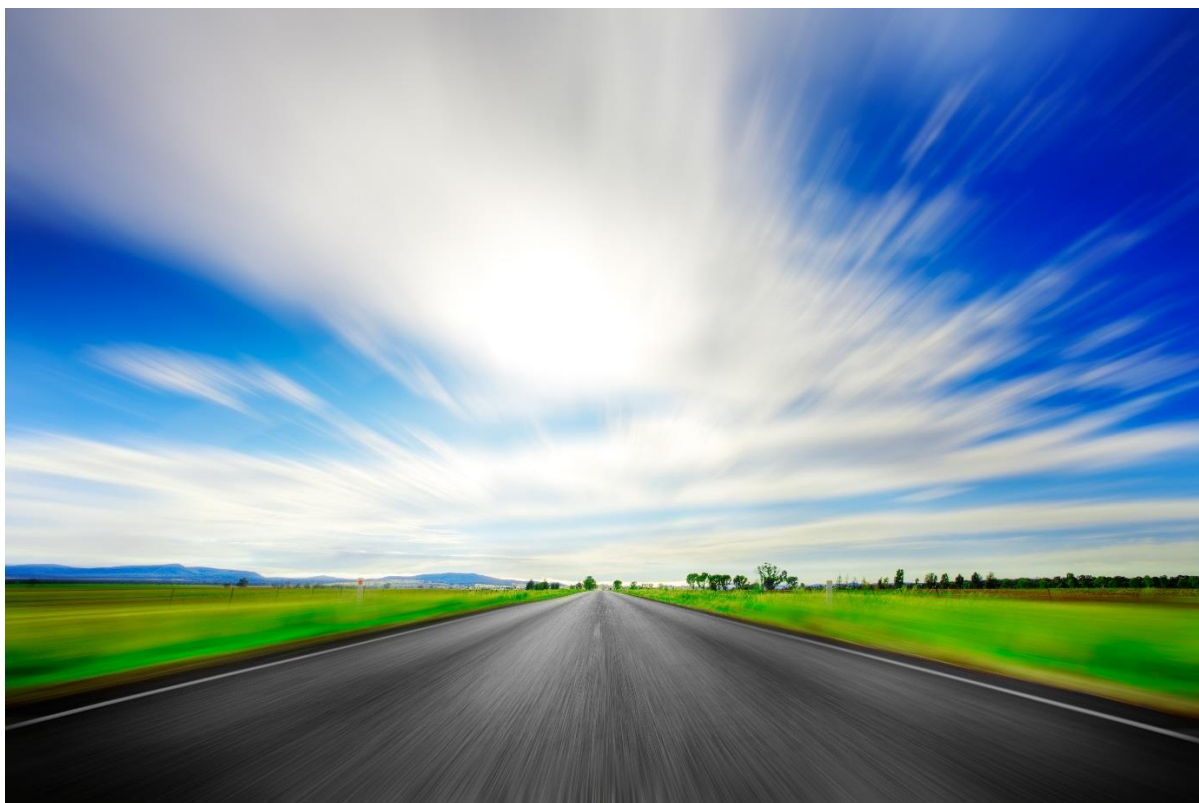


Potentialen i ny teknik i godssystemet



Förord

Trafikanalys regeringsuppdrag (N2015/5047/TS) innefattar att ta fram ett samlat kunskapsunderlag och en nulägesanalys om transporter av gods. Syftet är att ge regeringen ett adekvat underlag inför kommande proposition, för riksdagens beslut om inriktning och ekonomiska ramar för kommande planperiod 2018-2029, men även inför kommande arbete med de gränsöverskridande samverkansprojekt som pågår på Europeisk nivå. Föreliggande studie, som utförts av Sweco, är en del av Trafikanalys regeringsuppdrag.

Sweco vann detta uppdrag som en direktupphandling i konkurrens på uppdrag av Trafikanalys mitten december 2015 med slutleverans 15 februari 2016. Uppdraget skulle alltså genomföras under kort tidsperiod samt var multidisciplinärt i sin natur och därför vitalt att involvera olika kompetenser för att genomföra uppdraget. Det har varit en utmaning att beskriva potentialen i form av energieffektivisering och miljöutsläpp år 2030 med marknadsintroducerade tekniker inom det nationella godssystemet. Det finns osäkerheter i teknikernas potential och genomslag på marknaden och Sweco har utgått från befintliga prognoser om framtidens utveckling medvetna om att det är en väg, bland många, som framtiden kan utvecklas mot.

Jag vill framför allt tacka projektteamet på Sweco som med sin energi, kompetens och kreativa inställning var fundamentala för att genomföra och slutföra uppdraget. Jag vill även tacka Petra Stelling och Krister Sandberg på Trafikanalys samt de cirka 20 deltagare som deltog på en workshop och resonerade om uppdragets slutsatser.

Thomas Sjöström, uppdragsledare

För innehållet i rapporten svarar från Sweco följande personer:

- Farzad Mohseni, Energisystemanalytiker
- Henrik Robertsson, Samhällsekonomi
- Mårten Larsson, Energisystem och Styrmedel
- Per Johansson, Logistik
- Patrik Hillblom och Anton Van Berlekom, Intelligent Transportssystem

Kontaktperson från Trafikanalys har varit Petra Stelling.

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning	6
1 Inledning.....	7
1.1 Bakgrund till uppdraget	7
1.2 Syfte och omfattning	7
1.3 Genomförande	8
2 Nulägesanalys för godstransportsektorn.....	9
2.1 Transportarbete.....	9
2.2 Energianvändning och växthusgasutsläpp	12
3 Framtidsscenarier för godstransportsektorn.....	15
3.1 Prognostiserad energianvändning enligt "Fossilfrihet på väg"	16
3.2 Möjliga utsläppsminskningar enligt "Klimatneutrala godstransporter på väg"	20
4 Ny teknik i godssystemet.....	21
4.1 Alternativa drivmedel.....	21
4.2 Elvägar och elfordon	31
4.3 Sjöfart.....	35
4.4 Logistik.....	38
4.5 Intelligent Transport System	59
4.6 Sammanfattande tabell över nya tekniker.....	66
5 Styrmedel i godssystemet	67
5.1 Inledning.....	67
5.2 Vägtransporter	69
5.3 Järnväg	72
5.4 Sjöfart.....	72
6 Fördjupning i införandepotentialen för nya tekniker	74
6.1 Inledning.....	74
6.2 Urval av bränslen	76
6.3 Elvägar	79
6.4 Logistik.....	79
6.5 Intelligent transport system ITS.....	81
6.6 Järnvägstransporter	82
6.7 Luftfartstransporter.....	83

7	Sammanfattande diskussion och slutsatser	84
	Referenser	88

Sammanfattning

Syftet med uppdraget var att analysera den samlade potentialen i ny teknik för energieffektivisering och reduktion av växthusgasutsläpp i Sveriges system för godstransporter år 2030.

Utvecklandet av nya tekniker i transportsystemet är centralt för att minska de negativa effekterna av fossila utsläpp, trängsel i städerna samt ineffektivitet i transportsystemet. För att nå det övergripande målet med ett fossilfritt transportsystem måste nya tekniker släppas fram. Resultatet av denna rapport visar att det finns flera nya tekniker som har god potential, är implementerade år 2030 och som förbättrar transportmöjligheterna och minskar skadliga utsläpp. Men majoriteten av de nya teknikerna, med undantag för ITS, kommer att behöva stöttning från en samordnad användning av styrmedel, exempelvis drivmedelsskatter eller vägavgifter som styr mot lägre utsläpp och även specifika stöd till vissa typer av infrastruktur och fordon.

En central fråga är att minska växthusgasutsläppen i transportsystemet och inom godstransportsektorn står lastbilarna för majoriteten av dem. Merparten av lastbilstransporterna är under 30 mil vilket gör det svårt för järnvägen att konkurrera oavsett om kostnaderna ökar för lastbilstrafiken på grund av olika styrmedel. Det innebär att om man vill nå stora effekter på utsläppen måste åtgärderna fokuseras på lastbilstrafiken och hur energianvändningen kan minskas och det fossila bränslet ersättas av förnybara alternativ.

Inom vägtransportsektorn finns tekniker som påverkar bränsleförbrukningen och som bidrar till mer energieffektiva transporter. De tekniker som bedöms ha störst potential är inom ITS såsom *Platooning*, *Eco driving med öppen data* och *IAP*. ITS-åtgärder bör även införas parallellt med andra tekniker om syftet är att övergå till fossilfria bränslen. Alternativa bränslen har en god potential, både för lastbilar men också inom sjöfarten, även om det finns begränsningar i produktionspotentialerna för de olika alternativa bränslena.

Inom distributionstrafiken finns en potential för att öka andelen transportarbete som utförs med elektricitet genom elhybrider eller andra lösningar för eldrift. Kostnaderna är i dagsläget stora men sjunker i takt med ökad efterfrågan. Detta område bedöms ha goda effekter och därmed god potential till år 2030. I takt med att distributionstrafiken behöver utvecklas måste även citylogistiken effektiviseras.

Det kan även finnas andra intressanta tekniker med sannolikt goda potentialer men som i nuläget inte bedöms vara införda till år 2030 vilket kan bero på flera anledningar som; kostnaden för företagen blir för hög, det krävs offentliga styrmedel som snabbar på ett införande men som riskerar att påverka företagen alltför negativt, begränsningar i produktionspotentialen för nya bränslen samt regelverken både i Sverige och inom EU måste anpassas vilket är tidskrävande processer.

Summeras fordonsflottans tekniker som ingår i rapporten är en realistisk bedömning att cirka 10-25% av fordonen som har ersatt fossila bränslen med förnybara. Det resulterar i minskade utsläpp med cirka 20 procent vilket motsvarar över 1 100 miljoner kronor i minskade samhällskostnader varje år. Det är dock inte tillräckligt för att nå ett fossilfritt transportsystem till år 2050 och det krävs ökade påtryckningar och snabbare teknikutveckling för att få ett större genomslag.

1 Inledning

1.1 Bakgrund till uppdraget

Syftet med uppdraget är att analysera den samlade potentialen i ny teknik för energieffektivisering och reduktion av växthusgasutsläpp i Sveriges system för godstransporter. Analysen ska beskriva en samhällsekonomisk bedömning samt en uppskattning av växthusgasbesparingen. Hur långt kan man nå för respektive trafikslag till år 2030?

Bedömningen av potentialen kommer att ingå som en del av det regeringsuppdrag Trafikanalys har (N2015/5047/TS) att redovisa ett samlat kunskapsunderlag och en nulägesanalys om transporter av gods inför kommande proposition, för riksdagens beslut om inriktning och ekonomiska ramar för kommande planperiod 2018-2029.

Sverige är beroende av ett hållbart och effektivt godstransportsystem, som också kan bidra till regeringens målsättning om att Sverige ska ha Europas lägsta arbetslöshet år 2020. Regeringens mål är också att de nationella miljömålen ska klaras. Visionen är att Sverige år 2050 inte ska ha några nettoutsläpp av koldioxid.

För att klara klimatutmaningen behöver godstransporterna förändras. Det handlar om ett arbete i flera dimensioner. Dels krävs det att användningen av fossila bränslen minskar, dels krävs det att transporterna blir mer energieffektiva. Det kan också innebära krav på att transporterna minskar. Detta kan ske på olika sätt: genom teknisk utveckling beträffande fordon/motor, emissionsrening, effektivare logistik, effektivare ruttplanering och vägval genom ITS, ny infrastruktur för laddning av el respektive tankning av alternativa bränslen, utveckling och övergång till nya bränslen, elektrifiering osv.

Under de senaste åren har till exempel utvecklingen av kapacitetsökning och kostnadsminskningen för batterier gått snabbt och väntas fortsätta i samma takt framöver. Ren HVO har blivit certifierat som drivmedel för exempelvis alla Scania Euro 6 och Volvo Euro 5 och 6 lastbilar. Hybridfordon utvecklas inte bara för väg utan även för sjöfart och järnväg. El-vägar har gått in i demostadiet och automatiseringen tilltar inom flera områden. Tekniker för att lyfta över semitrailers som saknar lyftanordning till järnväg har utvecklats. Vätgasstationer för fordon med bränsleceller har introducerats på marknaden. Vad kan vi förvänta oss av dessa och andra tekniker år 2030?

1.2 Syfte och omfattning

Syftet är att analysera potentialen i teknisk utveckling och nya innovationer som påverkar godstransporter, med målet att utveckla ett transportsystem som är hållbart och samhällsekonomiskt effektivt. Studien avser inrikes godstransporter och täcker samtliga trafikslag. Resultatet redovisas för respektive teknik och som helhet i ett systemperspektiv. De huvudsakliga frågeställningarna som besvaras är:

- Vilken ny teknik finns?

- Vad är potentialen för respektive teknik avseende energieffektivisering och minskade utsläpp av växthusgaser år 2030 jämfört mot idag?
- Vilka styrmedel kan vara aktuella för införandet av de nya teknikerna?

Rapporten beskriver en realistisk bedömning av potentialen i införandet av ny teknik år 2030 vilket kräver en inventering av nuläget samt en bedömning av vad som krävs för att respektive teknik ska bli marknadsmogen och när detta kan ske. Andra frågeställningar som vilka kostnader innebär tekniken, vilka hinder finns och vilka styrmedel kan vara aktuella för att snabba på implementering redovisas i rapporten samt om det är samhällsekonomiskt realistiskt att med olika typer av styrmedel snabba på ett införande?

1.3 Genomförande

Uppdraget har genomförts i fyra steg:

1. Inventering av ny teknik

Kartläggning och sammanställning av de tekniker som kan påverka utsläpp och energiåtgång för samtliga trafikslag inom områdena fordon, fordonsbränsle, logistik och intelligenta transportsystem och som bedöms vara marknadsintroducerade år 2030. Teknikerna beskrivs översiktligt i rapporten.

2. Potentialbedömning av respektive teknik

Teknikernas potential bedöms efter möjligheter att minska energiåtgång och växthusgasutsläpp. Samhällsekonomiska effekter bedöms och beskrivs för respektive teknik.

3. Styrmedel för att snabba på införandet av nya tekniker

En analys över vilka styrmedel som kan snabba på ett eventuellt införande av de nya teknikerna redovisas samt kostnad på övergripande nivå.

4. Workshop för teoretisk validering av projektresultat

En workshop enligt Triple Helix konceptet genomfördes med fokus på teknikernas marknadsmässiga rimlighet, genomslagskraft och samhällsekonomiska nytta.

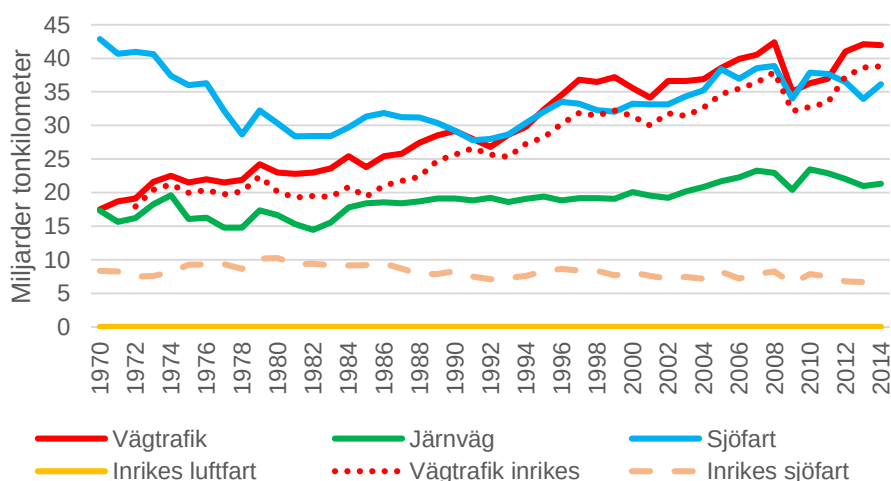
2 Nulägesanalys för godstransportsektorn

Detta avsnitt är en nulägesanalys för godstransportsektorn i Sverige som avser, fordon, trafikflöden och energianvändning. Syftet är att få en bild över befintlig situation, energiåtgång och utsläpp, för att veta inom vilka områden som potentialen för ny teknik är som störst och lämplig att fokusera på. Sammanställningen nedan visar att godstransporterna med lastbil har ökat kraftigt under de senaste årtiondena och att de förväntas fortsätta öka framöver. Det innebär att godstransporter troligtvis kommer att stå för en ännu större andel av Sveriges växthusgasutsläpp framöver. Även godstransportarbetet inom järnväg och sjöfart förväntas öka framöver. Sammanställningen visar också att godstransporter på väg står för den största delen av energianvändningen och växthusgasutsläppen.

Trafikverkets ”Prognos för godstransporter 2030 -Trafikverkets basprognos 2015” utgör ett viktigt referensunderlag för att bedöma utvecklingen i godstransportsektorn, och det gör även resultat från KNEG (Klimatneutrala godstransporter på väg) samt den statliga utredningen ”Fossilfrihet på väg”.

2.1 Transportarbete

Vägrafiken och sjöfarten står för de största andelarna av det totala godstransportarbetet och år 2014 uppgick det till 42 respektive 36 miljarder tonkilometer, Figur 1. Godstransportarbetet på järnväg uppgick samma år till 21 miljarder tonkilometer. Ökade godstransporter har historiskt sett varit kopplat till ekonomisk tillväxt. Det illustreras bland annat i de minskade transporterna under finanskrisen 2008.

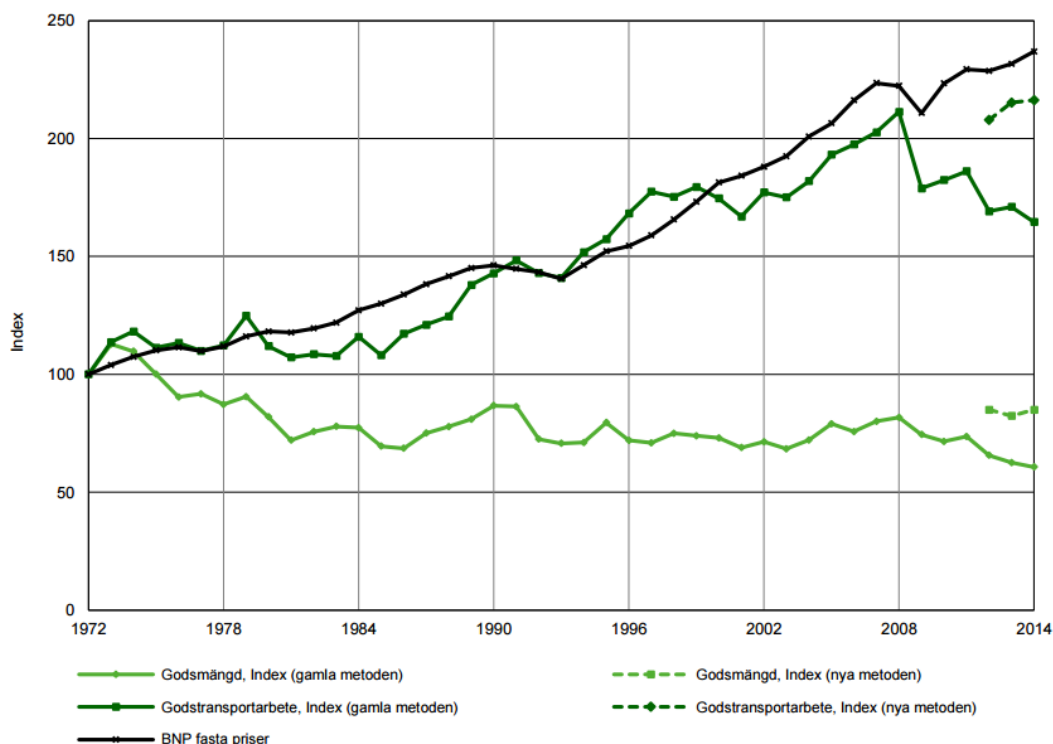


Figur 1 Godstransportarbete per trafikslag 1970-2014. ¹

¹ Trafikanalys, 2014, <http://www.trafa.se/sv/Statistik/Transportarbete/>

Vägtransporter

Utvecklingen för godstransporter på väg framgår av Figur 2. Den visar att mängden gods har minskat något under de senaste 40 åren, men att godstransportarbetet har ökat kraftigt.

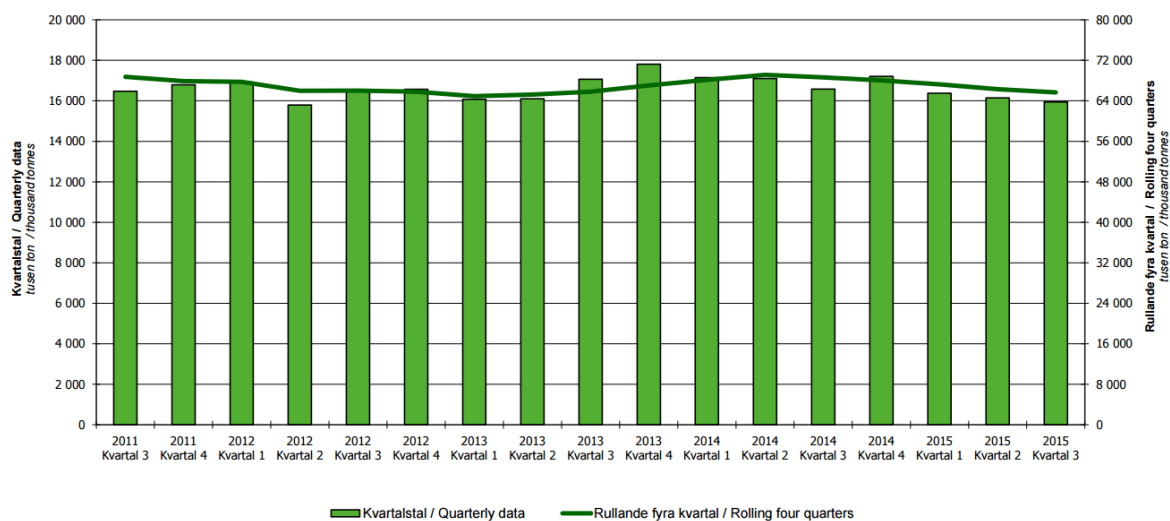


Figur 2 Godstransporter på väg. ²

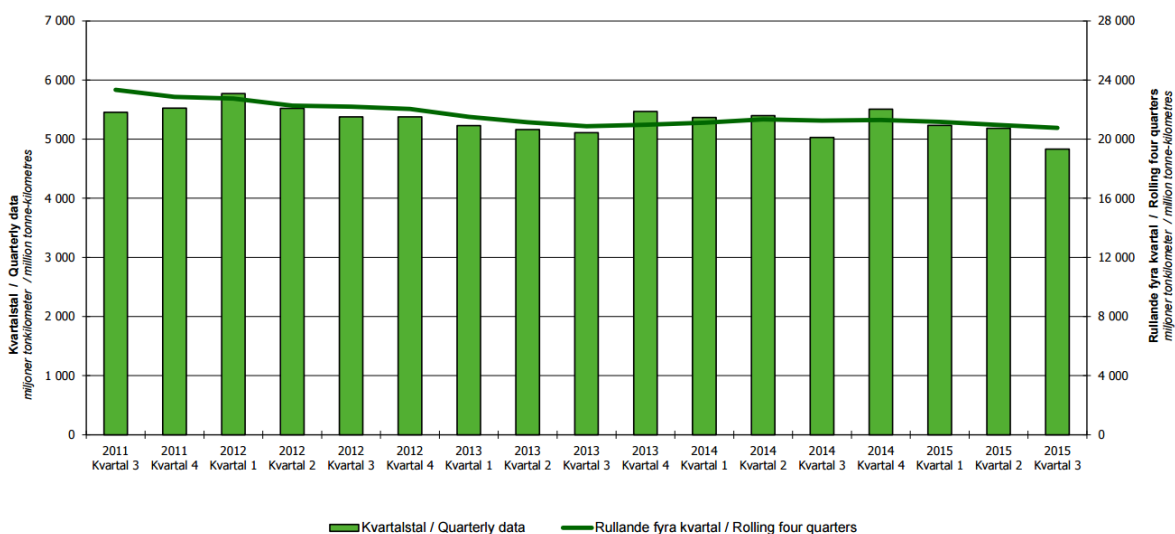
Järnväg

Under de senaste 5 åren (sedan 2011) har transporterad godsmängd på svenska järnvägar varit relativt konstant och pendlat mellan 64 och 72 miljoner ton gods per löpande år. Under samma tidsperiod har transportarbetet också legat relativt konstant, men visat en något nedåtgående trend som rör sig ner mot 20 miljarder tonkilometer årligen.

² <http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/lastbilstrafik/lastbilstrafik-2014.pdf>



Figur 3 Transporterad godsmängd på järnväg (tusen ton).³



Figur 4 Godstransporter på järnväg (miljoner tonkilometer).⁴

Sjöfart

Transportarbetet med inrikes gods uppgick under 2014 till 6,7 miljarder tonkilometer.⁵

I tidigare årliga publikationer har transportarbetet legat på ungefär samma nivå sedan 2009, men pendlat mellan ca 6,5 och strax över 8 miljarder tonkilometer.

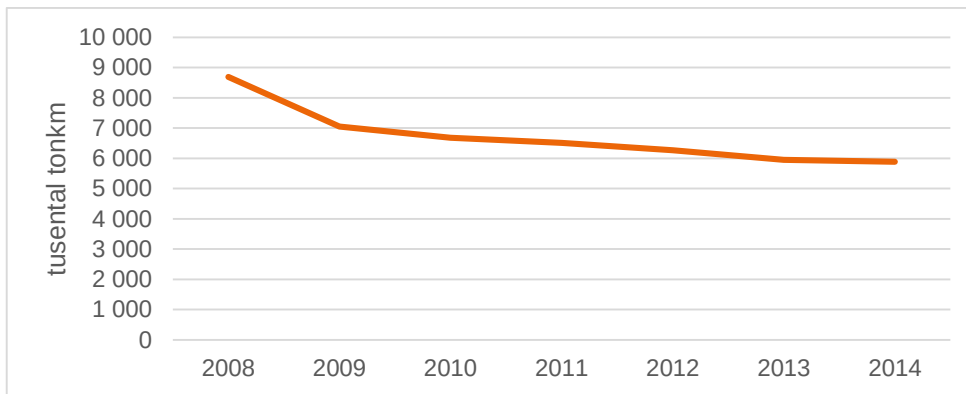
³ <http://www.trafa.se/globalassets/statistik/bantrafik/jarnvagstransporter/jarnvagstransporter-2015-kvartal-3.pdf>

⁴ <http://www.trafa.se/globalassets/statistik/bantrafik/jarnvagstransporter/jarnvagstransporter-2015-kvartal-3.pdf>

⁵ Trafikanalys. 2015. Sjötransport 2014. <http://www.trafa.se/sjofart/sjotrafik/>

Luftfart

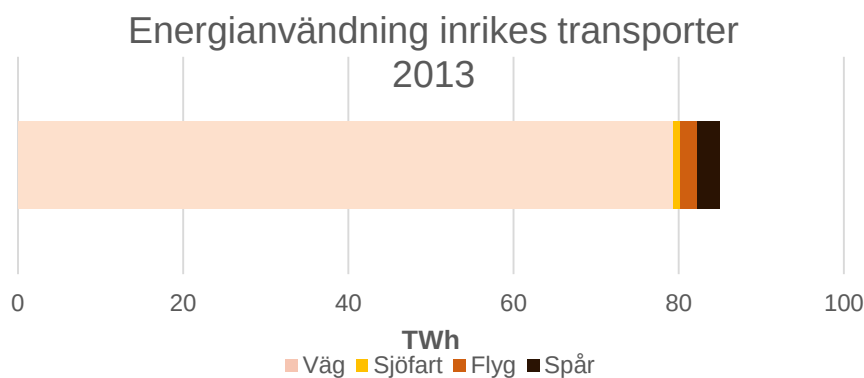
Transportarbetet för inrikes godstransporter med flyg är relativt litet i jämförelse med övriga trafikslag, se Figur 5.



