viktigt för att möjliggöra transportsektorns omställning.

7 SLUTSATSER & FORTSATT ARBETE

Transportsektorn utgör en betydande andel av Sveriges utsläpp av växthusgaser och står därför inför en omfattande omställning. Omställningen kommer att kräva stora investeringar, oavsett vilka som bidrar till och genomför dem. Vid beslut om styrmedel för introduktion av nya drivmedel är det relevant att ha befintlig infrastruktur i åtanke för att skapa kostnadseffektiva lösningar. I denna rapport har följande presenterats och diskuterats för att belysa detta närmare:

1. Scenarier för tre olika elektrifieringsnivåer gällande vägtrafik, bantrafik, sjö och flyg.
2. Koldioxidreducering per scenario.
3. Behov och kostnader för distributionsinfrastruktur för drivmedel för dessa tre scenarier.
4. Åtgärder för att stödja omställningen, med fokus på förnybara drivmedel.

Nedan presenteras övergripande slutsatser. Läs gärna sammanfattningar för kapitel 2-6 direkt under varje huvudrubrik.

7.1 Scenarier, koldioxidreducering och kostnader för drivmedelsinfrastruktur

För att belysa behov av investeringar och åtgärder har tre scenarier utvecklats för olika transportslag och tre olika elektrifieringsnivåer.

Utifrån analysen *Behov och kostnader för infrastruktur för drivmedel* ser vi att det behövs en palett av lämpliga lösningar för att lyckas ställa om till hållbara transporter. Ingående drivmedelsalternativ i scenarierna är förnybara flytande drivmedel, elektrobränslen, biogas, vätgas och el i form av både stationär laddning och elvägar, alla under bestämd marknadsutveckling. För alla trafikslag är den totala kostnadseffektiviteten relativt högre för scenario *Låg elektrifiering*, där en större del av omställningen består av att utnyttja befintlig infrastruktur för distribution, än för *Medel elektrifiering* och *Hög elektrifiering*.

För att lyckas skapa långsiktiga lösningar med goda transportförutsättningar inom samhället kommer både biodrivmedel och elektrifiering att behövas. Det finns dock vägval i omställningen till hållbara transporter, där olika kombinationer och prioriteringar kan göras mellan följande övergripande drivmedelalternativ:

1. Ökad elektrifiering
2. Större andel biogas och/eller vätgas
3. Ökade nivåer av flytande förnybara drivmedel

Enligt genomförd analys är det mest kostnadseffektiva alternativet i distributionsledet att utöka förnybara flytande drivmedel, och medelalternativet att komplettera med mer gas och det minst kostnadseffektiva ren elektrifiering. För alla trafikslag är det kostnads- och resurseffektivt att utnyttja befintlig infrastruktur.

Ur analysen kan också uttydas att det krävs insatser och styrmedel för att sänka investeringskostnaderna för omställningen till hållbara transporter.

Biodrivmedel är idag det bränsle som har mest utbyggd infrastruktur givet dess fossila föregångare. Nya produktionstekniker för biodrivmedel och elektrobränslen är under utveckling och kommer sannolikt få stor betydelse för att möjliggöra omställningen inom transportsektorn.

Det är viktigt att komma ihåg att resultatet endast visar kostnader för distributionsinfrastruktur, och att denna andel av totalkostnaden skiljer rätt markant mellan drivmedelsslagen. I distributionsledet är det kostnads- och resurseffektivt att utnyttja befintlig infrastruktur.

7.2 Åtgärder

Det finns idag ett antal styrmedel som är riktade mot att nå energi- och klimatmålen inom transportsektorn. Flera bedömningar såsom exempelvis Klimatpolitiska Rådets pekar dock på att ytterligare styrmedel behöver komma till för att nå måluppfyllelse.