Figur 5 Antalet tonkilometer (gods och post) i inrikes trafik 2006-2014, tusental tonkilometer. ⁶

2.2 Energianvändning och växthusgasutsläpp

En tredjedel av Sveriges utsläpp av växthusgaser kommer från inrikes transporter och efterhand som utsläppen från andra sektorer som industri, värme och el har minskat utgör utsläppen från transportsektorn en ökande andel av de totala utsläppen. Vägtransportsektorn stod 2014 för 94 procent av energianvändningen för inrikes transporter, och en relativt liten andel av energin användes för övriga trafikslag, se Figur 6.

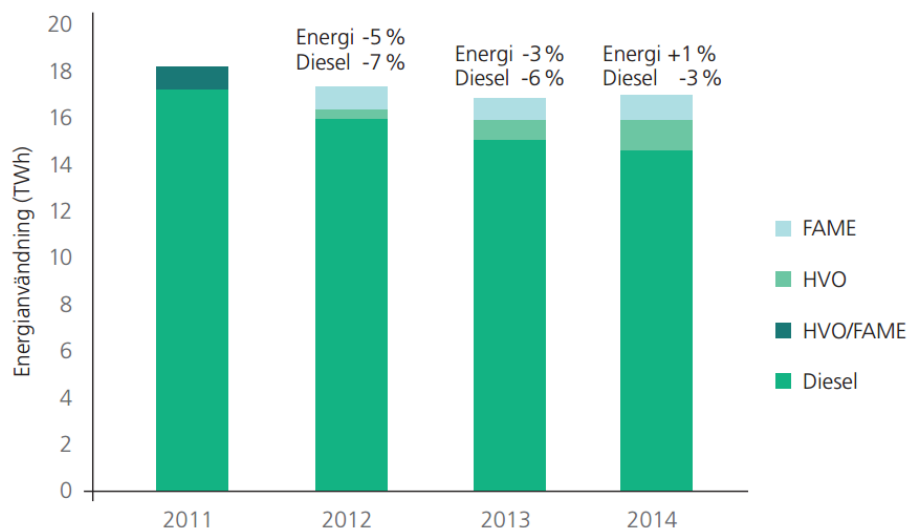


Figur 6 Energianvändning i inrikes transporter under 2014. ⁷

⁶ Trafikanalys, 2015, Luftfart 2014, <http://www.trafa.se/luftfart/>

⁷ Energimyndigheten, 2015, Energianvändning i inrikes transporter 2014

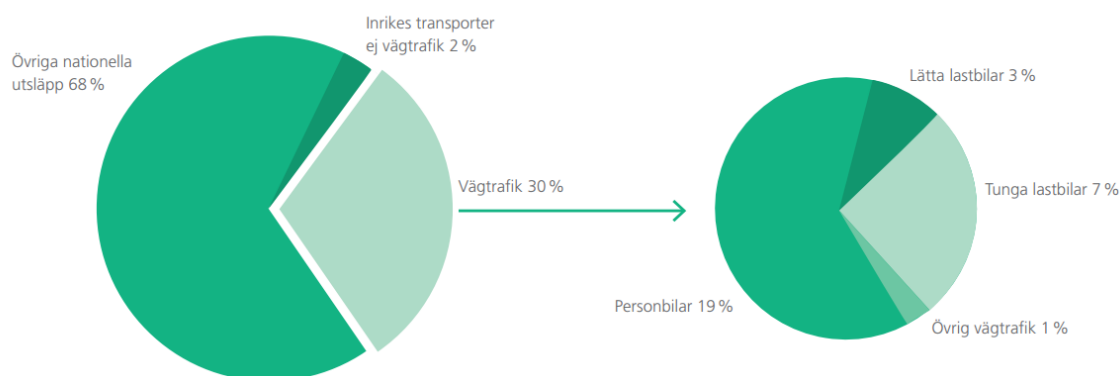
Energianvändningen för tunga lastbilar har minskat under åren 2011-2014 och FAME och HVO har introducerats, se Figur 7.



Figur 7 Tunga lastbilers energianvändning 2011-2014.

Anm.: För 2011 saknas uppdelning av biodieseln på HVO och FAME⁸.

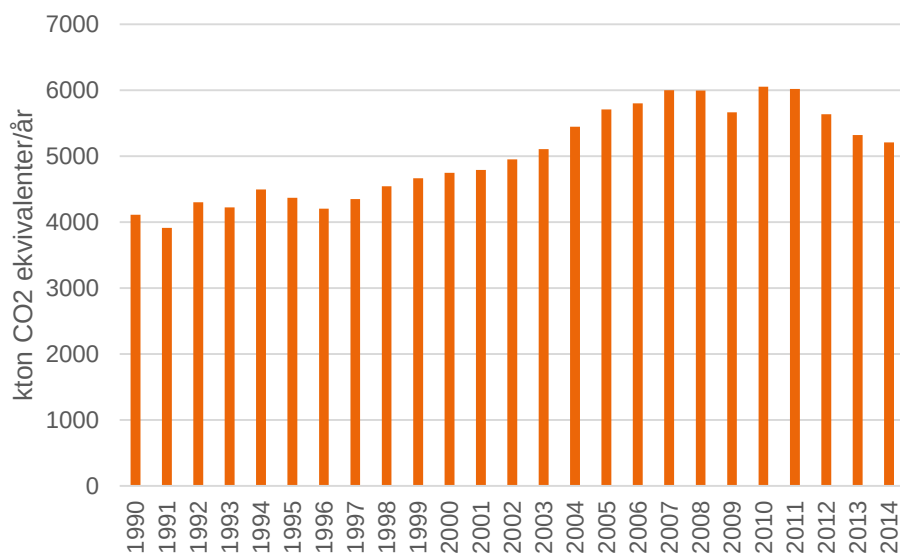
Cirka 10 procent av Sveriges utsläpp är kopplade till lätta och tunga lastbilar, och utsläppen från inrikes flyg och sjöfart utgör endast marginella tillskott till de totala utsläppen, se Figur 8.



Figur 8 Transporternas andel av de nationella utsläppen år 2013.⁹

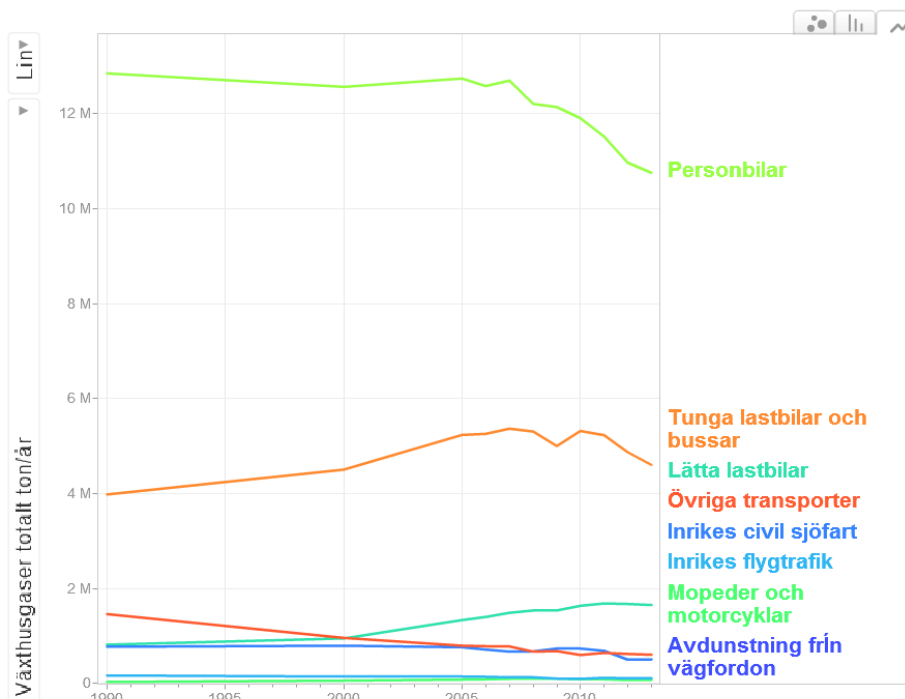
⁸ Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf

⁹ Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf



Figur 9 Utsläpp av växthusgaser från inrikes godstransporter på väg 1990-2014.¹⁰

Uppskattade växthusgasutsläpp per trafikslag kan ses i Figur 10. Enligt denna uppskattning står personbilar för 11 miljoner ton koldioxidekvivalenter, lätta lastbilar för 2 miljoner och tunga lastbilar och bussar tillsammans för 5 miljoner. Tunga lastbilar står för cirka 80 procent av energianvändning i kategorin lastbilar och bussar och andelen förnybara drivmedel är lägre för lastbilar än för bussar. Därmed står tunga lastbilar uppskattningsvis för över 4 miljoner ton koldioxidutsläpp.



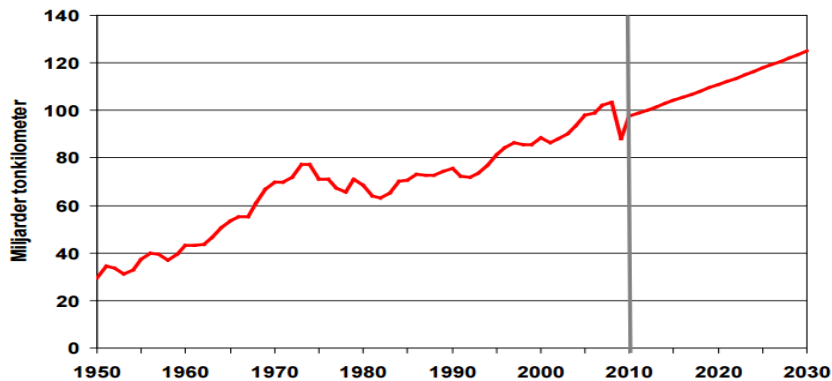
Figur 10 Växthusgasutsläpp per trafikslag.¹¹

¹⁰ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>

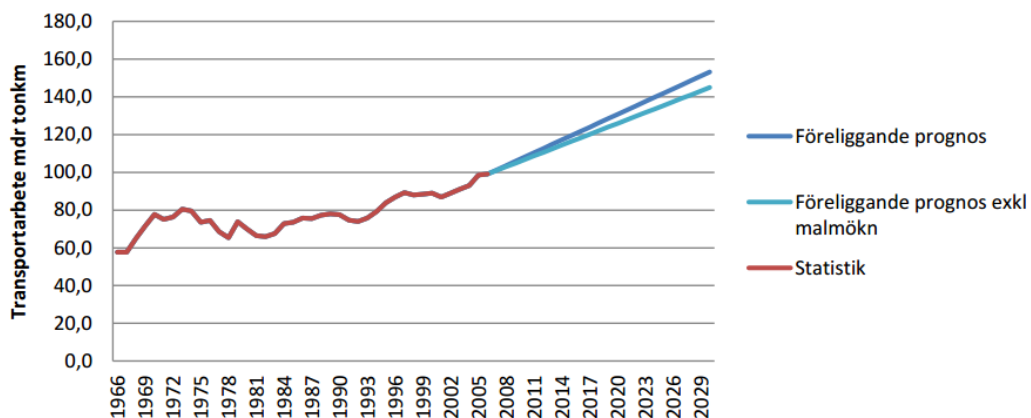
¹¹ <http://www.airviro.smhi.se/RUS/emistrend.htm>

3 Framtidsscenarier för godstransportsektorn

Godstransportarbetet i Sverige väntas öka framöver, se Figur 11. I Trafikverkets prognos baserad på Samgodsmoellen väntas efterfrågan på godstransporter öka med drygt 50 procent, och nå ca 154 miljarder tonkilometer år 2030, se Figur 12. Prognosen är baserad på antaganden för ekonomins utveckling, varuvärdenas förändring, utrikeshandelns förändrade fördelning på länder, infrastrukturens utbyggnad, ökade körkostnader för järnväg och sjöfart.



Figur 11 Totala godstransportarbetet fram till 2010 med extrapolering fram till 2030¹²

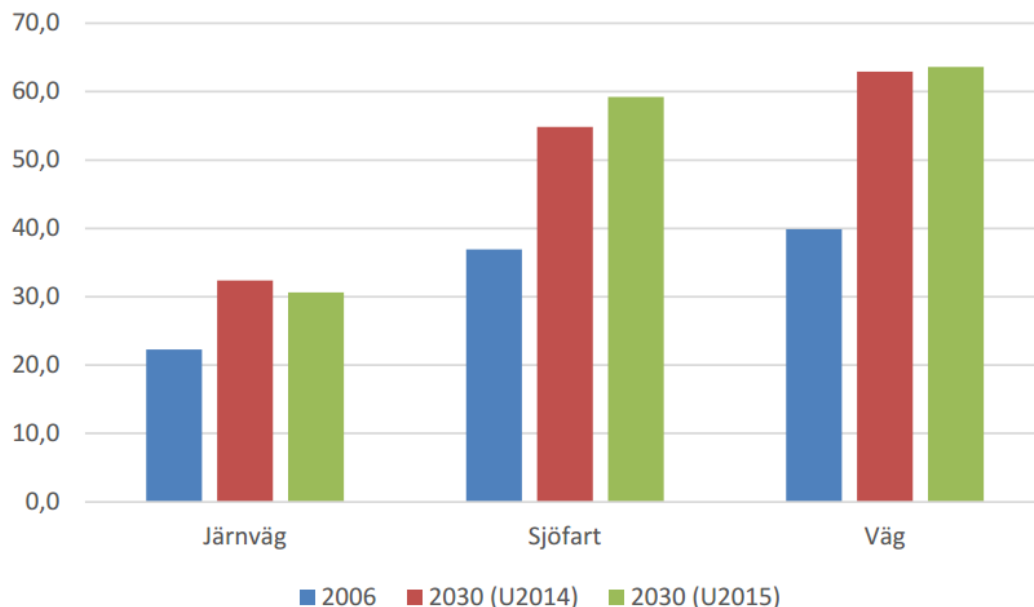


Figur 12 Transportarbete utveckling och prognos (Totalt för inrikes och utrikes transporter).¹³

¹² https://www.kth.se/polopoly_fs/1.309106!/Menu/general/column-content/attachment/12_003RR_rapport.pdf
2016-02-04

¹³ Trafikverket, 2015,
http://www.trafikverket.se/contentassets/06daa317b31e40d194aa859b6515e8e4/prognos_for_godstransporter_2030-trafikverkets_basprognos_2015.pdf

Ökningen gäller för sektorerna sjöfart, järnväg och väg, se Figur 13, men inrikes godstransporter med flyg är inte med i prognosen då flyget är en försumbart liten andel av de totala transporterna.



Figur 13 Transportarbete per trafikslag (Totalt för inrikes och utrikes transporter) (miljarder tonkilometer per år).¹⁴

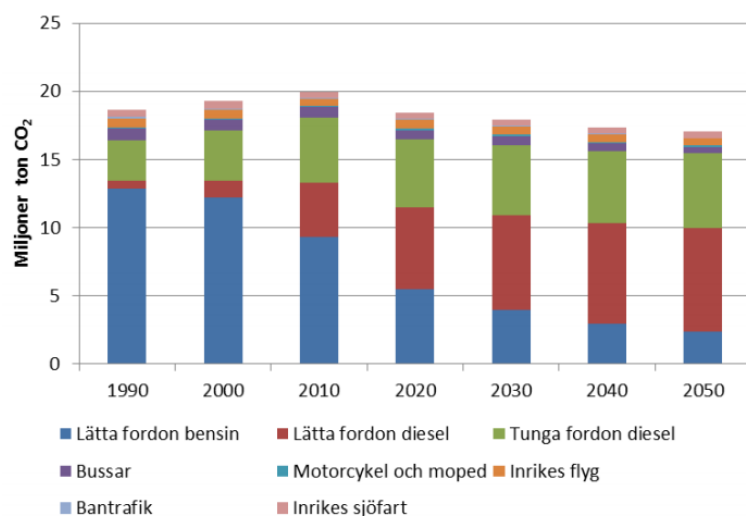
Figur 13 gäller för det totala transportarbetet, både inrikes och utrikes, och utrikes transporter förväntas öka snabbare än inrikes. Enligt bedömningen i KNEG-projektet kommer trafikarbetet (fordonskilometer) med tunga lastbilar öka med upp till 50 procent till 2030.¹⁵

3.1 Prognostiserad energianvändning enligt "Fossilfrihet på väg"

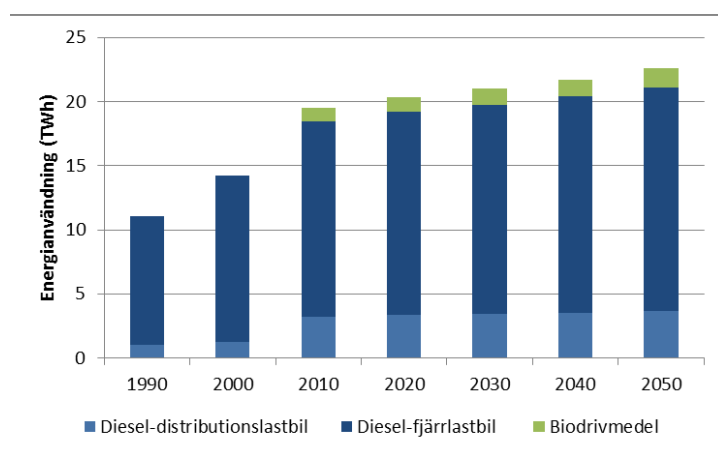
I den statliga utredningen Fossilfrihet på väg bedöms en kombination av olika åtgärder kunna minska användningen av fossila drivmedel för godstransporter med upp till 80 procent till 2030 i jämförelse med referensscenariot, se Figur 14 till Figur 18 samt Tabell 1 till Tabell 3. De centrala åtgärdskategorierna är minskad trafiktillväxt, energieffektivisering samt byte till biodrivmedel/el/vätgas. Till 2030 väntas användningen av fossil energi kunna minskas med 50 procent via förbättrad logistik och omflyttningar till andra trafikslag samt energieffektiviseringar, och merparten av kvarvarande energibehov kan potentiellt täckas av biodrivmedel och el.

¹⁴ Trafikverket, 2015, http://www.trafikverket.se/contentassets/06daa317b31e40d194aa859b6515e8e4/prognos_for_godstransporter_2030-trafikverkets_basprognos_2015.pdf

¹⁵ Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf



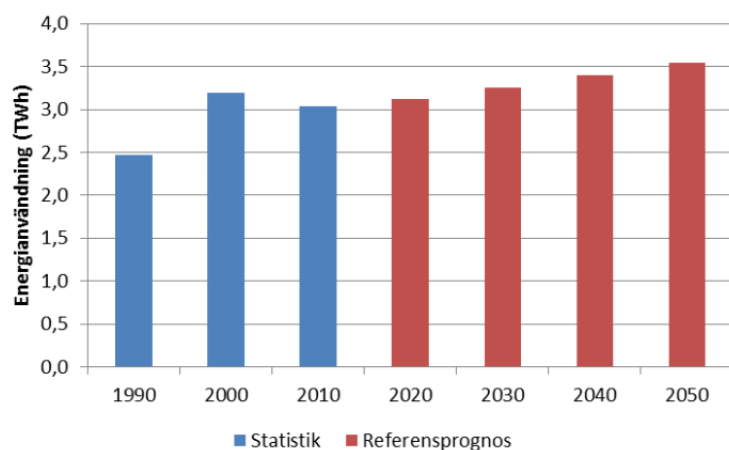
Figur 14 Koldioxidutsläpp från inrikes transporter i referensscenariot.¹⁶



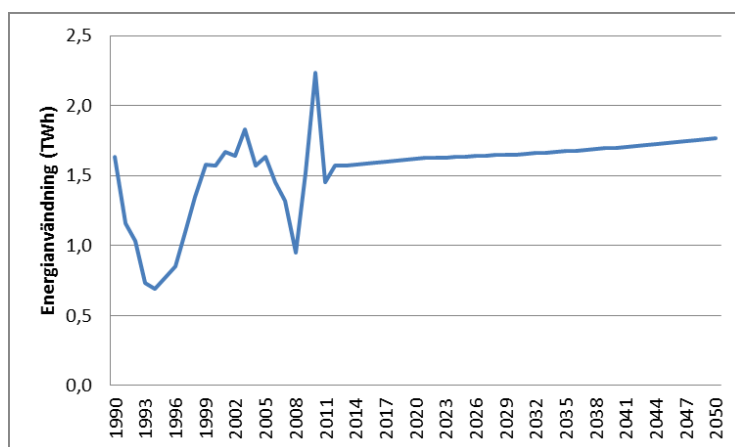
Figur 15 Tunga lastbilar – historisk energianvändning 1990, 2000, 2010 samt prognostiserad utveckling i referensscenariot 2020, 2030, 2040, 2050.¹⁷

¹⁶ SOU 2013:84

¹⁷ Ibid



Figur 16 Energianvändningen för bantrafik, statistik fram till 2010 och prognos för 2010–2050.¹⁸



Figur 17 Energianvändningen för inrikes sjöfart, statistik fram till 2010 och prognos för 2020, 2030, 2040 och 2050.¹⁹

I utredningen beskrivs också prognostiserad energianvändning inom bantrafik och sjöfart, se Figur 16 och Figur 17. Prognoserna innefattar relativt små ökningar fram till 2030, vilket inte stämmer överens med de stora ökningarna av transportarbete som prognosticerats, se föregående sektion.

¹⁸ Ibid

¹⁹ Ibid

Tabell 1 Åtgärder som kan minska trafiktillväxten för lastbilar.²⁰

	Potential till 2020 (reduktion av trafikökning)	Potential till 2030 (reduktion av trafikökning)	Potential till 2050 (reduktion av trafikökning)
Bättre utnyttjande av alla trafikslag	-5 %	-13 %	-21 %
Samordnade godstransporter i staden	-1 %	-3 %	-5 %
Ruttoptimering och ökad fyllnadsgrad	-3 %	-9 %	-15 %
Längre och tyngre fordon	-2 %	-4 %	-10 %
Trafikledning och trafikinformation	-0,1 %	-0,3 %	-0,3 %
Förändrade konsumtions- och produktionsmönster	i.e.	i.e.	i.e.
Totalt minskad trafiktillväxt för tung lastbil jämfört med BAU 2030	-11 %	-26 %	-43 %
Trafikförändring för tung lastbil jämfört med 2010	+9 %	+10 %	+15 %

Tabell 2 Möjliga energieffektiviseringar av lastbilstransporter jämfört med 2010.²¹

Fordon	Potential i fordonspark till 2020	Potential i fordonspark till 2030	Potential i fordonspark till 2050
Fjärrlastbil och landsvägsbuss (exklusive eldrift) ¹	11 %	25 %	45 % (40 %)
Andel eldrift fjärrlastbil	0 %	1 %	25 %
Stadsbuss och distributionslastbil ²	26 %	56 %	60 %
Andel eldrift distributionslastbil	18 %	83 %	100 %
Övrig effektivisering (sparsam körning, lägre hastigheter)			
Tunga fordon	10 %	15 %	15 %

Tabell 3 Energiförsörjning för tunga lastbilar.

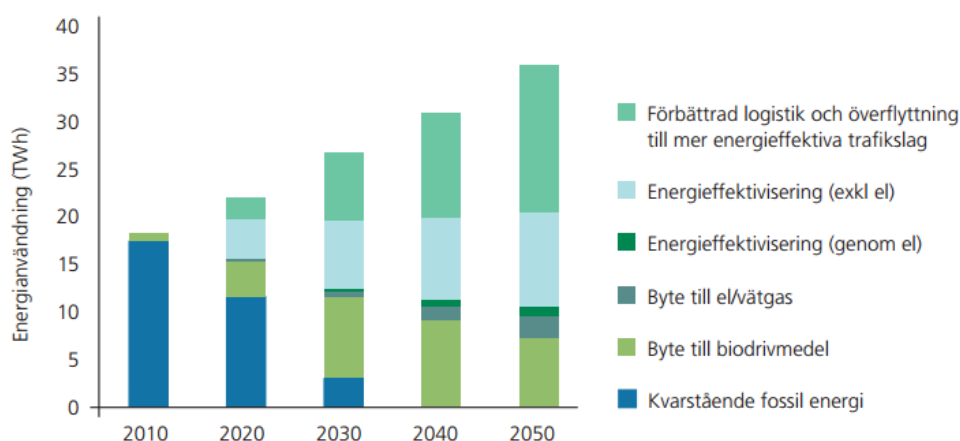
Fordon	2020	2030	2050
Biodrivmedel	3,7	8,5	7,2
El	0,1	0,6	2,4
Fossilt	11,8	3,0	0
Totalt	15,5	12,1	9,6
Andel förnybart (el och biodrivmedel)	24 %	75 %	100 %

²⁰ SOU 2013:84

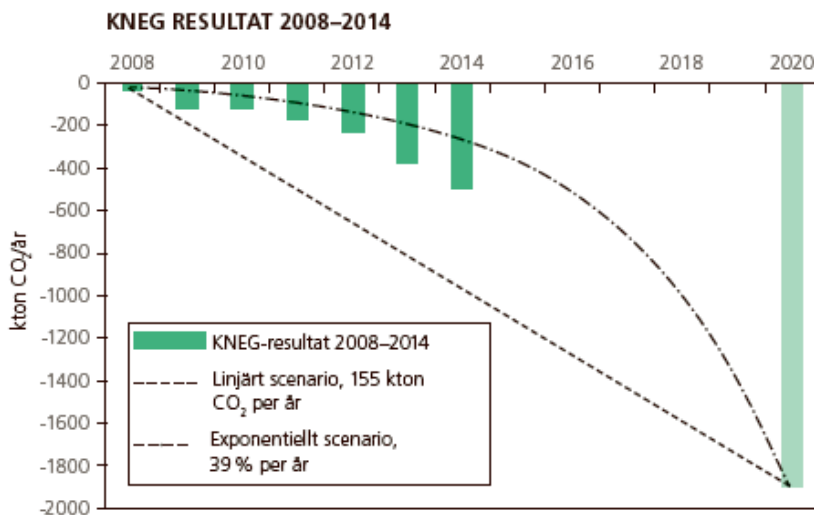
²¹ Ibid

3.2 Möjliga utsläppsminskningar enligt ”Klimatneutrala godstransporter på väg”

I initiativet klimatneutrala godstransporter på väg (KNEG) presenteras följande potentialer och för möjliga energieffektiviseringar och minskade växthusgasutsläpp för godstransporter på väg, se Figur 18 och Figur 19.²²



Figur 18 Lastbilarnas användning av fossil energi med och utan åtgärder. Anm.: Staplarna visar potentialen för att uppnå minskad användning av fossil energi med olika åtgärder.²³



Figur 19 Scenarier för koldioxidbesparing från initiativet ”Klimatneutrala godstransporter på väg”²⁴

²² Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf

²³ Ibid

²⁴ Ibid

4 Ny teknik i godssystemet

I detta kapitel presenteras och diskuteras ett urval av de nya tekniker som skulle kunna introduceras i godssystemet. Med ny teknik menas bland annat tekniska lösningar som har potential men ännu inte fått några kommersiella genombrott och kan avse fordon, infrastruktur eller drivmedel för de olika trafikslagen. Dessa områden utvecklas ofta parallellt då de har naturlig koppling till varandra. Dessutom presenteras energibesparande och energieffektiviseringsåtgärder vilka i sig inte behöver syfta på en specifik teknik utan snarare ett ändrat beteende bland de som hanterar fordon och gods. Åtgärderna som diskuteras kan delas in i "behovspåverkande" åtgärder och "tillförselpåverkande" åtgärder. Genom att energieffektivisera reduceras behovet av energi vilket är en väldigt viktig del i omställningsarbetet. På tillförselsidan är strävan att så stor andel som möjligt av bränslet är förnybart. Dock är tillgången på förnybar energi som kan tillföras transportsektorn begränsad. Därmed krävs en hög energieffektiviseringsgrad vilket skulle göra det möjligt att tillföra tillräckligt med förnybar energi för återstoden av behovet. Presenterade tekniker och lösningar i kapitel 4 bedöms som de mest troliga utifrån dagens premisser även om det fortfarande krävs stora insatser innan vissa av lösningarna kan bidra på storskalig nivå.

Järnväg som trafikslag använder huvudsakligen redan eldrift och har därmed svårt att göra revolutionerande förbättringar när det gäller motoreffektivitet. Förbättringsarbetet fokuserar främst på energieffektiviseringsåtgärder i och på vagnar samt godshanteringen snarare än byte av "drivlinor" (ex byte från förbränning till el) som görs för vägtransporter.

För sjöfarten finns det stora reduktionsmöjligheter vid byte av drivmedel från dagens petroleumbaserade produkter till alternativa drivmedel. De generella resonemangen kring förnybara drivmedel gällande framställning och tillgång presenteras huvudsakligen under avsnittet med vägtransporter men kan även tillämpas för sjöfarten. Genom förändringar i svaveldirektivet finns numera krav på renare drivmedel för minskade utsläpp av framförallt svavel (alt reningstekniker ombord som har samma effekt) men däremot finns inget regelverk för koldioxidutsläppen. För sjöfarten finns stort fokus på arbetet kring godshanteringen vid hamnar och vid på- och avlastning.

Flyg som trafikslag har mycket liten inverkan på energibehovet och utsläppen i samband med godstransporter.

Då sjöfart, järnväg och flyg utgör en relativt liten andel av det totala energibehovet för godstransporter kommer fokus i detta kapitel främst ligga på vägtransporter.

4.1 Alternativa drivmedel

Inledning

För att uppnå utsläppsminskningar i godstransportsektorn utgör åtminstone på kort sikt en stor del av omställningen "endast" ett skifte från fossila till klimatneutrala drivmedel (t.ex. biodrivmedel), medan den konventionella förbränningsmotorn fortfarande nyttjas med viss anpassning vid tillämpning av nya drivmedel. Förbränningsmotorer används efter olika typer av anpassningar vid framdrift med biogas, etanol eller olika typer av biodiesel.

Förbränningsmotorerna kan delas in i två kategorier, Ottomotorn (tändstiftmotorn) som är den teknik som används vid framdrift med bensin och Dieselmotorn (kompressionständning).

De flytande drivmedlen HVO, biodiesel och etanol utgör drygt 90 procent av det biogena drivmedlet som förbrukas i vägtransporter medan gasformiga biodrivmedel (främst biogas) står för återstoden²⁵. En förklaring till det är möjligheten till låginblandning av flytande biodrivmedel med konventionella fossila drivmedel vilket är effektivt och fungerar sömlöst. Fordonen behöver inte modifieras och fungerar lika bra med blandningen biodrivmedel/fossilt drivmedel som med rent fossilt drivmedel (gäller ej fordon som kör på E85 då de måste modifieras till viss del). Dessutom finns infrastrukturen redan på plats. Vid införandet av gasformiga alternativ krävs mer omfattande modifiering av fordon samt utbyggnad av infrastruktur vilket förlänger introduktionstiden jämförelsevis.

I princip all inhemsk produktion av biodrivmedel baseras idag på grödor, vegetabiliska- och animaliska fetter och organiskt avfall. Dessa källor begränsar dock produktionspotentialen så att endast en relativt liten andel av vägtransporternas energibehov kan täckas.

Nya tekniker som börjar införas alltmer innefattar bland annat nyttjande av el på olika sätt, exempelvis ombord på fordonet där eldrivlina helt eller delvis nyttjas (hybrid eller rent batterifordon) eller vätgas (som utgår från el). Även elvägar kommer belysas i rapporten och diskuteras i kapitel 4.2.

I den allmänna debatten har det uppnåtts konsensus kring att flera drivmedelstyper och tekniker måste användas för att uppnå en fossilfri vägtransport. Det presenteras bland annat i den omfattande FFF 2030-utredningen, i rapporten *Fossilfrihet på väg*. Detta gäller även för segmentet godstransporter då spannet för godstransporter täcker in allt från relativt små paket med korta sträckor till stora och volymkrävande leveranser som färdas långa vägar.

Detta avsnitt börjar med en översiktlig presentation av förgasning som väntas ligga till grund för större delen av de biodrivmedelsvolymerna som kommer produceras i framtiden. Det följs av en beskrivning av de bränslen som bedöms ha störst möjlighet att påverka omställningen mot en klimatneutral godstransportsektor och de anpassningar som krävs i fordonen. Avslutningsvis diskuteras potentialen för att införa dessa fordon och bränslen.

Termisk förgasning av biomassa – grundstenen i den framtida biodrivmedelsframställningen

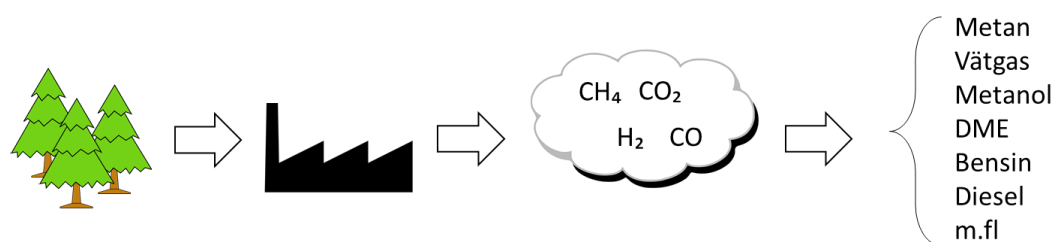
Inledning

Termisk förgasning av organiskt material är en välkänd process och det finns ett flertal anläggningar runt om i världen där tekniken testas och utvecklas. Med denna process bryts materialet ner till mindre beståndsdelar genom upphettning med väldigt liten eller ingen tillgång till syre. Generellt bildas i förgasningen en stor andel gas samt med lite oljor och fasta ämnen som biprodukter. Beroende på olika faktorer som exempelvis råvara, förgasningsteknik, katalysator och temperatur kan produktionen styras mot en eller flera önskade ämnen. I princip alla slags organiska material kan förgasas. Förgasning av avfall som exempelvis bildäck och hushållssopor för framställning av energigaser är intressant i vissa delar av världen.

I Sverige skulle biomassa från skogsråvara vara den främsta råvaran för förgasning på grund av den goda tillgången på sådan biomassa. Rent kemiskt innehåller trä alla de byggstenar som krävs för framställningen av i princip alla drivmedel som används i vägtransporter idag.

²⁵ http://spbi.se/wp-content/themes/spi/resources/SPBI_branschfakta_2015.pdf

Ur produktionsperspektiv är dock de enklaste bränslena med kortast möjliga kolkedja de lättaste att framställa. Generellt kräver komplexa molekyler fler reaktioner och processteg än enkla vilket i sin tur bidrar verkningsgradsförluster. Därför är metan och metanol (de kolväten med kortast kolkedja, endast en kolatom) väldigt intressanta vid storskalig produktion av drivmedel via förgasning. Bland de biodrivmedel som främst är aktuella att framställa genom förgasning är bland andra biogas (metan), metanol, DME och FT-diesel. Ytterligare drivmedel är, som nämnt, principiellt möjliga att framställa via förgasning men då de antingen är för komplexa eller kan nyttja andra råvaror bedöms de alternativa produktionsvägarna vara mer rimliga.



Figur 20 Processen från råvara till bränsle

Utifrån ett energisystemperspektiv är det därför mest lämpligt att producera metan om biodrivmedel ska produceras i stor skala från skogsråvara. Men det kräver att infrastruktur och fordon anpassas.

Drivmedel producerade via förgasning har relativt stora minskningar av växthusgasutsläpp i ett livscykelperspektiv i jämförelse med diesel, generellt ger de reduktioner om 80-95 procent.²⁶ Den lägre delen av intervallet är för drivmedel baserade på energiskog (t.ex. salix) och den övre delen av intervallet är för drivmedel baserade på rester från skogsbruket.

Flytande eller komprimerad metan

Fordon för flytande metan (LNG/LBG) använder sig av en förbränningsmotor baserad på antingen Otto-cykeln eller Diesel-cykeln. En stor skillnad mellan dessa är att ca 10-25 procent diesel måste användas vid kompressionsantändning (kallas även metandieselteknik) jämfört med Otto-motorn som körs på endast metan. Dock är kompressionsmotorn starkare och uppnår högre verkningsgrad än Otto.²⁷ Med metandieselteknik är det även möjligt att köra på endast diesel vid brist på gas. LNG/LBG-fordon finns sedan ett antal år i USA men har relativt nyligen börjat introduceras i Europa, till stor del på grund av Euro VI utsläppskrav. Utveckling pågår för fullt och antalet modeller och alternativ väntas öka successivt de närmaste åren.

Det är generellt svårt att jämföra bränsleförbrukning mellan olika lastbilar. Tillverkare hävdar att flertalet modeller och påbyggnader gör det svårt för dem att påverka förbrukningen. I EU pågår ett arbete att ta fram en standard för redovisning av förbrukningsvärden men förväntas dröja^{28,29}. Generellt har resultat dock visat att metangasdrivna fordon har bränsleförbrukning

²⁶ Pål Börjesson, Joakim Lundgren, Serina Ahlgren, Ingrid Nyström, 2013, DAGENS OCH FRAMTIDENS HÅLLBARA BIODRIVMEDEL.

²⁷ T. Ekengren och Å. Svensson, Miljöbyrån Ecoplan 2014 *Biogas för tunga fordon – möjlighetsanalys för tunga godstransporter med lastbil på flytande biogas inom området Östersund, Kattegatt och Skagerack*

²⁸ S. Johannesson, Miljöbyrån Ecoplan 2012 *Biogas för tunga lastbilar – ett kunskapsunderlag*

²⁹ <http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo/energi-och-klimat/klimatsmarta-val-av-tunga-fordon/>

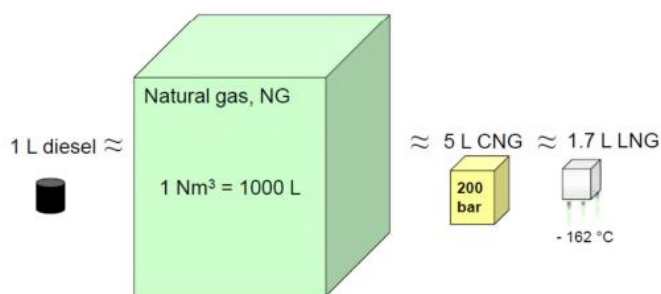
på 2 – 8 procent högre än motsvarande dieselfordon³⁰. Det beror delvis på att de använder sig av en annan typ av avgasrening vilket leder till dessa förluster.

Till skillnad från LNG/LBG-fordon så har fordon för komprimerad metan (CNG/CBG) gasformig metan ombord. Den huvudsakliga skillnaden rent tekniskt är att den lagrade energimängden ombord är lägre för CNG/CBG-fordon. Annars är det principiellt samma teknik vid förbränning som tidigare, där antingen Otto- eller Dieselpincipen tillämpas. Även för lastbilar med gasformigt metan ombord finns möjlighet med metandieseldrift.³¹ Då mindre energi finns lagrat ombord på fordonet lämpar sig komprimerad metangas bättre för distributionstransporter snarare än långväga transporter.

CNG/CBG-fordon finns sedan ett antal år i på den Europeiska marknaden och i Sverige används det i förhållandevis stor utsträckning bland flottfordon som exempelvis bussar, sophämtning och distributionsfordon.

Metan som drivmedel i vägtransporter har fått benämningen fordonsgas, vilket är ett samlingsbegrepp av en gasmix som innefattar både naturgas och biogas, med varierande andelar i mixen.

Metan i gasform komprimeras normalt till ca 200 bar som ett led i att höja energidensiteten för drivmedlet. Flytande drivmedel har högst energitäthet då molekylerna har "packats" tätare än gasformiga drivmedel. Figur 22 nedan visar volymbehovet för naturgas (som främst består av metan).



Figur 21: Volym för metan i olika form med samma energiinnehåll som en liter diesel Källa: www.biogasvast.se

Genom att förvätska metan höjs energitätheten markant vilket möjliggör frakt av relativt stora mängder energi i en fordonstank jämfört med gasformig. Produkten kallas då LBG, Liquified Biogas (eller LNG, Liquified Natural Gas för naturgas).

I Sverige framställs biogas främst genom rötning av organiskt material som kan bestå av bland annat avloppsslam, jordbruksrester, slakteri- och industriavfall m.m. Dessa källor utgör dock en begränsning i total produktionspotential av biogas på nationell nivå och ligger långt från vad som krävs för att tillgodose behovet i transportsektorn. Den realiserbara produktionspotentialen till 2030 från anaerob rötning väntas kunna ge upp till ca 8-9 TWh biogas per år men troligen är runt 4 TWh per år en rimlig uppskattning.³²

Den råa biogasen som först bildas vid rötningsprocessen (rågasen) måste först uppgraderas genom rening och separation från föroreningar (bl.a. koldioxid, svavel, siloxaner m.m.) innan

³⁰ <http://www.biogasvast.se/upload/Regionkanslierna/Milj%C3%B6sekretariatet/TRANSPORTER/Biogas%20V%C3%A4st/Rapporter/Biogas%20f%C3%B6r%20tungtrafik/F%C3%B6rprojekt%20Biogas2020.pdf>

³¹ <http://www.miljofordon.se/tunga-lastbilar/sa-fungerar-metandiesellastbil> 2016-01-13

³² Mårten Larsson, 2015, The role of methane and hydrogen in a fossil-free transport sector. Doktorsavhandling, KTH, Skolan för kemivetenskap. s. 73.

den uppnår fordonsgaskvalitet. Som jämförelse kan det nämnas att naturgas mer eller mindre kan användas direkt i fordon.

Utöver rötning finns ytterligare metoder för framställning av biogas, exempelvis genom termisk förgasning där biomassa från skogsråvara kan utgöra råmaterial. Förgasningsteknik spås vara en mycket viktig metod för biogasproduktion med kring 70 procent verkningsgrad vid metanproduktion, vilka bland andra Göteborg Energi har uppnått i GoBiGas-projektet.³³ En stor utmaning är att lyckas med den ekonomiska genomförbarheten vid användning av förgasningsteknik.

Tidigare studier kring potentialuppskattning av nationellt producerad biogas (genom rötning och förgasning sammanslaget) visar stora skillnader i sina bedömningar, 22 – 74 TWh.^{34,35} Den högre skattningen är främst en teoretisk potential baserad på hur mycket råvara som potentiellt skulle kunna användas för att producera biogas och den lägre nivån är mer marknadsbaserad.

Dessa potentialer kan jämföras med det totala energibehovet i vägtransporter som är ca 80 TWh. Det kan delvis förklaras i att olika ansatser och antaganden görs vid bedömningarna.

Inom sjöfarten kommer troligen LNG introduceras fram till 2030, och då finns även en potential att gradvis introducera bigasen där. Men åtminstone initialt kan det vara svårt att nå tillräckligt låga produktionskostnader och volymer för att detta ska vara intressant.

För att produktionen av biogas ska ta fart krävs bland annat långsiktiga "spelregler", ett regelverk som skapar förutsättningar för en expansion av biogasproduktionen samt teknikutveckling. I december gav EU sitt godkännande för förlängd skattebefrielse för biogas till och med 2020 och övriga biodrivmedel fram till utgången 2018³⁶ vilket ger visst incitament för biodrivmedel. Det är dock svårt att dra slutsatser kring när det ett kommersiellt genombrott för förgasning kan ske.

Hinder:

- Svårt att få ekonomin att gå ihop för biogasproducenter
- Relativt kortsiktiga spelregler som gör det svårt för investerare att våga satsa pengar
- Undermålig infrastruktur i Sverige i dagsläget

Biodiesel (HVO, FAME och FT-diesel)

Det finns ett flertal olika typer av biodiesel, som i olika grad kan blandas in i fossil diesel. HVO (Hydrogenated Vegetable Oil) är en vätebehandlad vegetabilisk olja eller animaliskt fett som helt eller delvis ska kunna ersätta diesel i konventionella dieselmotorer. Det är ett relativt nytt biodrivmedel men har skapat stort intresse på grund av sina likheter med konventionellt dieselbränsle kombinerat med dess miljöegenskaper. I dagsläget är HVO den enskilt största biodrivmedelssorten (ur energitillförselsynpunkt) som säljs, huvudsakligen som låginblandning (drop-in bränsle), trots att försäljningen började så sent som 2011³⁷. Fastän att HVO har mycket stora likheter med diesel krävs dock ett godkännande från tillverkaren för att garantier i

³³ Diskussion med Lars Holmquist från Göteborg Energi

³⁴ Linné et al. 2008

³⁵ WSP 2013

³⁶ www.regeringen.se

³⁷ http://spbi.se/wp-content/themes/spi/resources/SPBI_branschfakta_2015.pdf 2016-01-13

fortsättningen ska gälla.³⁸ Både Volvo och Scania har godkänt sina Euro V och Euro VI fordon för 100 procent HVO.^{39, 40}

FAME (Fatty Acid Methyl Esters) är ett samlingsbegrepp för olika typer av fettsyrametylestrar som kan framställas från liknande källor som HVO, d.v.s. vegetabiliska oljor eller animaliska fetter. I Sverige används huvudsakligen RME (rapsmetylester). Tidigare har även SME, sojametylester använts. Vissa tillverkare, exempelvis Scania, tillåter framdrift med 100 procent FAME i vissa modeller, dock med förbehåll som bland annat särskilda serviceintervall.⁴¹ Likt HVO, används det främst som drop-in bränsle men säljs även i ren form till viss del.³⁷

FT-diesel (Fischer Tropsch-diesel) är ytterligare en biodieselsort (beroende på råvarans ursprung) som kan framställas från metan.⁴²

Likt andra biodrivmedel är biodiesel generellt dyrare än den fossila motsvarigheten och kommer behöva politiska beslut och styrmedel för att utvecklas. Beroende på hur dessa framställs och vilka råvaror som används har de olika klimatprestanda. Som exempel kan nämnas att HVO under 2013 bidrog till 81 procent utsläppsminskning i snitt jämfört med konventionell diesel.⁴³

Växthusgasreduktionerna för HVO från tallolja eller animaliska fetter som båda är restprodukter är relativt stora (65-95 procent).⁴⁴ Vad gäller HVO från oljeväxter har den troligen något lägre växthusgasutsläpp än FAME, men fortfarande omfattas HVO av samma debatt kring hållbarhet och landanvändning som har förts kring första generationens biodrivmedel. Om inte bytet till HVO från oljeväxter kan ge tillräckligt stora växthusgasminskningar och om drivmedlet inte kan produceras på ett hållbart sätt kommer det förmodligen inte att få något stort genomslag.

Tillgången på råvaran för ovan nämnda biodieselsorter på nationell nivå är relativt osäkert i dagsläget. Det råder delade meningar kring dess potential men mängden vegetabiliska oljor, animaliska fetter och metankällor för biodieselproduktion är relativt begränsat. Dessutom konkurrerar andra verksamheter om denna råvara.

Hinder:

- Pris på slutprodukt
- Tillgång på lokal klimatneutral råvara för att möta behovet

DME

Dimetyleter (DME) är ett gasformigt drivmedel som huvudsakligen är ämnat för användning i dieselmotorer. Med små justeringar i drivlinan kan det användas i vanliga dieselmotorer.⁴⁵ DME kan bland annat framställas från metan, som i sin tur exempelvis kan framställas genom termisk förgasning av biomassa eller rötning av organiskt material. Jämfört med att syntetisera olika typer av biodiesel är DME en relativt liten molekyl med kort kolkedja och därmed en enklare kemisk produkt. En stor fördel med molekylens enkelhet är att det bildas väldigt låga

³⁸ <http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/hvo-hydrogenated-vegetable-oil/> 2016-01-13

³⁹ <http://www.scania.se/om-scania/nyheter/arkiv/2015/q4/gront-ljus-hvo.aspx>

⁴⁰ <http://mag.volvotrucks.com/sv-se/sweden/article/?art=4274&ref=1>

⁴¹ <http://www.scania.se/bussar/miljo/alternativa-branslen/biobranslen.aspx> 2016-01-13

⁴² <http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/syntetisk-diesel/> 2016-01-13

⁴³ http://spbi.se/wp-content/themes/spi/resources/SPBI_branschfakta_2015.pdf 2016-01-13

⁴⁴ Pål Börjesson, Joakim Lundgren, Serina Ahlgren, Ingrid Nyström, 2013, DAGENS OCH FRAMTIDENS HÅLLBARA BIODRIVMEDEL.

⁴⁵ http://www.volvogroup.com/GROUP/SWEDEN/SV-SE/SUSTAINABILITY/ENVDEV/ALT_DRIVELINES/DME_ENGINES/PAGES/DME_ENGINES.ASPX 2016-01-14

halter av partiklar vid förbränning. Generellt leder det dessutom till förhållandevis låga framställningskostnader.

DME är gasformigt vid atmosfärstryck men blir flytande redan vid fem bar vilket kan jämföras med metan som fortfarande är gasformigt vid 200 bar. Det gör DME relativt lätthanterligt.

Rent prestandamässigt har DME goda möjligheter att vara ett klimatneutralt alternativ i framtiden. Då dagens förbränningsmotor, med mindre justeringar, kan användas är transportsträckan för att ta fram DME-drivna fordon modeller relativt kort för tillverkare. Däremot finns det många alternativa drivmedel att välja mellan och det finns risk för stor konkurrens om samma råvara, d.v.s. biomassan om och när förgasningstekniken får sitt genombrott. Dessutom krävs troligen en ny typ av infrastruktur ifall DME ska införas på bred front eftersom det kräver högre tryck än befintliga konventionella system för flytande drivmedel, men mycket lägre tryck än för metan.

Hinder:

- Konkurrens om råvara
- Brist på infrastruktur
- Generellt bristande intresse hos relevanta aktörer och från politiken jämfört med andra alternativ

Etanol

Etanol framställs huvudsakligen genom jäsning av en viss typ av socker (hexoser) som bland annat finns i sockerrör, spannmål och potatis. I Sverige sker den absolut största produktionen av etanol för drivmedelsändamål i Norrköping i Agroetanols regi. Etanol är flytande och används främst i ottomotorer även om det finns möjlighet för användning i dieselmotorer. Det har lägre energiinnehåll än bensin vilket gör att räckvidden förkortas vid körning.⁴⁶

Etanol har de senaste åren minskat avsevärt i försäljning och i dagsläget är försäljningen av etanol tillbaka på nivåer som det var vid införandet av pumplagen 2006. Skatter har medfört att etanol blivit dyrare i relation till bensin jämfört med vad den var vid introduktionen av etanol på bred front. I dagsläget är etanolen till och med dyrare än bensin räknat per energienhet.^{46,47} Dessutom har etanol medfört en debatt om dess klimatneutralitet då odlingar av sockerrör och andra grödor för etanolproduktion har tagit mark i anspråk som tidigare använts för andra ändamål. Ovan resonemang presenterar ett mycket tufft läge för etanol i dagsläget som ett storskaligt alternativ i framtida transportsektor. Med ändrade regelverk och beskattningsprinciper finns det dock möjlighet för etanol att återhämta sig då teknik finns och infrastruktur redan är på plats.

Forskning sker sedan länge kring etanolframställning från skogsråvara vilket skulle vara gynnsamt ur flera aspekter, dels möjlig stor tillgång på inhemsk råvara samt klimataspekter.

Hinder:

- Skatteregler – som leder till högre energikostnader än fossila alternativ

Bränslecellsfordon för vätgas

I bränslecellsfordon för vätgas omvandlas vätgasens kemiskt bundna energi till el i bränslecellen. Elen driver sedan fordonet med en elmotor.

⁴⁶ www.spbi.se 2016-01-14

⁴⁷ Per Kågesson, presentation på SCOPE-seminarium 2015-12-07

Prestandamässigt kommer (trycksatt) vätgas rimligen främst kunna tillämpas i lättare godstransporter medan flytande bränslen och metan även i fortsättningen kommer dominera i tung transport på grund av energitäthetsbegränsningar i gasformiga drivmedel.

I dagsläget har fordonstillverkarna främst presenterat satsningar på personbilar och till viss del bussar. Det gör det svårt att bedöma om och när godstransportfordon kommer till marknaden, men rent tekniskt bedöms dessa kunna införas med relativt kort introduktionstid när infrastrukturen är på plats och efterfrågan finns. Dessutom kan vätgas och bränsleceller användas i APU-lösningar (auxilliary power unit) inom tung transport, där bränslecellssystemet förser fordonet med el och värme under perioder då fordonet står stilla.

Vätgas är på frammarsch i transportsektorn och infrastrukturen utvecklas på flera håll i Europa. Den kan framställas genom elektrolys av vatten (spjälkning av vatten via el) eller genom ångreformering av metan. Sannolikt kommer elektrolys av vatten vara den huvudsakliga produktionsmetoden i Sverige på grund av avsaknad av grön metan (biogas). Bränslecellsfordon har stora likheter med laddfordon och betraktas som elfordon, den enda principiella skillnaden är att vätgasen och bränslecellen ersätter batteriet. I dagsläget har fordonstillverkarna främst presenterat satsningar på personbilar och bussar. Ombyggda skåpbilar går också att erhålla.



Figur 22 Tankstation för vätgasbuss vid flygplatsen i Stuttgarts⁴⁸

Flytande vätgas (LH₂) kräver temperaturer kring -252 °C vid tillverkningen. För drivmedelstillämpningar bedöms flytande vätgas inte vara ett ekonomiskt försvarbart alternativ i dagsläget då det är energikrävande och kostsamt vid både framställning och lagring.

I Sverige finns i dagsläget tre vätgastankstationer som är placerade i Stockholm, Göteborg och Malmö men många fler väntas de kommande åren. Mariestad annonserade nyligen att de bygger landets fjärde vätgastankstation⁴⁹ som får en strategisk placering längs sträckan mellan Göteborg och Stockholm. Liksom de tre tidigare kommer även denna vara delvis EU-finansierad. Sweco har, tillsammans med Vätgas Sverige och ett flertal privata och offentliga

⁴⁸ https://de.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_Citaro_FuelCELL-Hybrid

⁴⁹ <http://mariestadstidningen.se/mariestad/2016/01/11/satsar-pa-vaetgasstation> 2016-01-12

aktörer samt med stöd från EU, tagit fram ett förslag på en nationell implementeringsplan för vätgas.⁵⁰ Baserat på den omfattande utredningen som gjordes åren 2013 – 2014 samt pågående diskussioner med aktörer bedöms infrastrukturen för vätgas successivt att utökas. Fram till 2030 förväntas infrastrukturen vara utbyggd till den grad att tankmöjligheten kommer finnas längs Sveriges "kärnkorridorer" enligt TEN-T:s definitioner (jämför CEF⁵¹-korridorer). Det beror till stor del på att EU huvudsakligen finansierar infrastruktur längs de större och mest trafikerade vägarna för att möjliggöra förflyttning längs dessa vägar med olika drivmedelsslag.