Det pågår ett antal initiativ och utredningar både nationellt, på EU-nivå och globalt, och att ha med sig det internationella perspektivet är av stor vikt vid policyutformning även på nationell nivå. Även på områden där Sverige medvetet väljer att gå före är det viktigt att känna till internationella initiativ standarder och utvecklingar av marknaderna framåt för att kunna facilitera ett transportsystem som kan matchas in i övriga världens. Utöver att politiken skapar rätt incitament för aktörerna är även vikten av samverkan mellan olika aktörer – även mellan branscher och i olika länder – viktigt för att möjliggöra transportsektorns omställning.

En slutsats från denna studie är att det är viktigt att skapa incitament för att möjliggöra investeringar i omställningen, såsom investeringar i biodrivmedelsproduktion, laddinfrastruktur, batterifabriker och andra investeringar som behövs. Flera olika energislag kommer att behövas för att möjliggöra transportsektorns omställning – styrmedel bör överlag verka för att skapa incitament bort från fossilt snarare än mot enskilda kraftslag.

7.3 Fortsatt arbete

Vidare analyser behöver genomföras för att komplettera studierna i denna rapport. Hela värdekedjan från råvara till produktion och användning behöver belysas närmare utifrån perspektiv såsom tillgångar, aktörer och lönsamhet. Även trender och faktorer som påverkar framtida transportarbete behöver analyseras vidare.

De utvecklade verktygen för denna studie kan användas för vidare analyser utifrån ytterligare variationer av parametrar och mål och resultaten utgöra en grund för analys av olika behov.

Framförallt behövs faktisk implementering för att förverkliga omställningen av transportsektorn.

8 REFERENSER

- [1] Regeringskansliet, "Transportsektorn ställer om för klimatet," 2021.
- [2] Miljödepartementet, "Rapportering enligt förordning (EU) 2018/1999 om styrningen av energiunionen och av klimatåtgärder: Sveriges långsiktiga strategi för minskning av växthusgasutsläppen," 2019.
- [3] Å.-B. Karlsson, M. Daoson, B. Boström, E. Jernbäcker, M. Lundblad, and D. Mjureke, *Betänkande av Klimatpolitiska vägvalsutredningen*. 2020.
- [4] Naturvårdsverket, "Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk," 2020. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Klimat/Sveriges-klimatlag-och-klimatpolitiska-ramverk/>
- [5] Energimyndigheten, "Drivmedel 2019," 2020.
- [6] Infrastrukturdepartementet, "Promemoria Reduktionsplikt för bensen och diesel – kontrollstation Promemorians huvudsakliga innehåll," pp. 1–56, 2021.
- [7] Statens Offentliga Utredningar, "SOU 2021:48: I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040," 2021.
- [8] Infrastrukturdepartementet, "Lagrådsremiss Reduktionsplikt för flygfotogen," no. december 2020, 2021.
- [9] M. Wetterstrand, A. Kannesten, and A. Elofsson, *Biojet för flyget*. 2019.
- [10] F. Sverige, "Färdplan för fossilfri konkurrenskraft - Flygbranschen".
- [11] International Maritime Organization (IMO), "IMO Action To Reduce GHG Emissions From International Shipping," vol. 44, no. 0, 2019.
- [12] Statens energimyndighet, *Scenarier över Sveriges energisystem 2020*. 2021.
- [13] Trafikverket, "Värnamo-Jönköping/Nässjö, elektrifiering och höjd hastighet," 2021.
- [14] Trafikverket, "Nationell plan 2018-2029," 2020.
- [15] Vätgas Sverige, "Kinnekullebanan på väg mot vätgasdrift," 2020.
- [16] Inlandsbanan, "Projekt vätgas i inlandet," 2021.
- [17] Energimyndigheten, "Drivmedel 2019," 2020.
- [18] Energimyndigheten, "Transportsektorns energianvändning," 2021.
- [19] Energigas Sverige, "Statistik om biogas." <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/statistik-om-biogas/> (accessed Jul. 05, 2021).
- [20] Svebio, "Produktion av biodrivmedel i Norden kan öka 400 procent till 2025," 2019.
- [21] E. O. N. B. Sverige, "Biodrivmedel I Norden 2019," no. 6, p. 2020, 2020.
- [22] Trafikverket, *Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter*. 2020.
- [23] Kungl. Ingenjörsvetenskaps Akadimien, "Så klarar Sveriges transporter klimatmålen- En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet.," p. 64, 2019.