Eftersom det inte finns några fordon för godstrafik att tillgå i dagsläget är det endast möjligt att ge en indikativ och estimerad bild över hur möjliga godstransporter med vätgasdrift skulle kunna presteras. Ett generellt förbrukningstal för bränslecells-bilar i dagsläget är kring 10 mil/kg vätgas (vilket bland annat anges av Toyota⁵²) vilket motsvarar ca 3,3 kWh/mil. En bensindriven bil som drar 0,7 l/mil har en motsvarande förbrukning på ca 6,3 kWh/mil. Om förhållandet mellan bränslecellsfordon och bensinfordon "översätts" till godstransporter skulle energibehovet minska med drygt 45 procent. För att storskaligt framställa vätgas på ett klimatneutralt sätt kommer el spela en mycket stor roll. Att framställa vätgas genom ångreformerings av naturgas (vilket är det andra storskaliga alternativet rent praktiskt) bedöms inte som rimligt då naturgas är av fossilt ursprung. Det skulle vara möjligt att nyttja biogas för reformering men det innebär stora råvarubegränsningar samt att det finns en stor risk för konkurrens för andra alternativ som baseras på biomassa, både andra drivmedel såväl produkter i andra branscher. Enligt *KNEG – Klimatneutrala godstransporter på väg* bedöms dock vätgas (som i rapporten integrerats med batterifordon) utgöra en relativt liten del av den totala energitillförseln, vilket även görs i denna rapport.

Hinder:

- Fortfarande relativt dyr teknik
- Osäkert hur regelverket kommer utformas kring vätgas som drivmedel
- Fordonsleverantörer diskuterar främst persontransporter och ej gods i samband med vätgasfordon
- Infrastruktur för tankning
- Osäkert hur framställning av storskaliga mängder "grön" vätgas till marknadsmässigt pris

Införandepotential av lastbilar för alternativa drivmedel

Förnybara drivmedel kan på sikt troligen användas för alla godstransporter på väg och ge stora utsläppsminskningar, men införandepotentialen till 2030 är begränsad.

Det finns två huvudspår för att introducera förnybara drivmedel i transportsektorn. Det första är att producera drivmedel som kan användas i dagens infrastruktur och fordon med inga eller små anpassningar, t.ex. olika former av biodiesel eller låginblandning. Detta motiveras av relativt små omställningskostnader. Det andra alternativet är att introducera ny infrastruktur

⁵⁰ Vätgasinfrastruktur för Transporter - Fakta och konceptplan för Sverige 2014-2020
Cecilia Wallmark, Farzad Mohseni och Geert Schaap m.fl., INEA/TEN-T, HIT-1 NIP-SE,
2014-12-31.

⁵¹ http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/corridors/index_en.htm, 2016-02-10

⁵² <http://www.dn.se/motor/tester/toyota-mirai-tankar-gront-for-55-mil-pa-3-minuter/>, 2016-01-19

och nya/anpassade fordon för att kunna använda nya typer av drivmedel, t.ex. energigaser som potentiellt kan ge stora minskningar av växthusgasutsläpp och lokal miljöpåverkan.

Dieselmotorn är idag den dominerande tekniken för lastbilar och nya tekniker måste konkurrera med pålitligheten, tillgängligheten och kostnaderna för den. Detta blir en svår konkurrenssituation för förnybara drivmedel som är dyrare än fossila drivmedel och som kräver ny infrastruktur och anpassade fordon, t.ex. komprimerad eller flytande metan. De två senare faktorerna innebär ytterligare kostnader utöver de från början högre drivmedelskostnaderna. Vidare innebär bristen på infrastruktur försämrade användbarhet och eventuellt ökade kostnader. Infrastrukturen är en avgörande faktor för införandet av alternativa drivmedel och det uppstår ofta en situation där utbyggnaden av infrastruktur inte kan ske utan marknadsutveckling och tvärt om. Det är därmed svårt att bedöma hur snabbt introduktionen av tankningsinfrastruktur och alternativa fordon kommer att ske.

Givet att utbytestakten i dagens lastbilsflotta håller i sig till 2030 och att godstransporterna och även lastbilsflottan ökar med 50 procent till 2030 skulle 83 procent av lastbilsflottan år 2030 vara inköpta/nyregistrerade från och med i dag. Det är dock inte troligt att alla nyregistrerade lastbilar kommer att vara anpassade för användning av förnybara drivmedel. År 2014 hade ca 1 procent av de tunga lastbilarna en gas/flexifuel-drivlina och endast ett tiotal fordon var elhybrid eller etanol/flexifuel.⁵³

Även med införande av kraftiga styrmedel för att minska koldioxidutsläppen skulle troligtvis endast en mindre andel av de nyregistrerade lastbilarna vara anpassade för förnybara drivmedel. I snitt 25 procent av alla nyregistrerade lastbilarna skulle troligtvis vara en relativt hög skattning med tanke på dagens introduktionstakt. Med en sådan skattning skulle 10-25 procent av flottan vara anpassad för förnybara drivmedel till 2030. Denna siffra omfattar alla typer av förnybara drivmedel som kräver anpassade fordon. Men vi bedömer att merparten av de nya lastbilarna drivs av flytande eller komprimerad fordonsgas. DME kan också utgöra en liten andel och eventuellt också etanol. Anledningen till att fordonsgas bedöms som huvudalternativet är att det redan idag ligger relativt långt fram i utvecklingen och att det kan ge stora utsläppsminskningar i jämförelse med första generationens biodiesel och etanol. Dessutom kan biodieseln användas genom låginblandning i annan diesel.

HVO eller syntetisk diesel är ett mer lättillgängligt alternativ med små införandekostnader, men enligt resonemanget nedan om produktionspotentialer är det inte troligt att dessa två drivmedel får något stort genomslag till 2030.

Produktionspotentialen för förnybara drivmedel kan bedömas på olika sätt, antingen den tekniska eller ekonomiska potentialen. Den tekniska produktionspotentialen avgörs av tillgången på lämplig råvara för att producera ett visst drivmedel och omvandlingseffektiviteten i produktionsprocessen. Den ekonomiska potentialen eller marknadspotentialen utgör den mängd drivmedel som kan produceras till ett pris som marknaden accepterar. Vanligen sätts denna nivå av priset på konventionella fossila drivmedel. Den ekonomiska produktionspotentialen kan alltså ändras snabbt i samband med ändrade marknadsförutsättningar som fossilbränslepriser och styrmedel. Exempelvis den senaste tidens låga oljepris har minskat den ekonomiska produktionspotentialen för flera biodrivmedel.

Grunden i en potentialbedömning är tillgången på råvara som också avgörs i konkurrens med andra sektorer. Potentialen för ett ökat uttag av biomassa bedöms på kort sikt (2030) vara 50-60 TWh per år utan att konkurrera med annan jordbruks- eller skogsbruksproduktion.⁵⁴ Med

⁵³ Trafikanalys, 2015, Fordon 2014, <http://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/>, LB tab. 9-10.

⁵⁴ Miljö- och Energidepartementet, 2013, Fossilfrihet på väg, SOU 2013:84

antagandet om en omvandlingseffektivitet på ca 50 procent skulle detta kunna ge en inhemsk biodrivmedelsproduktion om ca 25-30 TWh. En mer försiktig uppskattning av den totala produktionspotentialen år 2030 är mellan 13 och 26 TWh per år.⁵⁵

Utifrån dagens utveckling av vägtransportsektorn kommer troligen energianvändningen vara relativt hög 2030, eventuellt runt dagens användning på runt 80 TWh per år. Det innebär att det frånsett konkurrens med andra branscher om råvaran kommer att finnas en konkurrens om drivmedlen inom transportsektorn. Biodrivmedel kommer att användas i de sektorerna där det finns en hög efterfrågan, vilket kommer att vara kopplat till användningen av styrmedel. Till exempel har styrmedel gjort att användningen av höginblandade förnybara drivmedel har ökat i segmenten personbilar och bussar. För godstransporterna har dock utvecklingen gått långsammare och det är därmed osäkert hur stor andel av drivmedelspotentialen som kommer att användas där.

Den inhemska produktionspotentialen för HVO producerad från biprodukter är begränsad. Den totala mängden tallolja i Sverige motsvarar cirka 2-2,5 TWh per år, och används idag som råvara till en mängd olika kemikalier. För slakteriavfall uppskattas biogasproduktionspotentialen till runt 100 GWh per år och även om alla tillgängliga delar i denna biprodukt användes för att producera HVO skulle det maximalt bli uppåt 100 GWh. En del av slakteriavfallet används redan som råvara för biogasproduktion. Även inklusive andra mindre biproduktströmmar som t.ex. fritureolja etc., skulle användas så bedöms potentialen för HVO producerad på ett hållbart sätt från inhemska råvaror till maximalt 1 TWh per år. Idag finns heller inga planer i Sverige på att bygga storskaliga förgasningsanläggningar för att producera syntetisk diesel. De flesta planerade eller utredda anläggningarna är för produktion av metan eller metanol. Därmed är det inte troligt att bränslebyte från fossil diesel till förnybar diesel får någon större effekt på utsläppen för tunga transporter.

I resultatrapporten från KNEG-initiativet⁵⁶ bedöms det finnas en potential för att använda 8,5 TWh biodrivmedel för tunga lastbilar, där merparten av dessa skulle vara flytande och en liten andel gasformiga. Här gör vi dock bedömningen att det åtminstone utifrån nationella förutsättningar kan bli svårt att nå så stora volymer av flytande bränsle, men att det däremot kan vara möjligt att introducera gasformiga bränslen i större utsträckning.

4.2 Elvägar och elfordon

Inom godstransporter krävs generellt att "energilagret" ombord på fordonet (drivmedlet eller batteriet) rymmer en stor mängd energi då relativt tunga ekipage ska framföras. Fjärrtrafik som kör tunga lass och långa sträckor ska följaktligen ha så stor mängd energi lagrat ombord som möjligt med minsta möjliga påverkan i volym och vikt. Distributionsfordon kan nyttja en större variation av energibärare och är inte lika beroende av stora energimängder lagrade ombord. Att nyttja el för godstransporter på väg börjar bli mer och mer intressant. Dock ses inte rena elfordon som ett genomförbart alternativ då dagens batterier i elfordon (främst litium jon-batterier) inte når upp till en tillräckligt hög energitäthet för att vara praktiskt. Kontinuerlig tillförsel av el genom att nyttja elvägar är ett intressant alternativ, vilket lämpligen skulle kunna tillämpas för fjärrtrafik (vilket diskuteras mer ingående i kommande sektioner). För lättare

⁵⁵ Julia Hansson och Maria Grahn, 2013, Utsikt för förnybara drivmedel i Sverige.

⁵⁶ [Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf]

lastbilar typ distributionsfordon, som dessutom har ett flertal stopp längs sin rutt kan elhybridteknik vara intressant.

Elhybridfordon

Elhybridmodeller finns i dagsläget som del av sortimentet hos flertalet leverantörer. Kostnaden är dock än så länge högre för dessa modeller jämfört med konventionella dieselfordon vilket generellt utgör ett hinder för köp av dessa fordon.⁵⁷ I dagens elhybridlastbilar som erbjuds kommersiellt används normalt dieselmotorteknik kombinerat med en elmotor och batteri. Batteriet laddas vid inbromsning och fordonet kan drivas helt på el vid låga farter under kortare sträckor. Bra tillämpningsområden är fordon som kör sakta med många start och stopp, exempelvis sopbilar och distributionsfordon. För att få batteriet att räcka längre är det även möjligt använda sig av laddhybrider, vilka exempelvis kan laddas vid lastkajer under tiden den ändå är stillastående eller under nattetid då fordonet inte är i bruk. Idag finns dock huvudsakligen endast hybridlastbilar med den mildare hybridiseringsgraden, d.v.s. ej laddhybrider. Elektrifierade distributionsfordon ger även möjlighet för nattliga körningar i städer/orter som har krav på buller. Ungefär 15 procent av energianvändningen för tunga lastbilar sker i distributionstrafik (se Figur 15), och i denna sektor kan troligen olika typer av elektrifiering och även alternativa drivmedel införas långt tidigare än den kan införas i fjärtransporter.

I ett fältprov som Trafikverket har tagit del av visar elhybridisering av sopbilar en möjlig bränslebesparing på 15 – 30 procent vilket också är i linje med vad en ledande fordonstillverkare presenterar. För fjärtrafik förväntas inte lika stor besparingsmöjlighet och förväntas ligga på mellan 5 – 8 procent.^{58,59} Då sopbilar och distributionsfordon har uppenbara likheter i körsätt och vikt på fordon likställs energieffektiviseringsmöjligheterna för dessa områden i denna utredning. I "Fossilfrihet på väg" görs en potentialbedömning att 35 – 83 procent av trafikarbetet för distributionslastbilar skulle kunna ske på el år 2030. Utifrån utvecklingen sedan FFF-utredningen genomfördes blir det troligen svårt att uppnå den högre delen av detta intervall. I denna studie bedöms potentialen till maximalt 40 procent av trafikarbetet.

I "Fossilfrihet på väg" ges också en bedömning att en batterielbil har ca 75 procent lägre energiförbrukning än en konventionell bil. En elhybridiserad distributionslastbil har enligt diskussionen ovan upp till 30 procent besparing. Denna siffra bedöms kunna förbättras om infrastrukturen och delar av rutten anpassas till laddmöjligheter under distributionens gång, exempelvis att fordonen laddas vid av- och pålastning. Det skulle ge möjligheten att köra på el en större del av rutten jämfört med att inte ha en förberedd infrastruktur för elhybriddistribution. I denna studie görs därmed antagandet att det totalt kan ge ca 60 procent minskad energianvändning för det trafikarbetet som utförs med el.

Nordisk elmix innebär utsläpp på 125 g koldioxidekvivalenter per kWh medan fossil diesel (inklusive låginblandad biodiesel) innebär utsläpp på ca 311 g per kWh.⁶⁰ Därmed minskas utsläppen för den kvarvarande energimängden med ca 60 procent.

Vid eldrift uppkommer två effekter som minskar utsläppen av växthusgasutsläppen, dels minskad energianvändning och dels byte till en energibärare som har lägre växthusgasutsläpp

⁵⁷ Stockholm Stad 2014 *Lastbilar och bränslen som gör skillnad – Clean Truck 2010 - 2014*

⁵⁸ http://www.nyteknik.se/nyheter/for-don_motor/bilar/article3703555.ece 2016-01-13

⁵⁹ http://www.trafikverket.se/contentassets/1e1898f948ec43079c0707edfbaa7ead/8_hybriddrift.pdf 2016-01-13

⁶⁰ Naturvårdsverket, 2015, Beskrivning av beräkningar av minskade växthusgasutsläpp för ansökningar i Klimatklivet.

per energienhet. I ett förenklat räknexempel antas att för transportarbete (fordonskilometer) som utförs med el minskas energianvändningen med 60 procent i jämförelse med transportarbete som utförs med diesel. Därmed försvinner till en början 60 procent av växthusgasutsläppen som skulle ha uppkommit vid dieselanvändning. För de 40 procent av energianvändningen som återstår innebär bytet från diesel till el att växthusgasutsläppen minskas med cirka 60 procent, eftersom el har lägre växthusgasutsläpp per energienhet. Totalt medför dessa två effekter runt 80 procent lägre växthusgasutsläpp per enhet transportarbete vid byte från diesel till el (60 procent (minskad energianvändning) plus 40 procent (kvarvarande energianvändning) multiplicerat med 60 procent (lägre växthusgasutsläpp per energienhet)). Om detta kombineras med antagandena ovan om att 15 procent av energianvändningen för godstransporter på väg sker i distributionstrafik och att 40 procent av trafikarbetet i distributionstrafiken kan utföras med el till 2030 får vi en utsläppsminskning på 4,8 procent av de tunga transporternas totala utsläpp. Detta är ett offensivt antagande men fullt möjligt om rätt åtgärder sätts in.

Elvägar

Elektrifierad fjärrtrafik är en väldigt intressant möjlighet för godstransporter eftersom både behovssidan och tillförselsidan gynnas. Behovet av energi blir mycket lägre då eldrivlina har en markant högre verkningsgrad än konventionell drivlina med förbränningsmotor. På tillförselsidan är el den energibärare som används vilket möjliggör miljövänlig energitillförsel genom nyttjandet av "grön" el vilket ger ytterligare förbättrad klimatprestanda.

Två möjliga spår finns gällande elvägar, antingen el från kontaktledning, se Figur 23 och Figur 24 eller induktiv eltilförsel (för det senare används även begreppet elektrisk asfalt). El från kontaktledning kan delas in i två varianter – luftburna ledning och elskena längs vägen. En stor skillnad mellan dessa tekniker är att luftburna ledningar rent praktiskt endast fungerar för lastbilar och bussar då ledningarna befinner sig högt upp i luften och det blir i praktiken mycket svårt att tillämpa lösningen för personbilar, medan det är möjligt med en skena i marken. Induktiv teknik innebär trådlös överföring av el till bilen genom induktionsprincipen. Idag finns två demonstrationsprojekt för elvägar som båda baseras på induktiv teknik. Det har även funnits och finns planer på att genomföra demotester med induktiv teknik men de har ännu inte realiserats.

I början av 2016 väntas en demonstrationssträcka med luftburna ledningar att testköras längs E16 mellan Sandviken och Kungsgården och går under namnet eHighway. På sikt planeras en förlängning som totalt ska sträcka sig från Gävle till Borlänge. Fordonen som används kommer att ha mindre dieselmotorer som främst används vid filbyten och körning på anslutningsvägar.⁶¹

⁶¹ <http://teknikensvarld.se/e16-utanfor-sandviken-bli-elveg-2016-186025/> 2016-01-14



Figur 23 eHighway⁶²

Ett liknande projekt pågår i närheten av Arlanda, norr om Stockholm där det är tänkt att elförsörjningen sker från marken istället för med luftburna ledningar.⁶³ Projektet drivs av Rosersbergs Utvecklings AB, som är ett konsortium med stöd från både offentlig och privat sektor som har arbetat med elvägar de senaste åren. 2017 är tanken att det ska förläggas en teststräcka på 2 km mellan Rosersbergs logistikområde och Arlanda flygplats. Sträckan kommer att trafikeras av lastbilar som kör skytteltrafik mellan dessa punkter.⁶⁴



Figur 24 Elväg med skena i marken⁶⁵

Teknik för induktiva vägar utvecklas bland annat på KTH. Den fungerar bra i labbmiljö men nu måste koncepten för att kunna bygga hållbar infrastruktur på detta sätt utvecklas och testas i demoskala.⁶⁶ Tekniken bygger på laddning via elektromagnetiska fält via teknik som finns inbäddad i asfalten, vilket infattar induktansspolar, ferritkärnor och informations- och kommunikationsteknik. Utmaningen är att hitta bland annat asfaltmaterial som gör det möjligt att implementera tekniken i stor skala och som klarar slitage och olika väder. Även Volvo deltar i utvecklingen av induktiva vägar och har haft planer på att testa tekniken i demoskala.

⁶⁷

Införandepotential

I nuläget är det svårt att bedöma vilken av teknikerna som har störst införandepotential. Detta kräver mer noggrann utvärdering av dem i demoverksamhet.

⁶² http://w3.siemens.se/mobility/se/sv/interurban_mobility/road_solutions/ehighways-eldriven-godstransport-pa-landsvag/pages/ehighways-eldriven-godstransport-pa-landsvag.aspx

⁶³ <http://www.etc.se/inrikes/nu-testas-eltvagnar-i-trafiken> 2016-01-14

⁶⁴ <http://www.ncc.se/press/cision-page/da0ce38f112620f1/elv%C3%A4g-vid-arlanda-inom-tv%C3%A5-%C3%A5r/> 2016-02-01

⁶⁵ www.teknikensvard.se

⁶⁶ <https://www.kth.se/aktuellt/nyheter/snart-laddas-elbilen-via-elektrisk-asfalt-1.553575>

⁶⁷ Volvo, 2014, Volvokoncernen undersöker möjlighet att bygga elväg i Göteborg. Pressrelease.

Ekonomin för elvägar varierar stort beroende på om konduktiv respektive induktiv laddning tillämpas. Inom eHighway-projektet är investeringskostnaderna väldigt höga, 1,2 Mdr för 2 km men väntas ha betalat av sig på fyra till sju år. Allteftersom sträckan med installerade elvägar ökar kommer förlägningspriset per km att minska. Svenskt el- och hybridfordonscentrum (SHC) som är ett partnerskap mellan Energimyndigheten, svensk fordonsindustri och akademi, har bland annat studerat de ekonomiska aspekterna av elvägar och har sammanställt en genomsnittskostnad för konduktiv laddning och fastställt den till 3 M\$/km och 4,9 M\$ för induktiv laddning vid "låga volymer" ⁶⁸. E-ways egna siffror på kostnaderna ligger på ett 5 MSEK/km för konduktiv/väg-lösning, 10 MSEK/km för konduktiv/luft-lösning samt ca 15 – 20 MSEK/km för induktiv laddning. ⁶⁹

Trots en enorm potential väntas elektrifiering av fjärtrafik att dröja ett par decennier innan det får ett signifikant genomslag då detta är en nyligen introducerad teknik. Inom KNEG-samarbetet, som har samlat aktörer från fordonstillverkare, åkeriföretag, drivmedelsbolag, myndigheter och akademien, bedöms elektrifiering av fjärtrafik ha mycket liten effekt till 2030 medan det har fått ett genombrott till 2050. ⁷⁰

Tillgången på drivmedlet, i detta fall el, bedöms inte direkt ha några begränsningar till skillnad från övriga drivmedelsslag som konkurrerar om biomassa (som väntas vara den huvudsakliga råvaran). Elförbrukningen och effektbehovet torde vara relativt utspritt i landet förutom i landets mest glesbefolkade delar och med en viss koncentration mot de mer tätbebyggda områdena, vilket skulle underlätta (åtminstone inte försvåra) planering och utbyggnad av framtida elnät.

Sverige ligger relativt långt framme i utvecklingen av elvägar vilket ger förutsättningar för samhällsekonomiska vinster. Delvis genom goda möjligheter för kunskaps- och produktexport på sikt. Sverige skulle därmed kunna stärka sin ställning som ett föregångsland vid omställningen till mer klimatneutrala godstransporter. På sikt (ca 2050 och framåt) skulle utsläppsminskningarna kunna bli relativt stora. Bland annat leder reducerade utsläpp av svavel och kväveoxider till lägre grad av förorening och övergödning. Minimerade koldioxidutsläpp minskar klimatpåverkan.

Hinder:

- Höga investeringskostnader
- Relativt otestad teknik i dagsläget med många alternativ som måste utvärderas – tidskrävande

4.3 Sjöfart

Hårdare utsläppskrav inom sjöfarten, främst gällande svaveldioxider, motiverar introduktion av nya tekniker som LNG/LBG och metanol. Generellt kan man anta att bränsletypen inte nämnvärt inverkar på motorernas bränsleeffektivitet, ⁷¹ förutom vid eldrift.

⁶⁸ http://hybridfordonscentrum.se/wp-content/uploads/2016/01/T2_11-Cost-Analysis-of-Electric-Drive-System_IV_Final-report.pdf 2016-02-02

⁶⁹ <http://elways.se/teknik-for-matning/> 2016-02-02

⁷⁰ Fossilfria godstransporter på väg KNEG 2015

⁷¹ Per Kågesson, 2012, Sjöfartens långsiktiga drivmedelsförsörjning. CTS Working paper 2012:28. Centre for transport studies. Stockholm.

LNG/LBG

Fartyg kan specialbyggas eller konverteras till drift med flytande naturgas (LNG) eller biogas (LBG). LNG kan användas i en motor specialiserad för gas eller i en dieselmotor tillsammans med en liten andel diesel (ca 20 procent). Tekniken kan användas i alla typer av fartyg.

Inom sjöfarten är flytande metan (främst LNG på grund av bulkbehovet) ett intressant alternativ, speciellt sedan ikraftträdandet av svaveldirektivet 2015 som kräver kraftigt minskade svavelutsläpp från fartygen inom SECA-området. Jämfört med den konventionella oljan (HFO) som används inom sjöfarten har LNG mycket lägre utsläpp av såväl koldioxid, partiklar och svavel.

Jämfört med traditionella fartygsbränslen som tjockolja innebär båda alternativen minskade koldioxidutsläpp och svaveldioxidutsläpp.

Marina motorer för gas kan uppnå samma energieffektivitet som motsvarande alternativ. LNG innehåller mindre kol per energienhet än konventionella fartygsbränslen och kan ge ca 25 procent lägre utsläpp av koldioxid. Men på grund av metanläckage minskas klimatfördelen och totalt beräknas ett byte till LNG ge ca 15-20 procent minskning av växthusgasutsläppen.

Om förnybar metan blandades in i naturgasen skulle ännu mycket större utsläppsminskningar kunna uppnås, men detta bedöms inte ske i någon större omfattning till 2030. Anledningen är att det blir svårt att producera tillräckliga mängder metan och att det blir svårt att göra det till priser som är tillräckligt konkurrenskraftiga för sjöfarten.

Införandepotential

LNG-fartyg används redan idag men infrastrukturen för bunkring av LNG är fortfarande begränsad och förutsättningarna för en storskalig utbyggnad av LNG är fortfarande osäkra.

Studien "Maritima förutsättningar för utbyggnad av infrastruktur för LNG/LBG" gjorde år 2010 en uppskattning av efterfrågan på LNG i Sverige.⁷² Baserat på åldersstrukturen i fartygsflottan som trafikerar Östersjön görs en uppskattning om ca 20 procent nybyggnation för fartyg som trafikerar Östersjön sett till 10 år framåt, runt 2020. Vidare antas att 25 procent av dessa skulle byggas för drift med LNG och att 10 procent av dessa skulle bunkra i Sverige/Östersjön. Dessa antaganden resulterar i 1213 fartyg som skulle bunkra 260 000 m³ metan.

Till 2020 skulle det innebära att ca 5 procent av sjötransporterna skulle ske med LNG och givet en sådan relativt stark utveckling för LNG inom sjöfart skulle det rimligen finnas en införandepotential på 10-15 procent till 2030. Utvecklingen sker dock inte lika snabbt som förväntat och därmed måste införandepotentialen också justeras ner.

Metanol

Tester pågår idag för användning av metanol i fartyg. Metanol kan användas i befintliga marina motorer efter mindre förändringar, och konverterade motorer körs på 95 procent metanol och 5 procent diesel eller HFO (Heavy fuel oil) eller kan köras på bara diesel eller HFO.⁷³ Vidare måste bunkertankarna på fartyget anpassas till metanol, t.ex. ytbeläggning och ventilation.

⁷² Johan Gahnström, Edvard Molitor, Karl-Johan Raggl, Jim Sandkvist, 2010, Maritima förutsättningar för utbyggnad av infrastruktur för LNG/LBG. Rapport Nr.: 2010 – 5653. s41.

⁷³ Per Kågesson, 2012, Sjöfartens långsiktiga drivmedelsförsörjning. CTS Working paper 2012:28. Centre for transport studies. Stockholm.

Utsläppsminskningar vid byte till metanol av fossilt ursprung blir troligen små. Däremot kan stora utsläppsminskningar uppnås om metanol kan produceras i tillräckligt stor skala från biomassa.

Införandepotential

Metanol är en möjlighet att uppfylla de hårdare reglerna för sjöfartens utsläpp. Konvertering till metanol kan ske till en lägre kostnad än konvertering till LNG men på sikt finns det en högre risk i metanolpriserna än LNG priserna. Den låga konverteringskostnaden kan innebära att metanol ses som ett mer fördelaktigt alternativ på kort sikt, men om kalkylen tillåter längre återbetalningstider kan LNG bli mer ekonomiskt fördelaktigt. Utöver dessa finns det dessutom en potential att producera metanol via förgasning av skogsråvara. Planer att starta sådan verksamhet är redan igång⁷⁴.

Fossil metanol produceras från naturgas med vissa omvandlingsförluster och blir därför mer påverkat än LNG när naturgaspriserna går upp.

DME

Dimetyleter (DME) övervägs också som drivmedel för sjöfarten. Det kan användas i dieselmotorer efter vissa förändringar. DME består av två metanolmolekyler och i princip skulle fartygen kunna bunkra metanol och sedan producera DME ombord fartyget. DME är gasformigt vid rumstemperatur men blir vid lågt tryck flytande och har då samma energitäthet som LNG.

Införandepotential

I likhet med metanol kan fartygen troligen konverteras till relativt låg kostnad, men eftersom DME produceras från naturgas eller metanol med vissa omvandlingsförluster fås en högre känslighet för bränslepriser. Utvecklingen av detta spår bedöms dock inte ha kommit tillräckligt långt för att tekniken ska bidra till signifikanta utsläppsminskningar redan 2030.

Eldrift

Tester pågår redan idag med elhybriddrift och ren eldrift inom sjöfart. Den senaste tidens snabba utveckling inom batteriteknik, där litium jon batterierna har anpassats för användning i fordon eller stationära system, har öppnat möjligheter för användning av batterier på fartyg.⁷⁵ Precis som för vägfordon är det möjligt att integrera eldriften med en konventionell motor på olika sätt som lätt hybridisering eller laddhybridlösningar. Ren eldrift lämpar sig bäst för fartyg som rör sig inom ett begränsat område som färjor och mindre godstransportfartyg.

Beroende på växthusgasutsläppen från elmixen finns en stor potential för utsläppsminskningar.

Införandepotential

Hybridisering kan komma att bli en lösning för godstransporter inom sjöfarten, men kommer troligtvis inte att introduceras i någon större omfattning till 2030. Andra typer av fartyg som mindre färjor och fartyg för andra syften än godstransporter är mer intressanta vid införandet av batteriteknik.

⁷⁴ http://spbi.se/wp-content/uploads/2013/03/IVL_B2083_2013_final.pdf

⁷⁵ DNV GL, In focus – the future is hybrid - a guide to use of batteries in shipping.

4.4 Logistik

För att nå en "energieffektivisering och reduktion av växthusutsläpp i Sveriges system för godstransporter", finns ett antal logistiska åtgärder och möjligheter som kan påverka. Det kan exempelvis vara överflyttning av gods från väg till järnväg eller sjötransport, större fyllnadsgrad, volym eller vikt per lastbärare, högre tillgänglighet och frekvens på effektiva och miljövänligare transportalternativ samt fysiska förutsättningar i form av spår, terminaler, omlastningsplatser för att möjliggöra energieffektiva och miljövänliga transporter.

Nedan beskrivs några tekniker, introducerade eller under utveckling, som idag inte förekommer alls eller i någon större utsträckning i Sverige men som bedöms ha potential att introduceras i större skala till år 2030. Teknikerna bedöms också kunna utvecklas i större skala och på så sätt ge större påverkan på energiförbrukning och utsläpp.

De bedöms även vara effektiva ur ett logistiskt perspektiv avseende ökad godsvolym per lastbärare och ge förutsättningar och möjligheter till utökning av intermodala transporter.

HCT för väg

Fordon och typer av lastbärare som transporterar gods i Sverige på väg är t ex lastbilar, bil och släp och dragbil med trailer. Dessa kan ha olika fasta påbyggnader som flak med kapell eller skåp för att bära styckegods eller andra typer för speciella godstyper t ex tankar. De kan också vara utformade för att bära intermodala lastbärare som iso-container, växelflak och lastväxlarflak.

HCT står för High Capacity Transports och är ny teknik i form av nya fordon som tagits fram för att ge en högre lastkapacitet än normala fordon. Fordonen utformas för större volymer och vikter vilket gör att de kan bli både längre och tyngre än det gällande regelverket i Sverige på 64 tons bruttovikt och 25,25 m längd. Motsvarande regler inom EU är 40 ton och 18,75 m.

Det pågår i Sverige olika tester och utredningar om att tillåta tyngre och längre fordon. Fordon har utvecklats för olika godstyper och lastbärare och exempel finns på fordon med bruttovikter på 90 ton och fordonslängder på upp till 32 meter. Nedan presenteras några konkreta exempel.

ST-fordon och ETT-fordon för virkestransporter

Inom virkestransporter finns två exempel på HCT. ST-fordon (Större Travar) är fordon som utvecklats för bära större virkestransporter inom ramen för den godkända fordonslängden på 25,25 m. Bruttovikten uppgår till ca 74 ton vilket ger ca 12 ton mer virke än en normal virkestransport.⁷⁶

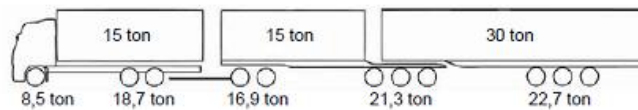
ETT-fordon (En Trave Till) har testats sedan ett antal år tillbaka, också för virkestransporter. ETT-fordonet är ett ekipage bestående av en dragbil, en dolly, en link och en trailer – se nedan Figur 25. ETT-fordonet lastar 4 timmertravar i jämförelse med ett standardfordon med bil och släp som i regel tar tre travar. Totala längden uppgår till 30 m och ETT-fordonet kan lasta 60-65 ton virke. Totala vikten för ekipaget kan uppgå till ca 90 ton.⁷⁷

⁷⁶ <http://www.lantbruk.com/skog/ny-virkesbil-klarar-12-ton-extra>

⁷⁷ http://www.nyteknik.se/nyheter/fordon_motor/bilar/article3426286.ece;
<https://www.transport.se/Transportarbetaren/Start/Nyheter1/Nytt-forsok-med-90-ton/>

Truck, dolly, link and semitrailer, GCW 88,1 ton

ETT-bilen



Figur 25 ETT-fordon.⁷⁸

Med ETT-fordonet går det åt färre transporter för samma godsmängd, jämfört med standardfordon. Färre transporter innebär totalt sett en minskad bränsleförbrukning (diesel) och således lägre koldioxidutsläpp, ca 20 procent enligt en utvärdering.⁷⁹ Färre transporter ger också lägre transportkostnader beroende på större volym per transport. Minskat antal tunga fordon i trafiken är också en positiv aspekt.

ETT-fordonen förväntas inte generera ett större slitage på våra vägar trots den högre bruttovikten. Detta pga. att lasten och den högre vikten fördelas på fler hjulaxlar vilket ger ett mer jämnt fördelat tryck. Däremot kan vissa broar utgöra begränsningar för den högre bruttovikten.

Fordon med två 40-fots container – Julia, Schenker

Julia och DB Schenker har fått dispens av Transportstyrelsen för att köra 31,6 m långa ekipage (dragbil och dubbeltrailer) med maxvikt 80 ton, se Figur 26 nedan, för transporter mellan torrhamnen i Falköping till Julas centrallager i Skara.⁸⁰



Figur 26 Dragbil och dubbeltrailer, 31,6 m med två 40-fots container.⁸¹

Det längre ekipaget bestående av dragbil och två trailervagnar kan transportera två 40-fots container per bil/transport. Det är en dubblad godsvolym per transport jämfört med tidigare då endast en container åt gången kunde transporteras (med dragbil och trailer).

⁷⁸ Bildkälla: www.skogsforsk.se

⁷⁹ Skogsindustrierna: En Trave Till – Bättre miljö och bättre lönsamhet; www.skogsindustrierna.org

⁸⁰ http://www.logistics.dbschenker.se/log-se-se/press/arkivoverview/8608356/dispens_langa_lastbilar.html

⁸¹ Bildkälla: <http://www.logistics.dbschenker.se>

Containrarna i fråga är lastade med gods från Kina och kommer till Göteborgs hamn. Tidigare hämtades dessa med dragbil och trailer och gick på väg hela vägen till Skara. Det nya transportupplägget är intermodalt och består av järnvägstransport från Göteborgs hamn till torrhamnen i Falköping. För den sista sträckan, Falköping till centrallagret i Skara, används biltransport och det längre ekipaget som lastar två containrar. Denna möjlighet har gjort det lönsamt att använda tåget för en del av transporten till Julas centrallager.

Genom att nyttja järnvägstransport till torrhamnen i Falköping minskade lastbilstrafiken mellan Skara och Göteborg med ca 5000 transporter per år vilket minskade koldioxidutsläppen med ca 80 procent.

De nya dragbilarna som används för ekipaget med dubbla trailervagnar drivs med biodiesel, vilket tillsammans med att det går åt färre transporter för sista sträckan till Skara i jämförelse med standardfordon, har sänkt utsläppen av koldioxid ytterligare. Jämfört med det gamla transportupplägget återstår därför bara 3-4 procent av koldioxidbelastningen.⁸²

Duo2

Projekt Duo 2 är ett HCT-projekt för att utveckla klimatsmarta transporter med större godsvolym per transport och därmed minskade utsläpp per transporterad godsvolym.

Duo 2-trailer är ett projekt där två Volvo-ekipage utvecklats för att sedan testas i Kallebäck's Transports/Schenkers transportupplägg mellan Malmö och Göteborg. Duo 2-trailer ekipaget är 32 m långt och består av dubbla trailers, se Figur 27. Lastvolymen uppgår till ca 200 kubik och bruttovikten för hela ekipaget är ca 80 ton.⁸³



Figur 27 Duo-trailer.⁸⁴

Mellan 2012 till 2015 gick Duo 2-trailern i testtrafik under nattetid (kl. 19 – 06) mellan Malmö och Göteborg. Totalt har ca 250 tur- och returesor avverkats till testperioden löpte ut april 2015 och projektet parkerades. Utvärderingen visade att koldioxidutsläppen kunde minskas med 27 procent per ton och kilometer jämfört med ett traditionellt trailerekipage. Sedan december 2015 är Duo 2 – projektet igång igen med en ny dispens från Transportstyrelsen. Denna gång får transporterna ske även under dagtid.

Under 2015 startades även ett projekt med "Duo-kärre", se Figur 28. Duo-kärre består av en lastbil med två stycken kärre/släp med en total längd på 27,3 m. Denna kombination kommer

⁸² <http://transportnytt.se/item/1069-jula-kor-med-31-metersbilar-till-skara>

⁸³ <http://duo2.nu/?p=108>

⁸⁴ Bildkälla: www.duo2.nu

initialt att köra enkelresor på natten (också mellan Göteborg och Malmö) med distribution på dagtid men då endast med lastbilen och en kärra.

Den utökade godsvolymen för Duo 2 beror på vilket ekipage man väljer samt vad man jämför mot för standardekipage, dragbil med trailer eller lastbil med släp. Jämför man t ex Duo 2-trailern med dragbil och enkel trailer blir utökningen dubbelt så mycket gods per transport.



Figur 28 Duo-kärra.⁸⁵

Införandepotential

HCT-fordon som är tyngre och i vissa fall även längre och tillåter större och tyngre laster, fler travar, containrar, trailervagnar, släp etc. ger förutom de uppenbara transportekonomiska vinsterna även möjlighet för energieffektivare transporter med mindre utsläpp.

Om längre och tyngre fordon tillåts på svenska vägnätet i framtiden bör det finnas en stor potential att utveckla olika typer av fordonsekipage anpassade för olika godstyper och lastbärare. De introducerade HCT-fordonens investeringskostnad är för vissa av ovan exempel inte mer än 20 procent högre än ett vanligt standardekipage (bil med släp). Utveckling av andra typer av HCT-fordon kan naturligtvis initialt komma att kosta mer men så länge godsutbytet ökar finns troligen stort intresse inom branschen.

Virkestransporter med högre lastkapacitet har vid godkännande för t ex ETT-fordon stor potential att minska antalet transporter inom branschen.

Transport av två containrar eller två trailer per transport istället för en, likt Julas upplägg eller Duo 2, är något som många branscher, företag och godstyper skulle kunna nyttja i framtiden. Särskilt för större koncentrerade flöden av t ex container till/från hamnar, torrhamnar, terminaler etc. eller trailerflöden till olika hamnar eller terminaler. Utbytet med den nya tekniken kan vara dubbelt så många containrar eller trailer per transport alternativt hälften så många transporter som tidigare. Även denna teknik inom HCT har hög potential och förväntas vid ett utökat tillstånd/godkännande att kunna öka kraftigt till 2030.

Tekniken bör kunna utvecklas med andra längre fordonsekipage som kan bära andra typer av intermodala lastbärare t ex växelflak och lastväxlarflak eller andra fasta typer av påbyggnader. Styrande för den utvecklingen blir vilka typer av godsflöden som kan vara attraktiva samt hur de längre fordonskonstellationerna kan hanteras avseende lastning och lossning av godset.

⁸⁵ Bildkälla: www.duo2.nu

För att nå de positiva effekterna av HCT avseende minskade utsläpp av växthusgaser och energieffektivisering är det viktigt att HCT inte nyttjas för nya längre rutter, utökade upptagningsområden, till mer långväga destinationer, istället för andra trafikslag som järnvägs- och sjötransporter än vanliga standardtransporter. I samspel med t ex järnvägstransporter kan HCT till/från terminaler, kombiterminaler och omlastningsplatser ge stora energibesparingar och minskade utsläpp jämfört med t ex vägtransport av trailer eller container för hela sträckan.

Hinder

Införandet av HCT kan ställa vissa högre krav på det svenska vägnätet i form av t ex förstärkningar och utbyggnader av vägar och broar. HCT-fordonen genererar dock enligt förespråkarna inte mer slitage på vägarna då fordonets vikt fördelas på fler axlar. I övrigt kan det handla om mindre anpassningar där dessa fordon ska lastas och lossas t ex utökade rangerytor/körytor vid terminaler och liknande.

Samtliga ovan beskrivna exempel är utvecklade och i drift. HCT-tekniken bör rimligen testas och utredas för fler sträckor runt om i landet, men för att det ska inträffa krävs ytterligare dispenser. Det skulle även kunna öppnas upp för att testa än längre och tyngre fordon och deras påverkan på infrastrukturen.

Om regelverket inte ändras och tillåter längre/tyngre fordon i Sverige framtiden försvåras ett införande i stor skala.

Ny teknik för intermodala järnvägstransporter

Inledning

Järnvägstransporter av gods i Sverige förekommer i olika utformningar t ex vagnslasttåg och systemtåg. Exempel på järnvägsvagnar är konventionell vagnslast – slutna vagnar för styckegods där godset lastas från sidan, järnvägsvagnar med påbyggnader anpassade för specifika godstyper t ex bulkgoods, olika typer av vagnar för intermodala lastbärare som container, växelflak, lastväxlarflak och lyftbara trailer och speciellt utvecklade/anpassade järnvägsvagnar för speciellt framtagna lastbärare.

Väg- och järnvägstransporter används i kombination idag på olika sätt. Det kan handla om biltransport till en terminal för omlastning till järnväg i t ex vagnslast men också om biltransport till kombiterminal för omlastning av intermodala lastbärare som container och trailer.

Nya tekniker för att skapa nya möjligheter för intermodala järnvägstransporter utvecklas kontinuerligt. Utveckling av nya järnvägsvagnar sker både i Sverige och utomlands där syftet är "horisontell överföring" av intermodala lastbärare till/från järnvägsvagnen istället för genom lyftutrustning. Det finns också teknik för att hantera icke lyftbara trailers med en slags lyftplattform som möjliggör lyft. Nedan beskrivs några exempel på tekniker som skapar förutsättningar för utökning av kombitransporter i framtiden.

Syftet med HCT för järnväg är att ta fram ett program för att utveckla effektivare transportsystem där järnvägen ingår som ett kapacitetsstarkt transportmedel med hög kvalitet. Det ska bidra till att förbättra näringslivets transportmöjligheter och att kunderna i högre utsträckning kommer att välja järnväg och intermodala transporter.⁸⁶

⁸⁶ Forum för innovation inom transportsektor: Färdplan för utveckling av godstransporter på järnväg och kombitransporter -HIGH CAPACITY TRANSPORTS FÖR JÄRNVÄG – GRÖNA GODSTÅGET; www.transportinnovation.se

HCT för järnväg innebär att utveckla effektivare godstransporter på järnväg i framtiden. Syftet är att öka kapaciteten och kvaliteten samt minska kostnaderna för godstransporter på järnväg i Sverige i framtiden. Därmed också minska energiförbrukningen och utsläpp inom järnvägen och hela transportsystemet⁸⁷.

Kapacitetsökning på järnvägen kan ske genom ny teknik. Nya lok kan dra tyngre och längre godståg snabbare vilket bidrar till högre kapacitet. Nya typer av kombitrafiklösningar kan implementeras med fler terminaler med effektivare omlastningstekniker som kan generera nya typer av transportsystem på järnvägen.⁸⁸ Det gör järnvägstransporter mer tillgängliga och attraktiva för kunderna.

Att bygga ut större delar av järnvägsnätet för lastprofil C och axellaster på 25 ton (eller ännu mer i framtiden) ger också möjligheter för kapacitetsökningar och nya tekniker kan utvecklas i syfte att lasta mer gods per lastbärare och järnvägsvagn.

För potentialbedömningen av detta teknikområde är HCT för järnväg, dess övergripande syfte och målbild, troligen en förutsättning. För att någon eller några av nedan tekniker ska kunna införas i större och betydande omfattning krävs utbyggnader av spår (sidospår), terminaler, hög kapacitet och tillgänglighet vilket kan gynnas av längre och tyngre tåg i framtiden, snabbare godståg, högre axeltryck på banorna och vagnar, C-profil etc.

Nya vagnar för intermodal transport av icke lyftbara semi-trailer

Det finns två typer av semi-trailer, lyftbara trailer s.k. huckepack som kan hanteras intermodalt med lyftutrustning samt icke lyftbara trailer. Uppskattningar finns på 10-20 procent andel lyftbara trailers av det totala antalet trailers i Sverige.⁸⁹ Det innebär att majoriteten av alla trailers i Sverige inte kan hanteras intermodalt med lyftutrustning i t ex kombiterminaler. Motsvarande eller t o m större övervikt för icke lyftbara trailers gäller inom Europa.⁹⁰

Av det skälet har ny teknik utvecklats och utveckling pågår, av järnvägsvagnar som möjliggör att trailer kan lastas och lossas på järnvägsvagnar genom "horisontell överföring" istället för med hjälp av lyftutrustning.

Kan intermodala transporter utföras så att lastning och lossning kan ske på flera olika sätt och för ett större underlag av lastbärare ökar potentialen kraftigt. Fler platser längs Sveriges järnvägar, utan krav på fysiska förutsättningar som kombiterminaler och lyftutrustning, skulle kunna bli aktuella för att utföra intermodala transporter och etablera terminaler. Det ökar förutsättningarna och tillgängligheten för att planera, utveckla och genomföra fler intermodala godstransporter.

Nedan beskrivs några tekniker som ger möjligheter att utöka möjligheterna till intermodala järnvägstransporter av icke lyftbara semitrailer.

Megaswing

Megaswing är en järnvägsvagn som utvecklas av Kockums Industrier i Sverige. Tekniken bygger på att semitrailers kan hanteras till och från järnvägsvagnen rullande istället för med lyft.

⁸⁷ http://www.trafikverket.se/contentassets/6cf62f49957e4fd5b745e213efd29f43/transportsveriges_viktigaste_ste_g_for_framtiden.pdf

⁸⁸ <https://www.transportinnovation.se/forumet/fardplan-hct-jarnvag>

⁸⁹ http://www.trafikverket.se/contentassets/c47d91800faf416592d1a6a024bb7d7d/modern_teknik_for_godstransporter.pdf

⁹⁰ <http://www.vinnova.se/PageFiles/0/Gr%C3%B6na%20godst%C3%A5g.pdf>

Järnvägsvagnen har ett "lastplan" eller "lastkorg", som kan vridas/fällas ut till sidan av spåret och som semitrailern kan backas på eller dras av från av dragbilen eller en terminaltruck (dragtruck, terminaltraktor), se Figur 29. Därefter vrids "lastplanet" in på järnvägsvagnen och förankras. "Lastplanet" kan vridas diagonalt åt bägge sidor av vagnen vilket innebär att lastning och lossning kan ske på bägge sidor om järnvägsspåret. Vagnarna finns som enkla enheter eller som duo-variant där två trailers kan lastas på samma vagn. Lastning och lossning kan då ske oberoende av varandra.⁹¹



Figur 29 Megaswing, lastning av trailer.⁹²

Lastning och lossning av trailer kan ske på plan (hårdgjord) yta invid spåret. För en effektiv hantering krävs ett sidospår vid sidan av själva järnvägsbanan alternativt hantering vid stickspår dit tågsetet/vagnarna växlas.

Elanslutning krävs på kajen för inkoppling till järnvägsvagnen. Hantering/styrning av järnvägsvagnen för lastning/lossning styrs från en panel på vagnen. Lastning och lossning av trailern till respektive från vagnen kräver dragfordon och kan hanteras av t ex lastbilschauffören som kommer med/ska hämta trailern. Lastning och lossning av ett helt tågset med Megaswing vagnar ska med rätt fysiska förutsättningar kunna lastas och lossas under 1 h.

Lohr Railway system

Lohr Railway system, utvecklat av det franska företaget Lohr, är en teknik som liknar Megaswing. Tekniken är introducerad och i drift i Europa. Även här erbjuds lastning och lossning av trailers rullande på/av järnvägsvagnen. Lohr Railway systems vagnar har också

⁹¹ http://www.elmia.se/Global/Future-Transport/dokument/Future%20Transport%20No%204-10_webb.pdf

⁹² Bildkälla: www.kockumsindustrier.se

en typ av "lastplan" som kan roteras ut till sidan av spåret för diagonal rullande lastning/lossning av trailer med dragbil eller motsvarande. En skillnad finns dock i jämförelse med Megaswing då lastning och lossning kräver en ramp eller nedsänkt spår i kajen, liknande en slags dockningsstation för varje vagn och "lastplan", för att hantera lastning och lossning av trailern, se Figur 30. Dragfordon krävs för lastning och lossning till/från vagnen.⁹³



Figur 30 Spåransluten terminal för Lohr Railway system.⁹⁴

Lohr Railway system innebär väsentligt större investeringskostnader i form av infrastruktur vid sidan av järnvägsspåret. Terminaler måste etableras längs sidospår alternativt stickspår där anpassningar i järnvägs kajerna (ramp eller nedsänkningar i kajer för lastning/lossning), är mer omfattande än bara plan och hårdgjord yta. Det i sig innebär att Lohr Railway system kanske bäst används i systemtågsupplägg mellan ett fåtal noder där anpassade terminaler kan etableras.

FlexiWaggon

FlexiWaggon är en järnvägs vagn som utvecklas i Sverige för lastbilar, bussar och dragbil med trailer. Vagnar finns som prototyper i Sverige. Tekniken bygger på rullande lastning på järnvägs vagnen från sidan av järnvägsspåret. Vid lastning av trailer medföljer även dragbilen med järnvägstransporten.

Med FlexiWaggon är det möjligt för bilchauffören själv att styra vagnen vid lastning och lossning till/från järnvägs vagnen och köra ombord/av bilen på järnvägs vagnen. Även med

⁹³ <http://lohr.fr/lohr-railway-system-en/>

⁹⁴ Bildkälla: www.lohr.fr

denna teknik vrids/roteras ett "lastplan" integrerat i vagnen ut diagonalt till sidan av spåret, se Figur 31. FlexiWaggon kräver endast plan hårdgjord yta vid sidan av järnvägsspåret. Inga anpassningar i övrigt krävs för lastning/lossning. En i lastplanet integrerad ramp fälls ner som ekipaget (lastbil, buss, dragbil med trailer) kör ombord på "lastplanet". Därefter fälls rampen upp och "lastplanet" tillbaka in på vagnen. Lossning från järnvägsvagnen sker genom avkörning i bilens riktning d.v.s. i andra änden av vagnen där en motsvarande ramp finns. Lastplanet kan vridas till bägge sidorna av vagnen/spåret så lossning och lastning begränsas inte i det avseendet.⁹⁵



Figur 31 FlexiWaggon järnvägsvagn med dragbil och trailer. ⁹⁶

Lastnings- eller lossningsförfarandet går snabbt, under 5 minuter per vagn i senaste versionen. Vagnarna kan kopplas till vilket tågset som helst. Enkelheten och snabbheten i lastning och lossning gör att tekniken kan fungera med enstaka vagnar i vilka godståg som helst. För att tekniken ska få möjligheter till större genomslagskraft kan den med fördel byggas upp i större skala med dedikerade systemtågsupplägg mellan två noder eller i linjetrafik med flera stopp längs vägen för lastning och lossning. Då varje vagn kan lastas/lossas under 5 minuter och flera vagnar parallellt, kan hela tågset hanteras på under 10 minuter.

CargoBeamer

CargoBeamer är en tysk teknik som avviker från de andra. Den har inte ett diagonalt lastplan utan tekniken bygger på en lös vagnmodul som horisontellt och automatiskt kan skjutas av och på järnvägsvagnens underrede. Vagnmodulen fungerar som en lastbrygga som kan skjutas av vagnen till kajen (vid sidan av spåret) med hjälp av medar/skenor installerade i kajen. När lastbryggan förts över till kajen kan trailern köras ombord på denna, varpå vagnmodulen med trailern skjuts tillbaka ombord på järnvägsvagnen, se Figur 32.

Systemet är helautomatiskt och lastnings- och lossningsplatser måste etableras vid sidan av spåret i speciella terminaler. Lastnings- och lossningsplatser på bägge sidor om spåret innebär större kapacitet och flexibilitet för systemets hantering. Ju fler "lastplatser" längs spåret ju fler järnvägsvagnar kan hanteras samtidigt.⁹⁷

⁹⁵ <http://www.flexiwaggon.se/>

⁹⁶ Bildkälla: www.flexiwaggon.se

⁹⁷ <http://www.cargobeamer.com/#>



Figur 32 Terminal för lastning/lossning av CargoBeamer. ⁹⁸

Denna teknik innebär stora investeringar i de speciella terminaler som måste byggas upp med de speciella medar/skenor som måste installeras i järnvägsjakten. Därmed begränsas troligen även denna teknik vid ett eventuellt införande i Sverige till upplägg med fåtal noder med terminaler och systemtågsupplägg mellan dessa.

Införandepotential

Tekniker med järnvägsvagnar där semitrailers kan lastas rullande av/med dragfordon eller på annat sätt skjutas på järnvägsvagnen finns idag och är under utveckling. Några av dessa är beskrivna ovan och det finns ytterligare några på marknaden/under utveckling. Teknikerna kan användas för att möjliggöra järnvägstransport av icke lyftbara trailers på strategiska platser. De kan även användas för lyftbara trailer som saknar närhet till en kombiterminal.

Några av teknikerna kräver stora etableringar i form av terminaler vid sidan av spåret för att hantera lastning och lossning av järnvägsvagnarna. Det innebär höga investeringskostnader för t ex terminaloperatörer, regioner eller specifika kunder vilket i sig kan utgöra en begränsning till att tekniken endast skulle etableras vid ett fåtal platser och noder.