- [24] Sweco, "Elektrifiering av Sveriges transportsektor." 2020.
- [25] Trafikanalys, "Fordon på väg," 2021. <https://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/> (accessed Apr. 04, 2021).
- [26] Power Circle, "Elbilsläget 2018," 2018.
- [27] Drivkraft Sverige, "Hur beräknas reduktionsplikten?," 2021.
- [28] Fossilfritt Sverige, "Färdplan för Fossilfri Konkurrenskraft. Fordonsindustrin - Tunga fordon," 2020.
- [29] Fossilfritt Sverige, "Omställning till fossiloberoende tunga godstransporter på väg," 2020.
- [30] "Sjöfartsnäringens färdplan för fossilfri".
- [31] DNV GL, "Maritime Forecast To 2050," *Energy Transition Outlook 2019*, p. 118, 2019.
- [32] Trafikverket, "Sveriges järnvägsnät," 2019.
- [33] Naturvårdsverket, "Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter," 2021.
- [34] "Försäljningsställen – Drivkraft Sverige." <https://drivkraftsverige.se/statistik/forsaljningsstallen/> (accessed Jun. 05, 2021).
- [35] "Leveranser av fordonsgas år 2009–2020, totalt." <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/tillforsel-och-anvandning-av-energi/leveranser-av-fordonsgas/pong/tabell-och-diagram/leveranser-av-fordonsgas-ar-totalt/> (accessed Jun. 06, 2021).
- [36] "Tanka LNG/LBG - Energigas Sverige." <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/fordonsgas-och-gasbilar/tanka-Ing-lbg/> (accessed Jun. 06, 2021).
- [37] "Tanka vätgas - Energigas Sverige." <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/vatgas/tanka-vatgas/> (accessed Jun. 06, 2021).
- [38] L. Magnus, *Behov av laddinfrastruktur för snabbladdning av tunga fordon längs större vägar.*
- [39] "En uppdatering om läget i kraftsystemet. Systemutvecklingsplan 2020-2029." <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2019/systemutvecklingsplan2020-2029.pdf> (accessed Jun. 11, 2021).
- [40] Trafikanalys, "Fordon på väg," 2021.
- [41] "Elbilsstatistik." <https://www.elbilsstatistik.se/laddinfrastatistik> (accessed Jun. 09, 2021).
- [42] Trafikverket, *Behov av laddinfrastruktur för snabbladdning av tunga fordon längs större vägar.* 2021.
- [43] "Snabbladdande elfärjan sjösatt - Vattenfall." <https://www.vattenfall.se/fokus/eldrivna-transporter/elfarjan-es-movitz/> (accessed Jun. 15, 2021).
- [44] E. Wilhelmsen, M. Gjerset, U. Møller, A. K. Wiig, J. Solheim, and T. Andersen, "Kartlegging av status for utbygging av strøm til hotell drift og lading," 2019.
- [45] "Maler og veiledere | Enova." <https://www.enova.no/bedrift/rapportering/maler-og-veiledere/> (accessed Jun. 15, 2021).
- [46] "Elektrifisering av skipsfarten Status for landstrøm i stamnetthavnene."
- [47] Trafikverket, *Regeringsuppdrag - Analysera förutsättningar och planera för en utbyggnad av elvägar.* 2021.
- [48] "Home | Smartroad Gotland." <https://www.smartroadgotland.com/> (accessed Jun. 05, 2021).