Fördelarna med några av teknikerna är att den tekniska lösningen är helt inbyggd i själva järnvägsvagnen. Behovet av anpassningar och etablering vid sidan av spåret är relativt små, åtminstone för införande i mindre skala motsvarande enstaka vagnar i enstaka tåg eller systemtågsupplägg mellan två noder.

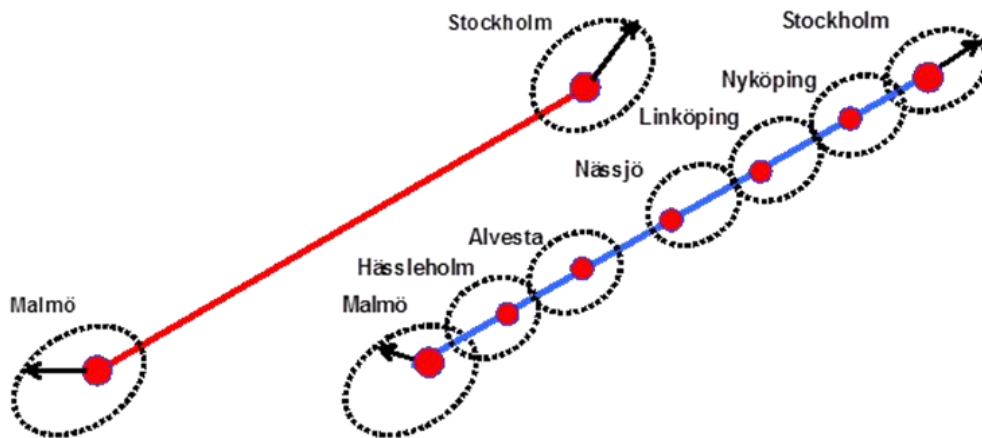
Målet med transportupplägg med vagnar av den här typen bör dock vara i större skala motsvarande egna dedikerade systemtåg mellan fåtal noder, s.k. Ändpunktstrafik eller linjetrafik med flera stopp längs vägen, se Figur 33⁹⁹.

⁹⁸ Bildkälla: www.cargobeamer.eu

⁹⁹ <https://www.transportinnovation.se/forumet/fardplan-hct-jarnvag>

Ändpunktstrafik

Linjetrafik



Figur 33 Ändpunktstrafik och Linjetrafik.¹⁰⁰

Sådana transportupplägg kräver terminaletableringar i form av sidospår (vid sidan av huvudspåret) alternativt ett stickspår för vagnarna/tågsetet. Sidospår är att föredra då man kan undvika tidskrävande växlingar in till/från stickspår, särskilt om tågsetet stannar för att lasta/lossa trailer på väg till/från slutdestinationen (linjetrafik). Därtill krävs för dessa terminaletableringar väganslutningar och nödvändiga ytor för uppställning och hantering av trailer.

Transportupplägg med flera avgångar i veckan, kanske t o m flera avgångar om dagen, skulle kunna utgöra ett effektivt alternativ till både vägtransport eller annan kombination av väg- och järnvägstransport i framtiden. Troligen behöver någon/några av de större hamnarna i Sverige för trailertrafik ut i Europa anslutas till systemen, antingen i direkt anslutning till hamnen eller i en närliggande terminal.

En nackdel med teknikerna är att järnvägsvagnarna, pga. all sin teknik i form av "lastplan" och ramper blir relativt tunga. Den potentiella "godsvikten" per vagn är därför relativt låg i förhållande till andra typer av järnvägsvagnar och transporter.

Vagnarna i sig kostar ca 4 miljoner kronor styck och måste investeras i av antingen specifika kunder, tågoperatörer eller andra aktörer som t ex etablerar terminaler för teknikerna.

Teknikerna i sig kan också innebära energieffektiviseringar och mindre utsläpp i själva lastning- och lossningshanteringen till/från vagnen jämfört med t ex lyft med reachstacker.

Infrastruktur

Ett införande av nya järnvägsvagnar för intermodal hantering av icke lyftbara trailer ställer mer eller mindre krav på de last- och lossningsplatser som behövs för att utveckla tekniken i större omfattning. Behovet av terminaler och tillhörande nödvändig infrastruktur i form sidospår (där längden styr kapaciteten), ytor (bredd, hantering på bägge sidor om spåret etc.) är relativt lika för alla vagnstyper.

Det som skiljer vagnstyperna åt är vilka krav som ställs vid sidan av spåret för att ombesörja/ utföra själva lastningen/lossningen till/från vagnen. Vissa vagnstyper kräver endast plan, hårdgjort yta medan andra kräver större och mer komplexa installationer i kajer(na) bredvid spåret. Här skiljer sig investeringskostnaderna troligen en hel del åt.

¹⁰⁰ Bildkälla: Bo-Lennart Nelldal

När är tekniken introducerad?

Tekniker för järnvägsvagnar där man rullar eller på annat sätt horisontellt överför trailer till järnvägsvagnen finns implementerade och i drift i Europa. Etableringar i större skala i Sverige kommer att ta tid genom de terminaler som måste planeras och byggas. Införandetiden beror troligen på vilken eller vilka tekniker som förespråkas. De tekniker som endast kräver sidospår eller stickspår och hårdgjord yta vid sidan av spåret, Megaswing och FlexiWaggon, bedöms vara enklare och mindre investeringstunga att implementera och kan således introduceras snabbare. Till år 2030 bör dock tekniken som sådan ha kunnat etableras i sådan utsträckning att tekniken förekommer i systemtågs- eller linjetågsupplägg i Sverige.

Hinder

Stora investeringskostnader. Nya järnvägsvagnar av det här slaget har en investeringskostnad på ca 4 miljoner kronor per vagn.

Terminalerna som krävs för storskaligare transportupplägg är för vissa vagnstyper relativt enkla men kan vid nyetablering ändå bli investeringstunga och beror på vilket transportsystem som eftersträvas – linjetrafik med många anslutna terminaler eller systemtåg mellan fåtal noder.

Teknikerna skulle kunna stöta på hinder i form av driftsproblem med svenskt vinterklimat.

Utrustning som möjliggör lyft av alla typer av semitrailer

Det finns etablerade lyfttekniker för att möjliggöra intermodala transporter mellan väg och järnväg. Några exempel är lastning och lossning av lyftbara trailrar och container med t ex reachstacker eller portalkran i kombiterminal och lättkombi där mindre container och växelflak hanteras med gaffelteknik i terminaler. I avsnittet "Nya vagnar för intermodal transport av icke lyftbara semi-trailer", beskrivs tekniker som erbjuder intermodala transporter, främst avsett för icke lyftbara trailers, genom horisontell överföring av trailer till/från järnvägsvagnar.

Det finns också en teknik som ger möjlighet för alla trailer, även de icke lyftbara, att hanteras med lyftteknik i kombiterminaler eller andra etablerade lastnings- och lossningsplatser, vilken beskrivs nedan.

Nikrasa

Nikrasa är en teknik som är utvecklad av det tyska tågtransportföretaget TX Logistik. Tekniken innebär att icke lyftbara trailers görs lyftbara. Nikrasas teknik består av två delar. En körbar terminalplattform/ramp placerad vid sidan av spåret samt lyftbara transportplattformar som placeras på terminalplattformen och som själva trailern lastas på, se Figur 34.¹⁰¹

Trailern kör upp på terminalplattformen och placeras på transportplattformen där den förankras. Därefter kan transportplattformen lyftas med reachstacker eller portalkran över till en vanlig standard järnvägsvagn för lyftbara trailers, se Figur 35. Lossning går till på det omvända sättet, lastplattformen lyfts av till terminalplattformen och trailern kan hämtas av dragbil eller terminaltruck.

¹⁰¹ <http://transportnytt.se/nyhetsarkiv/item/1158-tx-logistik-hojer-turtatheten-for-sverigetag>

Nikrasa kan användas för alla typer av trailer inklusive de icke lyftbara i terminaler, kombiterminaler och andra lastnings/lossningsplatser som hanterar lyftbara trailrar. Tekniken kan också användas/etableras på andra platser för att öka tillgängligheten till intermodala järnvägstransporter av trailers i allmänhet och/eller för icke lyftbara trailers i synnerhet.



Figur 34 Lastning av semitrailer på Nikrasa.¹⁰²



Figur 35 Lyft av trailer på Nikrasa.¹⁰³

Nikrasa kräver inga anpassningar eller begränsningar i vilka trailers som kan hanteras. Inte heller några speciella järnvägsvagnar krävs, vanliga intermodala vagnar som används för lyftbara trailers kan användas. Terminalplattformen är ingen fast förankrad installation utan kan plockas ihop och ställas undan när den inte används.

¹⁰² Bildkälla: www.nikrasa.eu

¹⁰³ Bildkälla: www.txlogistik-nikrasa.eu

Tekniken kan appliceras i en mindre skala t ex i redan etablerade intermodala trailertåg/pendlar mellan hamnar och torrhamnar, mellan kombiterminaler etc. Tekniken kan också byggas upp i större skala kring egna tågpendlar/linjer, på nya strategiska platser och som ett eget koncept för icke lyftbara trailers. Ett sådant upplägg förväntas likt förslaget för teknikerna med nya järnvägsvagnar, kräva etablerade terminaler för lastning och lossning samt en frekvent och hög kapacitet på själva järnvägstransporten.

Införandepotential

Tekniken är introducerad och i drift i Europa och Sverige. Potentialen i Sverige i framtiden bedöms som stor. Med Nikrasa kan alla typer av trailers hanteras intermodalt på järnväg. Detta kan ske i Sveriges kombiterminaler men även på andra intressanta/aktuella platser där enkla terminaler kan etableras. Tekniken bör attrahera kunder, speditörer och kanske framförallt terminaloperatörer. Investeringskostnaderna för den här tekniken får betraktas som liten i förhållande till den möjlighet som öppnas för att hantera icke lyftbara trailers intermodalt. Det som krävs i t ex en kombiterminal är själva terminalplattformen för att kunna hantera lastplattformarna.

Eftersom tekniken är enkel att applicera kan man förvänta sig att den först introduceras i kombiterminaler, där lyftkapacitet och motsvarande hantering för lyftbara trailers redan finns.

För transportupplägg i större skala, med nya strategiska platser och tågsträckningar, kan krävas etableringar med sidospår/stickspår, erforderliga hanteringsytor, lyftkapacitet, väganslutningar mm. Det som talar emot etablering utanför kombiterminalerna är att tekniken troligen konkurrerar med horisontell överföringsteknik (se nedan).

Infrastruktur

Införandet av Nikrasa går enkelt att implementera i de flesta svenska kombiterminaler. Det enda som krävs är att en lämplig yta planeras i terminalen för en (eller flera) terminalplattform(ar), i vilken lastplattformarna placeras.

Vid etablering av storskaligare upplägg och utspritt utanför kombiterminalerna måste terminaler etableras med sidospår/stickspår, hårdgjorda ytor vid sidan av spåret för terminalplattform, hanteringsutrymme för lyft till och från järnvägsvagnarna, reachstacker mm.

När är tekniken introducerad?

Tekniken finns redan i drift i Sverige. En utbredning inom Sveriges kombiterminaler bör ligga närmast till hands. En utökning av tekniken till andra platser med specifika tågupplägg beror helt på vilken genomslagskraft teknikerna för horisontell överföring av lastbärare får. Tekniken bör kunna etableras och spridas i Sverige före år 2030.

Hinder

Tekniken är utvecklad av, och ställs till förfogande/erbjuds av, en specifik tågoperatör. Teknikens vidare utveckling och utbredning i Sverige beror således i hög grad på tågoperatören.

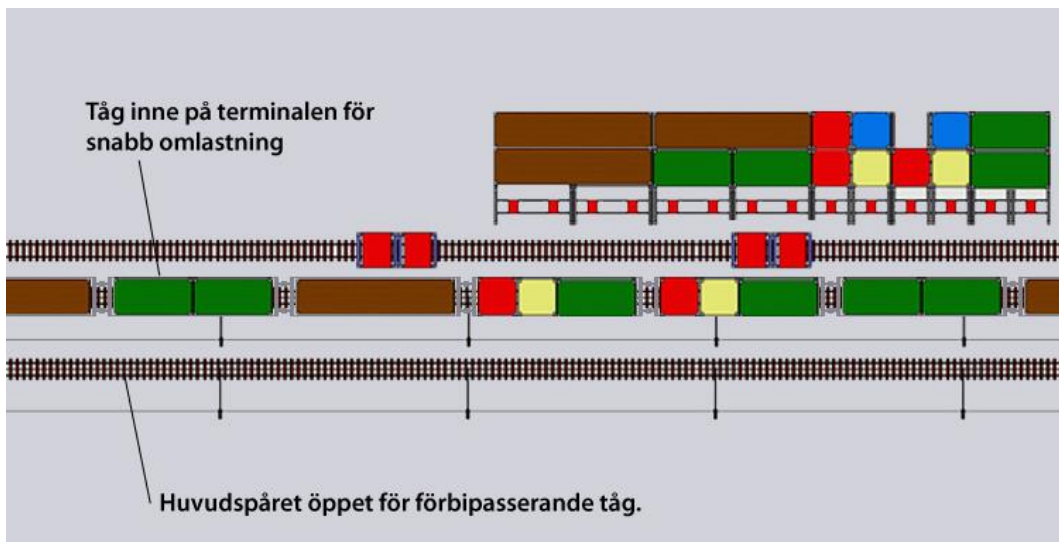
Ny teknik för horisontell överflyttning av container för intermodal transport

CCT – AMCCT

CCT (CarCon Train) är en svensk uppfinning av AMCCT, Automatic Multimodal CCT AB. De har arbetat med och utvecklat tekniken sedan 80-talet i olika projekt. Tekniken bygger på horisontell överföring av containers och växelflak av olika storlek, mellan t ex järnväg och bil. Systemet kan också appliceras med överföring till/från lager- eller lastnings- och

lossningsplatser och kan göras helautomatiskt.¹⁰⁴ I framtiden kan överföring till sjötransport också bli aktuellt.

Systemets uppbyggnad för järnvägstransport liknar några av de presenterade teknikerna under "Nya vagnar för intermodal transport av icke lyftbara semi-trailer" och bygger på att lastning och lossning av lastbärare hanteras på ett sidospår bredvid själva huvudspåret. På så sätt behövs ingen rangering av tågsetet som körs in på sidospåret och hanteras. Själva lastningen och lossningen, den horisontella överföringen, hanteras av en transferenhet kallad "Myran" som antingen placeras på parallellt eget spår eller på hjul, se Figur 36.



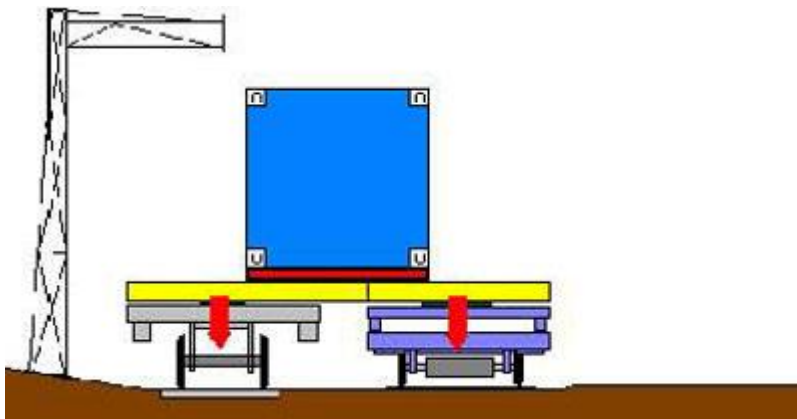
Figur 36 CCT-terminal med sidospår och parallellt spår för transferenheter.¹⁰⁵

Överföring från järnvägsvagnen till transferenheten börjar med att lastbäraren lyfts upp från järnvägsvagnen med hydrauliska containertappar. Från transferenheten kommer en lastbom som bildar en brygga mellan järnvägsvagnen och transferenheten. En släde som vilar på lastbommen förs över till vagnen och stannar under lastbäraren som sänks ned och vilar på släden tills den flyttats över till transferenheten. Därefter låses lastbäraren till transferenheten med hydraulisk containertapp och lastbommen tas tillbaka, se Figur 37.¹⁰⁶

¹⁰⁴ http://www.trafikverket.se/contentassets/ab4a395b06254dcc9f983f308fd7cb2d/forskning_om_godstransporter_och_logistik_kth_jarnvagsgrupp_trafik_och_logistik_bo_lennart_nelldal.pdf

¹⁰⁵ Bildkälla: www.cct.se

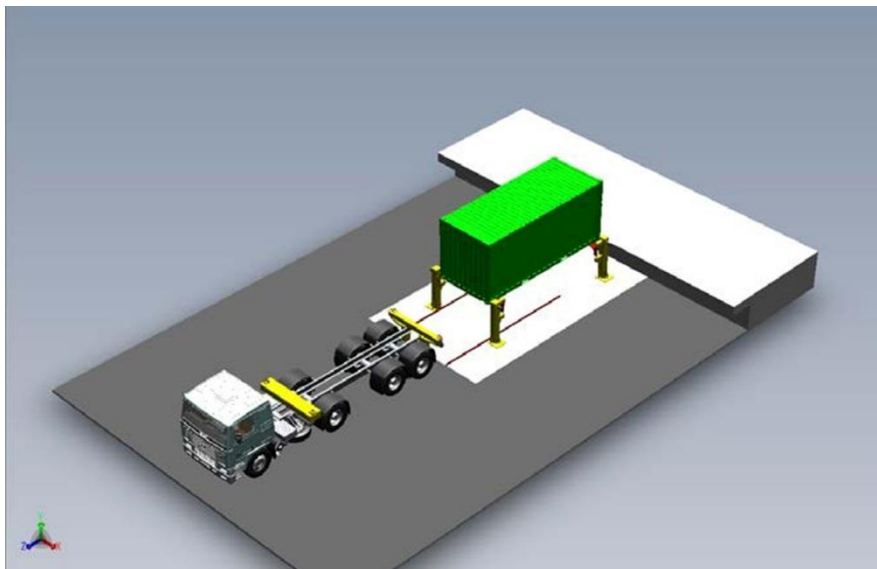
¹⁰⁶ Linjetåg för småskalig kombitrafik - Analys av marknad och produktionssystem och förslag till pilotprojekt av BO-LENNART NELLDAL GERHARD TROCHE JAKOB WAJSMAN ROBERT SOMMAR



Figur 37 Överföring järnvägsvagn – transferenhet. ¹⁰⁷

Överföring (lastning och lossning) mellan järnvägsvagn, lastbil eller lager-, lastnings- eller lossningsplats sker på motsvarande eller det omvända sättet.

För järnvägstransport i större skala kräver den här tekniken sidospår vid sidan av huvudspåret med tillhörande parallella spår för transferenheten. Vidare kräver tekniken speciellt utvecklade järnvägsvagnar med hydrauliska containertappar som lyfter upp lastbäraren vid överföring till transferenheten. För transport på bil krävs speciella anpassningar på lastbilen eller trailervagnen med hydrauliska lyftanordningar i form av höj- och sänkbara containertappar för att anpassas mot överföring till/från transferenheten.¹⁰⁸ Med denna teknik kan också lastbilen eller trailern ställa av och hämta lastbäraren på särskilt avsedda ställage. Detta gör att CCT-tekniken kan användas både för överföring mellan trafikslag och för uppställning hos kund, i terminal i väntan på nästa transport etc. vilket gör att lastbäraren kan frikopplas från själva transportfordonet, se Figur 38.



Figur 38 Lastbil som lämnar/hämtar container från ställage med CCT-teknik. ¹⁰⁹

¹⁰⁷ Bildkälla: www.cct.se

¹⁰⁸ <http://cct.se/cct1/distribution.html>

¹⁰⁹ Bildkälla: <http://www.amcct.se/>

Införandepotential

Tekniken med CCT och horisontell överföring av container och växelflak är applicerbar på intermodala transporter och överföring mellan bil och järnväg. Tekniken är också möjlig att implementera i hela eller stora delar av godstransportkedjan. Om CCT används hos både avsändare och mottagare kan tekniken användas genom hela transportkedjan från "dörr till dörr". Lastbäraren lastas, uppställd på ställage, och överförs till en lastbil eller trailer som kör till en terminal där den överförs på järnvägen. Vid mottagande terminal överförs lastbäraren till bil för att slutligen kunna levereras genom överföring till mottagarens ställage där den lossas.

Det är framförallt överföring till järnvägstransport som ger de stora möjligheterna till storskaliga transportupplägg som kan leda till energieffektiviseringar och minskade utsläpp i transportsystemet.

För att bygga upp storskaliga järnvägstransporter med CCT-tekniken krävs att terminaler etableras. Dessa blir relativt investeringstunga då CCT handlar om en hög grad av automation vid sidan av spåret i form av parallellt spår och transferenheterna som ombesörjer själva överföringen till/från järnvägsvagnen. I övrigt är behoven relativt likartade som för andra terminaler etableringar nämligen sidospår vid sidan av huvudspåret, ytor för hantering av lastbärare t ex uppställningsplatser/ställage och överföringsplatser till bil/trailer, väganslutningar och erforderliga ranger- och transportytor.

Genom att CCT erbjuder horisontell överföring av container och växelflak konkurrerar denna teknik inte direkt med nya typer av järnvägsvagnar för horisontell överföring av icke lyftbara trailers. Man skulle kunna tänka sig att terminaler etableringar och transportupplägg tas fram för CCT i samarbete med någon av vagnsteknikerna. Det skulle kunna vara möjligt att hantera CCT på ena sidan av ett sidospår och icke lyftbara trailers på den andra sidan.

Upplägg i form av systemtåg mellan fåtal noder eller linjetrafik med flera anslutna terminaler bör även för denna teknik vara målsättningen. Styrande för detta blir troligen var tekniken i övrigt kan få fäste med kunder som satsar på tekniken i form av ställage och speditörer och åkare som satsar på att anpassa sina fordon.

Även denna teknik innebär energieffektiviseringar och mindre utsläpp i den horisontella överföringen i jämförelse med om lastbäraren hanteras med lyft i kombiterminal.

Infrastruktur

Införandet av CCT-tekniken innebär infrastruktursatsningar i terminaler med sidospår samt utrymme för transferenheterna och dess parallella spår för den horisontella överföringen mellan olika trafikslag.

För att heltäckande transportupplägg ska kunna implementeras måste mindre anpassningar till tekniken ske hos sändande och mottagande kunder i form av ställage för uppställning av lastbärare för lastning/lossning i t ex godsmottagningar, centrallager etc.

När är tekniken introducerad?

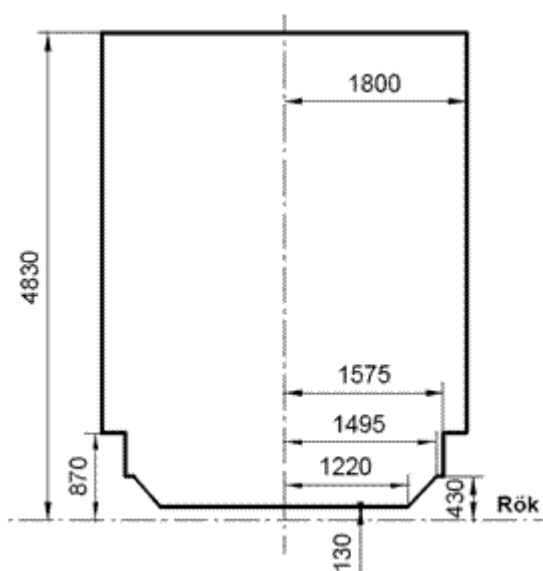
Tekniken testas i olika pilotprojekt. Den bör kunna implementeras relativt snabbt om terminaler etableras och branschen satsar på tekniken. Det finns möjligheter att tekniken introducerats till år 2030.

Hinder

Stora investeringskostnader. Nya terminaler måste etableras. Många intressenter måste övertygas om CCT ska kunna tillämpas fullt ut för hela eller större delarna av transportkedjan – speciella järnvägsvagnar, anpassad utrustning för vägfordon, ställage hos leverantörer och kunder.

Ny teknik av nya typer av lastbärare på svensk järnväg

Som nämnts tidigare i denna rapport finns tekniker med utveckling av nya typer av järnvägsvagnar. Järnvägsvagnar, befintliga eller nya, kan anpassas eller tillverkas i syfte att hantera nya typer av intermodala lastbärare. Dessa kan utvecklas mot de maximala yttermått för lastprofil C på svensk järnväg, se Figur 39. De kan också utvecklas/tillverkas generella för att möjliggöra för många olika typer av gods. Utvecklingen kan även styras mot att en specifik godstyp ska optimeras i lastbäraren eller utvecklas för en speciell typ av hantering, lastnings- och/eller lossnings-sätt etc.



Figur 39 C-profil svensk järnväg. ¹¹⁰

Nedan presenteras två exempel på nya typer av speciellt utvecklade/anpassade lastbärare. Den ena utnyttjar yttermått för lastprofil C medan den andra är speciellt utvecklad för en typ av bulkgoods.

Stora Ensos SECU

Ett exempel på speciellt utvecklad lastbärare är Stora Ensos intermodala lastbärare SECU (Stora Enso Cargo Unit), se Figur 40, som i princip är en väderskyddad sjökassett som nyttjar de maximala yttermått inom C-profilen på svensk järnväg. Lastbäraren hanteras intermodalt på järnväg- och sjötransport (RoRo) och kan lastas med upp till 68 ton gods (pappersrullar

¹¹⁰ Bildkälla: www.greencargo.com

och pallar) på järnvägen (konstruktionen bär upp till 80 ton last vid endast RoRo-hantering i hamnar). Lastkapaciteten motsvarar således 2-3 st. 40 fots isocontainrar, beroende på vilken typ av produkt och fyllnadsgrad som uppnås per lastbärare.¹¹¹

SECU används i Stora Ensos intermodala transportsystem 4 S, Stora Enso Short Sea System (tidigare System Traffic, NETSS, Baseport). Systemet har varit i drift sedan år 2000.

Stora Enso transporterar SECU i egna systemtåg i Sverige, mellan Göteborgs Hamn och pappersbruken i Dalarna, Värmland och Hylte. I Göteborgs hamn hanteras SECU av och på järnvägsvagnarna med en grensletruck. Vidare hantering ombord på RoRo-båtar sker med translifters.

Det finns ca 2800 SECU för hela 4 S-systemet. Av dessa är 800 utrustade med spår i golvet för automatisk lastning – godset ställs på golvet och förs automatiskt in i SECUn med lastskenor. Två bruk, Kvarnsveden och Hylte har den automatiska lastningen och där har stora anpassningar och investeringar gjorts för själva utlastningen. Även övriga bruk har på olika sätt anpassats med spåranslutningar och portar/dockningsstationer i sina respektive utlastningsplatser.

För driften av Stora Ensos systemtåg står Green Cargo som för systemet tagit fram 190 nya järnvägsvagnar anpassade för SECU, lastprofil C och 25 tons axeltryck.



Figur 40 SECU på järnvägsvagn.¹¹²

Upplägget baseras på en stor schemalagd volym från de svenska pappersbruken till Göteborg för vidare sjötransport till mottagande hamnar och för systemet anpassade terminaler i Tyskland, Belgien eller England där SECU:na lossas. I systemet finns också finska flöden från finska hamnar (endast RoRo-hantering) till samma mottagande hamnar. Transportsystemet förutsätter att SECU:na roteras tillbaka till Göteborg och de svenska bruken relativt snabbt. Av det skälet skickas en hög andel SECU tomma tillbaka till Göteborg. Viss andel lastas med returpapper, pappersmassa och annat tredjepartsgods, hela eller delar av returtransporten.

¹¹¹ <http://www.papperochmassa.se/2015/10/stora-ensos-fyra-s>

¹¹² Bildkälla: <http://miljonnytta.se/transporter/effektivt-nyttjande-av-lastkapacitet-med-secu-boxar/>

Fortum Värmes tågcontainer för biobränsle

Ett annat och nyare exempel på en ny typ av lastbärare som utvecklats för järnvägstransport är Fortum Värmes tågcontainrar för skogsflis och spån till det nya biokraftvärmeverket i Värtan i Stockholm, se Figur 41.



Figur 41 Fortum Värmes nya tågcontainer för flistransporter på järnväg. ¹¹³

Fortum Värme har tillsammans med tågoperatören Hector Rail utvecklat ett transportupplägg bestående av 2 stycken tåg med 30 järnvägsvagnar i varje som ska växelköra mellan Värtahamnen och de avsändande terminalerna i bl. a. Norge. Containerarna är specialdesignade för det nordiska järnvägsnätets maxdimensioner och utformade i samarbete med leverantören InnoFreight från Österrike. Varje järnvägsvagn lastar tre containrar. ¹¹⁴

Containerarna rymmer ca 58 kubikmeter motsvarande ca 24 ton jämfört med standardtypen för containrar för biomassa på ca 46 kubikmeter och ca 20 ton. Utvecklingen ligger i att containern gjorts bredare och därmed nyttjar maxdimensionen för lastprofil på järnväg i Norden. Möjligheten att lasta tre containrar per vagn beror på att en lättare järnvägsvagn som klarar 25 tons axeltryck används.

Lossningen i Värtahamnen kommer att ske med en specialbyggd lossningsrobot, som utvecklats tillsammans med leverantören för själva containrarna, InnoFreight. Den totala investeringen för Fortum Värmes järnvägssatsning på bränsletransporter är inte känd men har finansierats i samma projekt som det nya kraftvärmeverket KVV 8 som totalt uppgår till ca 4,5 miljarder kronor. Transportsystemet startas upp i och med idrifttagningen av det nya verket under 2016.

Införandepotential

Potentialen i nya typer av lastbärare bedöms i denna studie vara begränsade då de i regel innebär mycket stora investeringar i teknik och transportupplägg samt baseras på mycket stora godsvolymer.

¹¹³ Bildkälla: <http://transportnytt.se/>

¹¹⁴ <http://transportnytt.se/item/1418-fortums-tagcontainer-bar-20-procent-mer>

SECU är en lastbärare som kan användas för många typer av gods som lastas i vanliga iso-containers. SECU eller snarlika lastbärare skulle således kunna användas av ett stort antal företag, för andra typer av godsflöden och för andra noder i godstransportsystemet.

Andra typer av "container-liknande" lastbärare bör kunna utvecklas inom de styrande måtten för C-profil i Sverige eller andra maxbegränsningar i andra gällande profiler inom Norden eller Europa. T ex skulle kunna utvecklas en lastbärare som är intermodal men där godset lastas och lossas från sidan. Då skulle nya typer av lastbärare kunna erbjudas i transportlösningar liknande järnvägsoperatörernas vagnslast (lastning från sidan) men med möjlighet att skicka lastbärarna vidare med t ex sjötransporter närmare kunderna i Europa eller översjöhamnar.

Nya lastbärare för specifika typer av gods t ex bulkgoods kräver att lastbäraren anpassas för den specifika godstypen och hur godsflödet ska hanteras i avsändande och mottagande nod.

Utveckling och tillverkning av nya unika lastbärare bedöms vara förenat med mycket höga investeringskostnader, inte bara av själva lastbäraren i sig utan även för anpassningar i hanteringen hos avsändare och mottagare t ex lyftutrustning, nya eller ändrade spåranslutningar till terminaler, anpassningar av kajer i utlastningsbyggnader etc. Även järnvägsvagnar kan behöva special konstrueras eller på olika sätt anpassas vilket kan göra dem helt unika och endast kompatibla med den specifika lastbäraren.

För att attrahera vidare utveckling av den här typen av lastbärare krävs därför mycket stora godsvolymer, som långsiktigt kan planeras schematiskt mellan avsändare och mottagare, t ex till från en hamn eller terminal, mellan olika terminaler etc.

Att lastbäraren kan användas så långt som möjligt i transportkedjan kommer troligen vara en avgörande faktor d.v.s. helst i kombination med annat trafikslag och så nära mottagarna som möjligt. Vidare krävs att transportkapacitet kan ställas till förfogande i erforderlig omfattning.

När är tekniken introducerad?

Stora Ensos lastbärare SECU har funnits i drift sedan 2000 i 4 S systemet och dess föregångare (System Traffic, NETSS och Baseport). Fortum Värme startar upp sitt nya tågupplägg med fliscontainrar i år.

Transportsystem i mindre skala likt Fortum Värmes kan säkert komma att introduceras i något/några exempel till 2030 men i omfattningen som Stora Ensos 4 S är det mer tveksamt.

Infrastruktur

För 4 S systemet har stora anpassningar och etableringar krävts i ny infrastruktur både avseende spår och spåranslutningar, utbyggnader av ytor och ramper i hamnar, utlastningsbyggnader på pappersbruken, specialbyggda fartyg etc.

Fortums transportupplägg med nya flis-container har utrustats med en automatisk lossning av containrarna i Värtahamnen.

Generellt är det troligt att när man lämnar standarder för lastbärare och utvecklar något nytt så innebär det tillkommande anpassningar i infrastruktur för att ombesörja lastning och lossning av såväl godset som lastbärarna.

Hinder

Det måste finnas mycket stora och långsiktiga godsvolymer för att motivera de höga investeringskostnaderna i denna teknik.

Lastbärare som nyttjar maxmått enligt gränser för olika profiler begränsas av järnvägsnätets nu gällande förutsättningar och löpande uppgradering av banstandard och således till vissa sträckningar.

4.5 Intelligent Transport system

Platooning¹¹⁵

Platooning innebär att två eller flera fordon kopplas ihop virtuellt i ett fordonståg med korta avstånd mellan fordonen (<1 sekund). Detta innebär att föraren i det främre fordonet "kör för alla" och förarna i bakomvarande fordon kan syssla med annat arbete eller vila istället. Detta är möjligt med hjälp av tekniska lösningar som använder sensorer och trådlös fordonskommunikation. Med hjälp av tekniken kan både styrning och hastighet skötas utan mänsklig inblandning.

Fördelar med platooning inkluderar:

1. Minskad bränsleförbrukning och minskade utsläpp
2. Minskad trängsel
3. Färre olyckor
4. Ökat resursutnyttjande

Genom att nyttja platooning kan den ledande lastbilen i kolonnen spara 2-8 procent bränsle jämfört med normal körning med farthållare. Motsvarande siffra för efterföljande bilar är 8-13 procent.

I en kolonn med två fordon innebär detta en genomsnittlig minskad bränsleförbrukning med 10 procent. Med ett dieselpriis på €1,20 per liter och en förbrukning på 0,25 liter/km ger det en besparing för två fordon som kör 100 000km per år på €6000 i bränslekostnader.

Implementering bör kunna ske innan 2030. TNO ser viss implementering framför sig redan 2020 men i större skala först 2030.

¹¹⁵ TNO (2015), Robert Janssen, Han Zwijnenberg, Iris Blankers, Janiek de Kruijff, Truck platooning – Driving the future of transportation, https://www.tno.nl/en/about-tno/news/2015/3/truck-platooning-driving-the-future-of-transportation-tno-whitepaper/?utm_campaign=cmp_402557&utm_medium=email&utm_source=getanewsletter

BUSINESS CASE FOR CARRIERS: THE ASSUMPTIONS

BOX 5

We calculate the factors in comparison to the Cruise Control situation. In both scenario's the same route is driven by two trucks, the key difference being cruise control vs platooning.

Factors taken into account	Explanation	Assumptions
Benefits		
Fuel consumption	The savings of fuel usage over the platooning route, stemming from air drag reduction	- 10% reduction of fuel for both trucks, an average of the Leading and Following Vehicle ¹⁴ - Average fuel consumption of 4 km/L ²³ - Price of diesel € 1.20 per litre ²⁴
Labour cost	Two scenario's: A. 2 trucks-2 drivers. Resting times can be reduced. B. 2 trucks -1 driver. Part of the time, a driver can be omitted.	- Labour costs of € 20 to € 25 per hour per driver, dependent on the carrier - The labour costs of the reduction in man-hours, are the savings Scenario A. 8% savings in resting times per day Scenario B. Reduction in man-hours of 15% to 25%, depending on case
Asset utilisation optimisation	Only applicable in Scenario A. 2 trucks-2 drivers. The truck is additionally employable for the reduction in resting times per driver.	Scenario A. 2 trucks-2 drivers - A truck is worth € 4 per hour, based on depreciation of a € 160,000 truck combination, over 7 years. We assume the truck is used 51 weeks a year, 110 hours a week.
Costs		
Technology	Annual depreciation of the technology	- Technology costs € 2,000 per truck - Average depreciation period for a truck is 7 years
Service Provider	Annual membership costs for service provider	- € 150 per year per truck
Additional periodic testing	Annual costs for additional testing & maintenance	- € 150 per year per truck
Training drivers	Annual depreciation for the training	- € 75 per year per driver

Figur 42 Business case för två lastbilar som kör med platooning istället för vanlig farthållare. ¹¹⁶

För att kunna dra nytta av de fördelar som platooning innebär måste fordonen utrustas med utrustning som kan sköta kommunikation mellan fordon och kommunikation mellan fordon och förare. I nuläget ligger dessa kostnader på cirka €10 000 per fordon. I framtiden beräknas denna kostnad dock kunna minskas till ungefär €2 000 per fordon vilket med en avskrivningstid på 7 år landar i en kostnad per år på €286.

IAP

Intelligent Access Program (IAP) är i grunden ett Australiensiskt system för övervakning av tunga fordon. Genom att installera en enhet i fordonen som övervakar dess position och

¹¹⁶ Källa: TNO (2015), Robert Janssen, Han Zwijnenberg, Iris Blankers, Janiek de Kruijff, Truck platooning – Driving the future of transportation, https://www.tno.nl/en/about-tno/news/2015/3/truck-platooning-driving-the-future-of-transportation-tno-whitepaper/?utm_campaign=cmp_402557&utm_medium=email&utm_source=getanewsletter

rapporterar när fordonet rör sig längs vägar det inte får (baserat på information hos IAP service providern) till en IAP service provider kan en ökad access till vägnätet ges.¹¹⁷

IAP möjliggör tyngre fordon på en större del av vägnätet vilket i sin tur leder till minskad energiförbrukning och minskade utsläpp. Som grov tumregel kan sägas att om lastkapaciteten ökas med 50 procent kan antalet fordon minskas med 30 procent. Detta i sin tur ger att bränsleåtgången per ton minskar med cirka 15-25 procent.¹¹⁸

IAP kan undanröja hinder mot att införa större och tyngre fordon genom att införa en extra kontroll på de största fordonen. På så vis kan dessa tillåtas på vägar där det är säkert under tider på dygnet då det är lämpligt. HCT-programmet inom Closer har som målsättning att introducera ett svenskt IAP 2020-2030.¹¹⁹

Kostnaden (år 2007) för åkaren kopplat till IAP består av tre delar (siffrorna nedan är ungefärliga då alla kostnader förhandlas direkt med service providern som tillhandahåller tjänsten¹²⁰):¹²¹

- Kostnad för ombordenhet. 6000 kr/år (skrivs av på tre år).
- Avgift till IAP service provider, 8500 kr/år.
- Kontroll av fordon, 3800 kr/år.

Totalt innebär detta en kostnad på 18 300 kr per år och fordon under de tre första åren, därefter 12 300 kr per år och fordon.

Myndigheterna i Australien tar ingen avgift för att vara med i eller ansöka om att få delta i IAP. Det innebär med andra ord att det finns en kostnad associerad med IAP för myndigheterna.

Trafikledning och trafikstyrning

En trafikcentral har möjlighet att samla, filtrera och slutligen dela med sig av trafikinformation och på så sätt leda och/eller styra trafiken. Genom att sända ut information om rekommenderade hastigheter eller alternativa färdrutter ges förarna möjlighet att undvika hinder och trängsel nedströms, vilket resulterar i bränslebesparing.

Enligt en studie genomförd 2009 i Los Angeles¹²² kan bränsleförbrukningen minska med så mycket som 10-20 procent utan att påverka restiderna dramatiskt. Besparingen baseras på minskat behov av inbromsningar och accelerationsmoment. Funktionaliteten är dock begränsad till stadsmiljöer med återkommande trängsel. Sett över hela Sverige är det ett begränsat vägnät det gäller. En kvalificerad gissning ger cirka 5 procent minskning av bränsleförbrukning i svenska stadsmiljöer. Utöver minskad bränsleförbrukning minskar partikelhalterna i luften ofta orsakade av just inbromsningar.

¹¹⁷ Department of Transport and Main Roads, What is the Intelligent Access Program?, Hämtat från: <http://www.tmr.qld.gov.au/business-industry/heavy-vehicles/compliance-and-enforcement/intelligent-access-program.aspx>

¹¹⁸ Lindholmen Science Park & Trafikverket (2014), A Berndtsson, P Åsman m.fl., Ökad energieffektivitet genom High Capacity Transport, http://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/PDF/141217_high_capacity_transport_2_0_-_final.pdf

¹¹⁹ Lindholmen Science Park & Trafikverket (2014), A Berndtsson, P Åsman m.fl., Ökad energieffektivitet genom High Capacity Transport, http://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/PDF/141217_high_capacity_transport_2_0_-_final.pdf

¹²⁰ https://www.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/15277/MR1322FactSheet5.pdf, 2016-01-26

¹²¹ <http://www.internationaltransportforum.org/itrc/infrastructure/ParisSep2007/07Vincent8.pdf>, 2016-01-26

¹²² <http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/0/AA5443936A6D3A2C8525778400490709?OpenDocument&Query=Home>

I framtiden kan trafikcentralerna, eller annan aktör, tillgängliggöra informationen i molnet. Då kan informationen enkelt spridas till en större mottagargrupp och effekterna kan väntas få större täckningsgrad. Redan idag finns möjligheten att tillgängliggöra information för andra aktörer, t.ex. mobilappsutvecklare och fordonstillverkare att använda. Kostnaden bedöms vara marginell och inte uppgå till mer än ett par miljoner kronor.

Eco-driving med öppen data

Med samverkande system och information om framförvarande fordon, kommande trängsel, oförutsedda hinder och kommande trafiksignaler går det att minska acceleration och onödiga inbromsningar över hela vägnätet. Ju fler system som kopplas ihop tillsammans desto större är den möjliga besparingen.

Innan 2030 är det fullt möjligt att bilar kommunicerar sinsemellan fabrikatoberoende, känt som V2V, vehicle to vehicle, och att bilar dessutom hämtar information från infrastrukturen I2V, infrastructure to vehicle. Dessa öppna data skulle kunna användas för att automatisera körningen desto mera och därmed köra jämnare och bränsleekonomiskt, så kallad eco-driving. Åtskilliga studier visar på de stora nyttor som eco-driving kan innebära, bland annat i en studie som gick ut på att undervisa lastbilsförare i eco-driving och följa ett par enklare körprinciper. Resultat visade en minskning på upp till 22 procent.¹²³ En annan studie genomförd i USA simulerade på energibesparingar vid korsningar och kom fram till att det går att bespara så mycket som 50 procent bränsle genom att detektera fordon och skicka ut information från infrastrukturen om korsningens olika faser.¹²⁴ En kvalificerad gissning skulle vara att bränsleförbrukningen minskar med så mycket som 15 procent sett över hela nätet.

Med automatiserade system, uppkopplade fordon och infrastruktur samt tillgång till öppen data, mellan infrastruktur och fordon till andra fordon blir det fullt möjligt att på en stor skala och med stor täckningsgrad minska slitaget på vägar och köra mer bränsleekonomiskt. Denna teknik utvecklas marknadsstyrt och kostnaden kommer kommersiella aktörer stå för, om det finns en ur deras perspektiv vinst att hämta ut. Det kan vara i ökad försäljning av fordon. Sveriges myndigheters roll blir att skapa förutsättningar för standardiseringar och tillgängliggöra den information som idag samlas in. Den kostnaden uppskattas förknippad med systemet anses vara förhållandevis låg och bedöms inte vara högre än 100 miljoner, även om siffran är svåruppskattad och omfattar projektkostnader och underhåll. Utvecklingskostnader ingår inte i kostnadsberäkningen.

E-freight

E-freight kan innebära lite olika saker i olika sammanhang. Det som beskrivs i detta avsnitt är det koncept som togs fram inom det EU-finansierade projektet E-freight. Detta projekt är trafikslagsövergripande men det finns även ett antal trafikslagsspecifika projekt på samma tema.¹²⁵

E-freights ramverk tillhandahåller en plattform för delning av information rörande frakter, bokning och bekräftning av tjänster samt även tjänster som tullklarering. E-freights plattform

¹²³

<http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/ID/63F9C46189AEF9F585257BF2005C4D0C?OpenDocument&Query=Home>

¹²⁴

<http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/ID/91D43707CBEF160185257EC200710DDE?OpenDocument&Query=Home>

¹²⁵ http://www.itrn.ie/uploads/sesC2_ID138.pdf

tillsammans med standardiserade meddelanden möjliggör effektivare intermodala transporter då all information finns synlig för de aktörer som behöver den i realtid. Då allt sköts digitalt minskar även mängden pappershantering.¹²⁶ Det handlar med andra ord om en digital fraktsedel som kan delas med alla olika aktörer längs transportkedjan.

Med dagens analoga fraktsedlar finns en rad problem¹²⁷:

- Olika aktörer får olika information vid olika tidpunkter. Denna information riskerar även att förvanskas i överföringen mellan aktörerna.
- Merarbete och stor risk för bristande kvalitet på information.
- Olika varianter av samma dokument.
- Merarbete med att spåra och matcha gods på gården mot planerade leveranser.
- Svårt att identifiera godset.

Dessa problem skulle en trafikslagsövergripande, digital fraktsedel råda bot på. Denna fraktsedel skapas elektroniskt och uppdateras kontinuerligt med ny information allt eftersom. Denna finns sedan tillgänglig för alla aktörer som behöver den.¹²⁸

Med en digital fraktsedel kan transporttiden kortas då administrationen blir mindre. Risken för förseningar till följd av undermålig dokumentation minskar även den. Fyllnadsgraden på fordon kan ökas tack vare den ökade möjligheten att styra transportflödet med digitala fraktsedlar.¹²⁹

ERTMS

ERTMS är ett gemensamt signalsystem över hela Europa istället för att som idag använda olika system i olika länder. En juridiskt bindande utrukningsplan för ERTMS finns inom EU. För Sverige innebär denna plan att Sverige måste utrusta sträckorna Stockholm-Malmö (via Hallsberg) och Katrineholm-Mjölby med ERTMS senast 2020.¹³⁰ Utöver detta är Sveriges inriktning att implementera ERTMS på hela det svenska järnvägsnätet till 2035¹³¹.

Trafikverket uppskattar att antalet tåg på sträckan Hässleholm-Eslöv kan ökas med 11-22 procent givet dagens mix av tåg. Det är dock svårt att ange den exakta kapacitetsökningen då den beror av ett flertal faktorer, däribland mixen av gods- och persontåg. Denna kapacitetsökning kommer av att ERTMS möjliggör kortare blocksträckor.¹³²

¹²⁶ Näringsdepartementet, Vinnova & NetPort, E-freight, lets make it happen, <http://www.bugge.se/wp-content/uploads/2011/02/NET-EfreightBroch.pdf>

¹²⁷ http://www.trafa.se/globalassets/rapporter/aatgaerder_foer_en_effektiv_europeisk_transportpolitik.pdf, 2016-01-26

¹²⁸ http://www.trafa.se/globalassets/rapporter/aatgaerder_foer_en_effektiv_europeisk_transportpolitik.pdf, 2016-01-26

¹²⁹ http://www.trafa.se/globalassets/rapporter/aatgaerder_foer_en_effektiv_europeisk_transportpolitik.pdf, 2016-01-26

¹³⁰ Trafikverket, 2012-03-15, ERTMS i Sverige – nuläge och viktiga vägval, http://www.trafikverket.se/contentassets/a6ff3556fe054c0a8aaed0833aad6950/ertms_sverige_20120315_ny.pdf

¹³¹ http://www.trafikverket.se/contentassets/7445bbc7fc0b4a62839a59e5dce3df02/forslag_till_inforandeplan_for_ertms_2015_2025.pdf

¹³² Trafikverket, 2012-03-15, ERTMS i Sverige – nuläge och viktiga vägval, http://www.trafikverket.se/contentassets/a6ff3556fe054c0a8aaed0833aad6950/ertms_sverige_20120315_ny.pdf

Utöver kapacitetsökningen kan ERTMS även bidra med andra positiva effekter. Dessa inkluderar:¹³³

- Högre möjlig hastighet. (ERTMS tekniken stödjer hastigheter upp till 500 km/h.)
- Lägre installationskostnader.
- Minskad underhållskostnad.

Att byta signalsystem innebär dock inte bara fördelar och till en början måste alla gamla lok utrustas med ombordsystem för ERTMS, en kostnad på cirka två miljoner per lok.¹³⁴

Kostnaden för ett införande av signalsystemet beräknar Trafikverket till 30 miljarder kronor (i 2012 års prisnivå)¹³⁵.

Smart kapacitetsutnyttjande

Idag körs cirka 30 procent av alla lastbilartomma. Det kan till exempel vara att de inte lyckas fylla upp lastbilen till 100 procent eller att returtransporten till terminal går tom som leder till detta. I Europa innebär detta att det varje år körs motsvarande 1 000 000 varv runt jorden med tomma lastbilar. I Sverige är siffran på tomtransporter uppmätt till 17 % år 2012¹³⁶ och trenden visar att andelen minskar. Det råder dock oenigheter kring vad som definieras som en fylld lastbil. Inom varugrupperna jordbruk, skogsbruk och fiske körs idag den största delen av tomtransporterna. Varugrupper där det kan vara svårt att undvika tomlaster.

Nya affärsmodeller för att utnyttja kapaciteten kan i vissa fall vara en lösning. Till exempel kan två halvfylla lastbilar ersättas av en helt full lastbil. En befintlig lösning som fokuserar på just detta problem är Farewell. Farewell tillhandahåller en plattform där leverantörer och åkare kan mötas för att skapa ekonomiskt och ekologiskt fördelaktiga transporter. Här kan åkare lägga ut ledig kapacitet och transportköpare köpa den lediga kapaciteten. Detta system kan bidra till minskade utsläpp och minskade kostnader.

Schenker uppskattar att en effektivare citylogistik skulle kunna sänka bränsleförbrukningen för inrikestrafiken med 2-4 procent.¹³⁷ Inom KNEG ser man en potential att reducera trafikökningen till 2030 med 9 procent genom bättre ruttoptimering och ökad fyllnadsgrad på fordonen.¹³⁸

Det system som Farewell tillhandahåller idag kostar €750 per månad för leverantörer att använda. Åkare som tillhandahåller kapacitet på sina fordon använder tjänsten gratis.¹³⁹

Även om hela idén med samordnade transporter borde vara relativt lätt att genomföra och leder till en rad positiva effekter så finns det ett tydligt hinder mot ett ordentligt genomslag för denna teknik. Till exempel kan information om leveranser vara mycket känslig ur konkurrenssynpunkt.

Kommentar angående självkörande fordon

Självkörande fordon är en teknik som aktivt valts att inte inkluderas i denna rapport. För att självkörande fordon, i dess fulla bemärkelse, ska implementeras i större skala krävs det att

¹³³ https://sv.wikipedia.org/wiki/European_Rail_Traffic_Management_System

¹³⁴ https://sv.wikipedia.org/wiki/European_Rail_Traffic_Management_System

¹³⁵ <http://www.trafikverket.se/ERTMS>, 2016-01-25

¹³⁶ http://trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/lastbilstrafik/lastbilstrafik_2012.pdf

¹³⁷ <http://www.schenker.se/servlet/se.ementor.econgero.servlet.presentation.Main?data.node.id=19448&data.language.id=1&data.document.id=10045>, 2016-01-25

¹³⁸ http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf, 2016-01-26

¹³⁹ <http://farewell.today/>, 2016-01-26

Åtskilliga underliggande system, standarder och regelverk sätts upp. Det bedöms vara orimligt att dessa är färdigställda år 2030.

Notera dock att vissa principer av självkörande fordon, exempelvis automatiserad körning ingår under rubrikerna Platooning och Eco-driving med öppen data. Dessa antas vara mellansteg till det ännu mer uppkopplade samhället där självkörande fordon blir en verklighet. Det skulle dessutom innebära en dubbelräkning mot ovan nämnda tekniker.

4.6 Sammanfattande tabell över nya tekniker

Alternativa drivmedel	
	Flytande eller komprimerad metan
	Biodiesel (HVO, FAME och FT-diesel)
	DME
	Etanol
	Bränslecellsfordon för vätgas
Elvägar och elfordon	
	Elhybridfordon
	Elvägar
Sjöfart	
	LNG/LBG
	Metanol
	DME
	Eldrift
Logistik	
	HCT
	Intermodala järnvägstransporter
	Nya typer av lastbärare på svensk järnväg
Intelligenta transportsystem ITS	
	Platooning
	IAP
	Trafikledning och trafikstyrning
	ECO-driving med öppen data
	E-freight
	ERTMS
	Smart kapacitetsutnyttjande

5 Styrmedel i godssystemet

5.1 Inledning

Inrikes godstransporter i Sverige domineras av transporter på diesellastbilar som släpper ut stora mängder miljöförstörande ämnen. För att kunna åstadkomma en signifikant minskning av utsläppen till 2030 krävs sannolikt kraftfulla styrmedel. Tillsammans med de nya tekniker som lyfts i denna rapport skulle stora utsläppsminskningar kunna åstadkommas genom exempelvis överflyttning till sjöfart och järnväg.

Inom ramen för detta uppdrag genomfördes en workshop med över 20 aktörer som tillsammans representerade myndigheter, akademien och näringsliv. Temat för workshopen var de nya teknikernas marknadsmässiga rimlighet och konsekvens på transportsystemet. Under workshopen lyftes särskilt sjöfarten som en stor potential för överflyttning av transporter.

Ett stort hinder för överflyttning till andra trafikslag samt införandet av flera av de nya teknikerna är de låga kostnaderna för konventionella diesellastbilar. Men under workshopen lyftes också att vägtransporter sannolikt skulle användas även om kostnaderna ökade på grund av styrmedel eller andra orsaker. Anledningen till detta är att de andra trafikslagen har svårt att konkurrera med flexibiliteten och robustheten/leveranssäkerheten hos lastbilstransporter. Exempelvis järnvägstrafiken har svårt att uppnå detta, bland annat för att persontransporterna prioriteras framför godstransporterna.

Enligt en studie från Handels i Göteborg¹⁴⁰, finns det en trend mot en allt större snedvridning mellan transporter på järnväg och väg som kan bero på den bristande kvalitén och tillgängligheten på den svenska järnvägen. Dessutom finns det skillnader i konkurrensvillkoren mellan trafikslagen då infrastrukturavgifterna inte avspeglar de verkliga kostnaderna för trafiken.