- [49] "Elonroad – Charge on the fly." <https://elonroad.com/> (accessed Jun. 05, 2021).
- [50] J. Hansson, E. Fridell, and S. Brynolf, "On the potential of ammonia as fuel for shipping – A synthesis of knowledge.," *Lighthouse reports*, 2020.
- [51] A. D. Korberg, S. Brynolf, M. Grahn, and I. R. Skov, "Techno-economic assessment of advanced fuels and propulsion systems in future fossil-free ships," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 142, no. March, p. 110861, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110861.
- [52] A. D. Korberg, S. Brynolf, M. Grahn, and I. R. Skov, "Techno-economic assessment of advanced fuels and propulsion systems in future fossil-free ships," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 142, no. March, p. 110861, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110861.
- [53] *Large scale bio electro jet fuel production integration at CHP-plant in Östersund , Sweden.*
- [54] Energigas Sverige, "Nationell biogasstrategi 2.0," no. April, 2018.
- [55] C. Wallmark and F. Mohseni, "Vätgasinfrastruktur För Transporter: Fakta Och Konzeptplan För Sverige 2014-2020," no. december, pp. 1–155, 2014.
- [56] J. Andersson and S. Grönkvist, "Large-scale storage of hydrogen," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 44, no. 23, pp. 11901–11919, 2019, doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.03.063.
- [57] S. Hardman *et al.*, "A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 62, pp. 508–523, 2018, doi: 10.1016/j.trd.2018.04.002.
- [58] K. Holmgren, S. Heyne, M. Johansson, and P. Karlsson, "Knoga Fossilfri Framdrift För Tunga Lång-Väga Godstransporter På Väg," 2021.
- [59] *Kunskapsunderlag om energieffektivisering och begränsad klimatpåverkan.*
- [60] A. (Athena A. Jivén, T. (Koucky & P. Renhammar, S. (IVL S. miljöinstitutet) Sköld, and L. (IVL S. miljöinstitutet) Styhre, "Sjöfartens energianvändning-Hinder och möjligheter för omställning till fossilfrihet," 2017.
- [61] M. Taljegard, S. Brynolf, M. Grahn, K. Andersson, and H. Johnson, "Cost-effective choices of marine fuels in a carbon-constrained world: Results from a global energy model," *Environmental Science and Technology*, vol. 48, no. 21, pp. 12986–12993, 2014, doi: 10.1021/es5018575.
- [62] "Tanka LNG/LBG - Energigas Sverige." <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/fordonsgas-och-gasbilar/tanka-Ing-lbg/> (accessed Jun. 06, 2021).
- [63] Trafikverket, "Styrmedel och åtgärder för att minska transportsystemets utsläpp av växthusgaser - med fokus på transportinfrastrukturen," 2016.
- [64] Klimatpolitiska rådet, "Klimatpolitiska rådets rapport 2021," 2021.
- [65] Naturvårdsverket, "Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2021 – Med fokus på statliga insatser," Mar. 2021.
- [66] Regeringskansliet, "Utredning om utfasning av fossila drivmedel överlämnad," <https://regeringen.se/pressmeddelanden/2021/06/utredning-om-utfasning-av-fossila-drivmedel-overlamnas/>, Jun. 01, 2021.
- [67] Miljödepartementet, "Regeringens proposition: En samlad politik för klimatet – klimatpolitisk handlingsplan," 2019. Accessed: Jun. 28, 2021. [Online]. Available:

<https://www.regeringen.se/4a9c81/contentassets/61f93d2abb184289a0c81c75395207b6/en-samlad-politik-for-klimatet--klimatpolitisk-handlingsplan-prop.-20192065>

- [68] Statens Offentliga Utredningar, "SOU 2021:48: I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040," 2021.
- [69] Zeit, "Autoindustrie: Strenge EU-Abgasnorm wäre Aus von Verbrenner," https://www.zeit.de/news/2020-11/15/autoindustrie-strenge-eu-abgasnorm-waere-aus-von-verbrenner?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.mestmotor.se%2F, 2020.
- [70] European Commission, "CO₂ emission performance standards for cars and vans," https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_sv, 2021.
- [71] European Commssion, "Clean Vehicles Directive," https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/clean-vehicles-directive_en. 2021.