Men på sikt kan det gå att påverka med styrmedel. Enligt styrmedelsanalyser med samgodsmodellen skulle en avståndsbaserad kostnadsökning med 10 % för vägtrafik innebära 2,5 % mindre tonkilometer på väg, men samtidigt påpekas att modellen är begränsad då den inte skiljer på kort och medellång sikt eller tar hänsyn till olika typer av aktörer och kontrakt.¹⁴¹ I samma studie identifierades ett antal marknadsmisslyckanden, exempelvis asymmetrisk information, men det påpekades också att på längre sikt är dessa marknadsmisslyckanden inget hinder för att uppnå avsedda effekter med ekonomiska styrmedel.

Enligt detta resonemang måste styrmedlen både riktas mot att utjämna kostnadsskillnader mellan trafikslagen men också för att utveckla sjöfart, järnväg och möjligheterna för kombitransporter.

Under workshopen lyftes det att en internalisering av alla externa kostnader för respektive trafikslag skulle innebära en styrning mot mer effektiva transportsystem samt mer energieffektiva tekniker och trafikslag. Generella styrmedel för att åstadkomma detta skulle

¹⁴⁰ Hilda Karlsson, Rickard Bergqvist, Lars Brigelius, 2014, Avgifter och regler för godstransporter. Handelshögskolan vid Göteborgs universitet. Göteborg, Bokförlaget BAS.

¹⁴¹ VTI (Svante Mandell, Björn Carlén), 2014, Landbaserade godstransporter, klimat och styrmedel. www.vti.se/publikationer

kunna vara kilometerskatt för vägar, farledsavgifter för fartyg eller differentierade banavgifter. Tillsammans skulle dessa tre avgifter kunna balanseras för att bättre motsvara de olika trafikslagens kostnader. Samtidigt riskerar kraftiga interventioner i godstransportsektorn att få negativa konsekvenser för lönsamhet och konkurrenskraft i olika branscher.

En kombination av olika styrmedel behövs troligen för att ställa om godstransportsektorn på ett effektivt sätt och undvika negativa effekter av omställningen. Styrmedel kan delas upp i ekonomiska, juridiska, kunskapsbaserade och samhälleliga. Nedan följer exempel på olika typer av styrmedel:

Ekonomiska

- Skatter
- Avgifter
- Skattereduktion
- Avdrag
- Återbäring
- Pant
- Bidrag
- Subventioner
- Marknadsbaserad t.ex. utsläppsrätter

Juridiska

- Bränsleklassificering/reglering
- Miljöklassificering av tunga fordon
- Storlek/vikt/längd/kapacitet
- Miljözoner
- Kvotplikt

Kunskapsbaserade (information)

- Information och rådgivning
- Forskning och utveckling
- Demo och goda exempel
- Benchmarking och rating
- Miljömärkning/certifiering/ledningssystem
- Miljökalkyler/footprint

Samhälleliga (infrastruktur)

- Infrastrukturinvesteringar
- Intelligent transportssystem
- Samhällsplanering
- Krav i offentlig upphandling

Nya tekniker för att utöka intermodala transporter av t ex semitrailer och framförallt de icke lyftbara, horisontell överföring från bil till järnväg av container och växelflak samt nya typer av intermodala lastbärare för järnvägstransport kan kräva relativt stora investeringar i ny infrastruktur och anpassningar av det befintliga transportsystemet. Därmed behövs både incitament för att använda den typen av lösningar men också stöd till att utveckla och implementera tekniklösningarna.

Däremot kan lösningar som HCT på väg troligen introduceras utan några större ekonomiska stöd, men här handlar det mer om att upprätta lämpliga regelverk för detta och begränsa restriktionerna att nyttja dessa typer av transporter i större utsträckning än för standardtransporter. I samspel med t ex intermodala järnvägstransporter uppnås ytterligare energieffektiviseringar och minskade utsläpp.

ITS-lösningar introduceras idag i stor omfattning och är i de flesta fall ekonomiskt lönsamma då det kan leda till stora besparingar i trafikarbete och energianvändning. Därmed behövs inga styrmedel för att möjliggöra investeringar i dessa tekniker. Däremot finns det ett behov av standardisering och harmonisering som troligen måste ske med hjälp av riktlinjer från myndigheter. En sådan styrning skulle kunna hjälpa till att maximera potentialen för dessa tekniker och undvika att flera parallella system och standarder växer fram.

När det gäller introduktionen av alternativa bränslen och fordon/fartyg behövs i många fall stödsystem som kan stötta hela kedjan från produktion till fordon. Generella stödsystem som kvotplikt, skattebefrielser eller mer riktade anläggningsstöd behövs för att stötta introduktionen av förnybara drivmedel. En avgörande faktor är utformningen av stöd till storskaliga förgasningsanläggningar, som skulle kunna producera en stor del av de bränslen som behövs i transportsektorn. Introduktionen av alternativ infrastruktur är också avgörande för många bränslen, särskilt gasformiga drivmedel. EUs infrastrukturdirektiv kommer att stötta utvecklingen av sådan infrastruktur och om uppmaningen att utveckla infrastruktur och marknad för alternativa drivmedel tas på allvar så kan det stötta sådana drivmedel. Slutligen behövs i många fall incitament för inköp av alternativa fordon, där t.ex. bonus-malus system kan användas för att stötta dem på bekostnad av konventionella fordon.

Elektrifieringen av vägtransporter och eventuellt vissa sjötransporter kan på sikt få ett stort genomslag och ge stora energieffektiviseringar och kraftiga minskningar av utsläpp av växthusgaser. Detta kommer dock att kräva utveckling av olika typer av laddinfrastruktur som elvägar och olika typer av laddstationer. Teknikutveckling och investeringar i sådan infrastruktur stöttas idag i många länder och så även i Sverige, men för att få ett stort genomslag krävs ett långsiktigt strategiskt stöd. Även laddinfrastruktur stöttas av infrastrukturdirektivet. Vidare behövs stöd för att täcka de överskjutande kostnaderna för laddfordon.

5.2 Vägtransporter

Omställningen i sektorn för tunga vägtransporter har gått betydligt långsammare än i sektorn för lätta transporter. Det har saknats tydliga definitioner av miljölastbilar samt tydliga och relevanta styrmedel för att introducera dem. Den tunga sektorn är traditionellt inte så hårt reglerad och beskattad, bl.a. eftersom den konkurrerar på en internationell marknad och har relativt låga marginaler.

Erfarenheter från styrmedel för personbilar har visat att hela kedjan från drivmedelsproduktion till tankningsinfrastruktur och fordon måste stöttas simultant för att bilda en första marknad. Detta gäller troligen också för tunga transporter, vilket också framgår i rekommendationerna.

Ekonomiska incitament behövs för att kompensera för de ökade kostnaderna för inköp av fordon och drivmedel. Den nuvarande nedsättningen av fordonsskatten för lastbilar är inte tillräcklig för att åstadkomma det utan förmodligen behövs ett starkare incitament som en miljölastbilspremie. Dessutom behövs precis som för lätta fordon styrmedel för att minska kostnadsskillnaderna mellan förnybara drivmedel och konventionella fossila drivmedel, i första hand diesel. Detta kan åstadkommas antingen genom höjda skatter på diesel, eventuellt kombinerat med kilometerskatt, eller subventioner till förnybara drivmedel. Vid sidan av stöd till fordon kan troligen miljözoner och upphandling skapa en efterfrågan på alternativa fordon.

En kostnadsneutral omställning av sektorn för tunga transporter innebär att stödet till de alternativa fordonen måste finansieras av skattehöjningar för de fossila alternativen, vilket kan vara svårt att genomföra utan att få negativa effekter för åkeribranschen.

Utredningen "Fossilfrihet på väg" ¹⁴² föreslog en rad styrmedel som påverkar tung trafik och godstransporter, bland annat följande:

- Höjd dieselskatt och kilometerskatt
- Fordonsskatt för tunga fordon
- Miljölastbilspremie
- Miljözoner

Höjd dieselskatt och kilometerskatt

Utredningen "Fossilfrihet på väg" föreslår höjd dieselskatt och eventuellt en kilometerskatt för tung trafik. Om dieselskatten i Sverige höjs till nivåer över de i övriga Europa finns det en risk att lastbilarna tankar i andra länder än Sverige. Syftet med en kilometerskatt skulle vara att undvika detta och frikoppla skattesystemet för tung trafik från drivmedelsskatterna. De fordon som betalar kilometerskatt skulle få dra av den från drivmedelsskatten de betalat för diesel.

En succesivt höjd dieselskatt skulle på sikt göra det möjligt att introducera förnybara drivmedel och alternativa fordon. Det skulle även kunna skapa incitament för att effektivisera energianvändningen ytterligare för godstransporterna samt flytta över transporter från väg till järnväg och sjöfart.

Effekterna av en kilometerskatt beror givetvis på den specifika utformningen av den, men det skulle troligtvis styra mot överflyttning till andra trafikslag och effektivare transportplanering. Om den utformades för att gynna alternativa fordon med låga koldioxidutsläpp skulle den troligtvis vara ett bra styrmedel för att introducera dem. Det är dock inte säkert att ökad beskattning av fossila drivmedel eller vägtransporter skapar ett tillräckligt incitament för att flytta över till andra trafikslag. Troligtvis måste det kombineras med andra styrmedel för utveckling av kombitransporter och annan infrastruktur.

Fordonsskatt för tunga fordon

Idag beskattas lastbilar utifrån fordonsvikt, men lastbilar som inte kan köras på diesel utan drivs med el, etanol eller gas betalar lägre skatt. Det är dock en relativt liten skillnad i skatt

¹⁴² Miljö- och Energidepartementet, 2013, Fossilfrihet på väg, SOU 2013:84

mellan dieselfordon och fordon för alternativa drivmedel som inte kompenserar för de överskjutande extra kostnaderna för alternativa tekniker. Koldioxidifferentiering av fordonsskatten är ännu inte möjlig men en gemensam provningsmetod för redovisning av koldioxidutsläpp i EU skulle göra det möjligt.

Koldioxidifferentiering skulle kunna ge ett incitament till nya fordon och drivmedel, men då måste rejäla skattehöjningar ske för fordon med höga koldioxidutsläpp. Fordonsskatten är idag förhållandevis låg för tunga fordon och en ökning kan innebära negativa effekter för svenska transportföretag.

Miljölastbilspremie

I utredningen "Fossilfrihet på väg" föreslås en miljölastbilspremie 250 000 kr som minskar med 25 000 kr årligen. Det skulle kunna täcka stora delar av överskjutande kostnader och ge ett tydligt incitament till den första köparen som troligen bara har lastbilen under några år och inte hinner uppnå några stora vinster från lägre bränslekostnader eller minskad fordonsskatt.

Miljölastbilspremien skulle stötta alternativa fordon och förnybara drivmedel.

Om ett bonus-malus system används där premien finansieras av ökning i beskattningen av dieselfordon skulle detta kunna bli svårt att införa.

Miljözoner

Miljözoner kan användas för att minska trafikens påverkan i städer med avseende på utsläpp och buller. De innebär att fordonen måste uppfylla vissa krav för att köra in i zonerna och kan baseras på EU:s emissionsklasser men även på andra faktorer. Två nya klasser av miljözoner föreslås i "Fossilfrihet på väg": miljözon 2 som skulle innebära krav på uppfyllnad av Euro VI för både lätta och tunga fordon samt miljözon 3 med krav på tysta och emissionsfria fordon.

Denna typ av styrmedel skulle kunna få stor inverkan på distributionslastbilar, åtminstone i miljözon 3. Miljözoner skulle även kunna påverka planeringen av transportkedjor på olika sätt och eventuellt gynna nya logistiklösningar.

Styrmedel föreslagna i projektet Incitament

Följande styrmedel föreslås av projektet Incitament¹⁴³ för att stötta introduktionen av lastbilar för fordonsgas:

Nationellt

1. Styrmedel som är hållbara och över tid och tydligare styr mot CO₂ effektiva lösningar genom ett högt pris på fossil diesel, t.ex. bränsleskatt eller differentierade avståndsbaserade vägavgifter. Bör genomföras i samverkan med EU.
2. Kompletterande styrsystem som backar upp marknadens tro på övergång till alternativa bränslen och drivlinor, t.ex. demonstrationsprojekt, investeringsbidrag fordon/tankställen och bränslecertifikatsystem. Görs med fördel i samverkan med andra EU-länder.
3. Tydligare styrning av Trafikverkets upphandlingar av entreprenader att använda miljöfordon i arbetet. Kan genomföras på utvalda större projekt och genomföras genom krav, tilldelningskriterier eller bonus.

¹⁴³ Staffan Johannesson m.fl., 2013, Miljöbyrån Ecoplan, Incitament – styrmedel för tunga fordon.

Regionalt

1. Att aktivt driva frågor gällande tankinfrastruktur för alternativa drivmedel och el inom infrastrukturplaneringen.
2. Upphandling av egna transporter med krav eller bonussystem för tunga miljöfordon. Gärna i kombination.

Lokalt

1. Besluta en definition av miljöfordon att utgå från när styrsystem införs.
2. Använd lokala trafikföreskrifter för att införa system som utifrån lokala behov premierar tunga miljöfordon. Behov kan vara trängsel, tillgång till lastplatser, genomfart på specifika vägar, buller, etc.
3. Använd upphandlingsmöjligheterna gällande renhållningsentreprenader, entreprenader och att skilja varuköp från transporterna genom att ställa krav, använd utvärderingskriterier eller utveckla bonussystem. Gärna i kombination.

De föreslagna styrmedlen lämpar sig för att stötta alla typer av förnybara drivmedel och alternativa fordon, givet att de utformas på ett teknikneutralt sätt. Ett övergripande generellt stödsystem behövs för att stötta uppbyggnaden av en marknad för förnybara drivmedel. Hittills har befrielse från energi- och koldioxidskatter använts, men framöver kommer troligtvis detta stödsystem ersättas med ett kvotpliktsystem.

Erfarenheter från styrmedel för personbilar har visat att hela kedjan från drivmedelsproduktion till tankningsinfrastruktur och fordon måste stöttas simultant för att bilda en första marknad. Detta gäller troligen också för tunga transporter, vilket också framgår i rekommendationerna från projektet "Incitament".

5.3 Järnväg

För järnvägen behövs styrmedel för att skapa effektivare utnyttjande av kapaciteten men också för att skapa effektivare och pålitligare godstransporter. Det behövs även troligen styrmedel för att utveckla infrastrukturen för intermodala transporter.

Anpassning av regelverk samt utveckling av ny teknik i syfte att köra längre, tyngre och snabbare tåg för att möjliggöra införandet av HCT på järnväg skulle kunna vara ett styrmedel för att uppnå högre kapacitetsutnyttjande.

Banavgifter som differentieras i tid och rum skulle kunna leda till ett effektivare utnyttjande av kapaciteten i järnvägsnätet. Men det finns även en risk att banavgifterna blir för höga i förhållande till avgifter och kostnader för vägtrafiken och därmed minskar överflyttningen till järnväg.

5.4 Sjöfart

På samma sätt som inom tunga vägtransporter saknas tydliga mål och styrmedel för att minska klimatpåverkan från sjöfarten. Införandet av fartyg för alternativa och förnybara drivmedel motiveras främst av minskade utsläpp av svavelföreningar. Denna omställning av

sjöfarten skulle kunna kombineras med minskad klimatpåverkan, men det skulle troligen kräva olika typer av styrmedel och incitament.

Differentierade avgifter för farleder och hamnar lyftes under workshopen fram som ett verktyg för att styra utvecklingen inom sjöfarten.

Utöver det skulle följande styrmedel kunna användas:

- Skattebefrielse för alternativa drivmedel
- Investeringsstöd för fartyg/offentliga garantier för fartygsförvärv
- Stöd till infrastruktur

Ny infrastruktur behövs både för att möjliggöra bunkring av nya bränslen, t.ex. LNG, och för att förbättra infrastrukturen för kombitransporter/överflyttning. Vissa delar av denna infrastruktur kommer troligen att finansieras av EU-medel då den utgör en viktig del av EUs transportnätverk, men det kan även finnas ytterligare behov av styrmedel/stöd för att introducera denna infrastruktur.

6 Fördjupning i införandepotentialen för nya tekniker

6.1 Inledning

Godstransporterna i Sverige har stor betydelse för att samhällets alla områden ska fungera. Ju mer effektivt transportsystemet fungerar desto mindre blir kostnaderna för företagen och i förlängningen även kostnaden för privatpersoner. Trots alla fördelar med transportlogistiken så står transportföretagens fordon också för stora kostnader för samhället. Vägtransporternas utsläpp utgör en betydande andel av de totala utsläppen, främst koldioxidutsläpp. Dessutom medför godstransporterna andra negativa aspekter, såsom ökad trängsel (vilket förvisso kan ifrågasättas i förhållande till den trängsel som den onödiga bilismen ger), ökat antal olyckor, ökat slitage på vägar och järnvägar, buller från väg-järnväg-flyg och i viss mån sjöfarten.

Ett samhälle klarar sig inte utan transporterna trots de negativa effekterna men dessa effekter måste minska då de starkt bidrar till att klimatet försämras. Det finns åtgärder som leder till att utsläppen minskar, bland annat genom ett effektivare utnyttjande av kapaciteten med lastning, omlastning, större transporter, färre tomkörningar, nya bränslen mm. Företagen själva kan också öka sina intäkter genom att minska ledtiderna och bättre utnyttja de transportmöjligheter de har.

För att kunna minska de negativa effekterna krävs att utvecklingen och införandet av ny teknik fortsätter. Forskningen av nya tekniker pågår på bred front och det gäller både införande av nya bränslesorter, åtgärder för att minska nuvarande bränsleåtgång, fler och bättre eldrivna fordon samt förbättringar av lastkapacitet av godstransporterna, utökade möjligheter till intermodala transporter mm.

Avgränsningar

I denna rapport har det pågående arbetet med nya tekniker i transportsystemet beskrivits. I detta avsnitt kommer de samhällsekonomiska effekterna att bedömas och i viss mån beräknas. Beräkningar av dessa effekter är komplexa då osäkra investeringskostnader ska relateras till de intäkter eller besparingar som de nya teknikerna kan medföra. Det kommer inte göras någon samhällsekonomisk kalkyl utan vi fokuserar på nedslag i olika teknikers potential och vilka effekter det kan ge för samhället i minskade kostnader. Besparingar som potentiellt kan användas för att utveckla teknikerna framöver.

De nya teknikerna kan innebära att företag och samhället tjänar på införandet även om kostnaderna kan vara stora. Ur ett företagsperspektiv är en viktig aspekt efter hur lång tid företagen kan få återbärning av sina kostnader. Alltför lång införandetid innebär att företagen sannolikt är ointresserade av åtgärden. Det behöver inte bero på ovilja eller vinstintresse, det kan bero på att de bedömer att andra nyare tekniker som är mer kostnadseffektiva införs under denna period och att de hellre avstår. Ibland krävs att införandet påskyndas på grund av politisk vilja. Då används ofta offentliga styrmedel som tvingar företagen att ställa om till den

nya tekniken. När styrmedel används är det viktigt att de utreds grundligt för att de inte ska vara mer skadliga för företagen än vad nyttorna blir av införandet på sikt. I vissa fall kan en teknik vara billig och effektiv men den kan enbart införas i en liten bransch eller för vissa fordonstyper vilket innebär att de samhällsekonomiska effekterna är små.

När de samhällsekonomiska effekterna bedöms i denna rapport utgår vi från de effekter som är mest skadliga för samhället, utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid (CO₂). Det finns andra områden som traditionellt sett bedöms och beräknas i samhällsekonomiska kalkyler, såsom vägslitage, trängsel (i form av ökad restid), buller, olycksrisk och restid mm. I denna rapport kommer dessa områden att bedömas där det är möjligt. Men då osäkerheterna angående hur de olika teknikerna påverkar olika branscher eller i vilken omfattning de får genomslag är så stora kommer beräkningarna att vara intetsägande och kanske vilseledande och därför är kvalitativa resonemang mer givande.

Vårt övergripande antagande är att dagens godstransporter på främst väg sker med fordon som släpper ut koldioxid. Naturligtvis har andra alternativa drivmedel fått ett visst genomslag men i nuläget bedöms dessa ha en liten andel av de totala transporterna. I rapporten ska utvecklingen av nya tekniker bedömas och vilket genomslag de förväntas få fram till år 2030.

Om ingen utveckling sker fram till 2030, inte ens de teknikförbättrande åtgärderna som ständigt pågår i samhället, så kommer utsläppen att följa trafikutvecklingen och således öka med omkring 50 procent, vilket skulle vara förödande för klimatet. Den utveckling som sker kontinuerligt, exempelvis effektivare motorer, förbättrade bildäck, bättre asfalt, samordning av transporter med mera kommer att hålla nere bränsleförbrukningen och innebär att den totala ökningen hamnar på cirka 30-40 procent mer än idag. Detta innebär att nya tekniker behöver utvecklas fort och det på bred front. Målen om ett fossilfritt transportsystem till år 2030 är en viktig hörnsten om klimatmålen ska kunna uppnås

Det är inte enbart minskad bränsleanvändning som är nödvändig. De drivmedel som ska ersätta det fossila bränslet kommer inte att räcka till om inte transporterna energieffektiviseras kraftfullt. Energieffektiviseringen är lika viktig som minskningen av fossilt bränsle och kan ske på olika sätt, vilket är beskrivet i de olika avsnitten i rapporten.

När effekterna beskrivs är det som sagt oftast kvalitativa resonemang som förs. De beräkningar som redovisas baseras på grova antagande om hur utsläppen påverkas och hur de i så fall värderas i ekonomiska termer med de värden som återfinns i Trafikverkets kalkylunderlag ASEK 5¹⁴⁴. Utöver det är de olika områdena intressanta antingen utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv eller utifrån ett företagsekonomiskt. De sistnämnda är viktigt då företagens investeringsvilja baseras på om investeringen betalar sig inom överskådlig tid och om den gör det så är de alltid intressanta. Det kan även vara en fråga om alternativkostnad. Dvs om dagens kostnader ökar på grund av att offentliga styrmedel påverkar en övergång till andra tekniker genom skattehöjningar, upphandlingsförfarandet eller liknande åtgärder.

Omfattning av transporter och utsläpp

Som en introduktion till effektbedömningen redovisas några av de utsläpp som transportsystemet står för och som används som grund vid de beräkningar som görs. En mer utförlig redovisning finns i rapportens inledning.

¹⁴⁴ ASEK (Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyl- och analysmetoder inom transportområdet)

Sammantaget släpper de fyra trafikslagen ut i godstransporter omkring 5,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter per år. I samhällsekonomiska termer kostar det samhället runt 6,2 miljarder kronor per år.

Vägtransporter

Vägrafiken i sin helhet, med personbilstransporter, står för ungefär 30 procent av samhällets totala utsläpp av växthusgaser, det motsvarar 17 miljoner ton. Lastbilstrafiken står för ungefär 10 procent av samhällets totala utsläpp, varav den tunga trafiken utgör cirka 70 procent (4 milj. ton) av dessa utsläpp och den lätta lastbilstrafiken 30 procent (1,5 milj. ton).

Järnvägstransporter

Godstransporterna på järnväg släpper också ut skadliga ämnen i atmosfären. År 2014 släpptes 47 000 ton koldioxidekvivalenter ut från järnvägssektorn. I jämförelse med vägrafiken är det en marginell andel. Arbetet med att öka andelen godstransporter på järnväg försvåras av sektorns kapacitetsbrister och denna omställning som på många sätt skulle kunna gynna utsläppsmålen är inte möjlig så länge som järnvägssystemet ser ut som det gör idag.

Sjöfartstransporter

Transporter inom sjöfarten har en stor potential tack vare den stora kapaciteten och energieffektiviteten. Transportarbetet med inrikes gods utgör cirka 12 procent av transportarbetet av vägtransporterna. Men det är förenat med höga kostnader för omlastning. Det är dessutom geografisk begränsat och allt är under förutsättning att fartyget kan fyllas till en lämplig grad med gods.

Flygtransporter

Inrikes flyg för godstransporter utgör en marginell del, viktligt, av godstransporterna i samhället. Dessa transporter är sannolikt enbart möjliga via luftfarten tack vare dess snabbhet på längre sträckor. I denna rapport analyseras inte eventuella nya tekniker för godstransporter inom flyget även om de tekniker som det forskas om inom persontrafiken sannolikt kan användas även för godsflyget. I jämförelse kan nämnas att antalet tonkilometer inom flygtransporterna ligger på 6 miljoner per år mot sjöfartens 6,6 miljarder och vägtransporternas cirka 55 miljarder tonkilometer.

6.2 Urval av bränslen

Vägtransporter

Införande av nya typer av bränslen påverkar utsläppen positivt. Det finns en mängd olika bränsletyper som potentiellt sett kan ersätta bensin och diesel. Möjligheterna att införa nya drivmedel varierar, dels på grund av tillgången till råvaran, dels konkurrensen om råvaran och dels verkningsgraden av bränslet, d.v.s. kostnaden för att använda bränslet i förhållande till dagens kostnader.

Ett exempel är flytande metan (LNG/LBG) som bland annat kan användas med samma förbränningsteknik som vanliga dieselmotorer. Med denna metod kan inte dieselbränslet ersättas till 100 procent då det krävs 10-25 procent diesel för att kompressionsantändningen ska fungera. Totalt sett har metangasdrivna fordon en högre bränsleförbrukning än

dieselfordon, ca 2-8 procent, men kostnaden per mil förväntas bli lägre vilket ger företagen incitament att ställa om till metangasdrivna fordon.

I dagsläget används denna metod sedan länge i USA och har nyligen introducerats i Europa. Ett problem är att det är svårt att få fram tillräckliga mängder LBG och särskilt om införandet sker i snabbt takt.

Ett annat alternativt bränsle är gasformig metan (CNG/CBG). Denna metod tillämpas redan på distributionsmarknaden och är också mest effektiv på kortare sträckor. Den ger ungefär samma effekt som LNG/LBG.

Elhybridfordon används i allt större utsträckning även inom godstrafiken. Då driften på batterier är begränsad och man än så länge inte kan köra längre sträckor med enbart batterier är metoden bäst anpassad för distributionstransporter. En annan fördel med elhybridfordon är att bullret minskar påtagligt. Tyvärr är kostnaden fortfarande relativt hög vilket i nuläget försvårar en större efterfråga. Men då både tekniken utvecklas samt att effekterna är så goda så bedöms potentialen vara god för att en betydande andel ska ha infört eldrift till 2030. En beräkning visar att om 40 procent av den tunga distributionstrafiken inför eldrift och dessa minskar sitt bränslebehov med upp till 80 procent så kan den tunga vägtrafikens andel i samhället minskas med nästan 5 procent av sina utsläpp vilket motsvarar omkring 180 000 ton CO₂. Om detta räknas om till samhällsekonomiska effekter med ett kilopris på CO₂ på 1,08 kr¹⁴⁵ ger det en samhällsekonomisk nytta på cirka 200 miljoner kronor per år.

Ett problem med införandet av nya bränslen är att det bör ske på relativt bred front. Anledningen är att bränslet måste vara lättillgängligt överallt, särskilt om förbrukningen är högre. Om enbart en liten del av marknaden använder bränsletypen kommer intresset från exempelvis tankstationer också vara mindre. Även kostnaderna för att införa en ny metod, exempelvis elhybriddrift, minskar per enhet om efterfrågan förväntas bli stor. Detta kan lösas med olika styrmedel som gynnar alternativ som anses mer attraktiva för miljöeffekterna och om tillgängligheten är god kan en något högre kostnad tillåtas.

Bedömd införandepotential:

För att kunna uppskatta vilken potential det finns att dessa nya tekniker kan införas och ersätta dagens drivmedel till år 2030 måste olika bedömningar göras. En övre gräns för hur stor del av lastbilarna som kan ersättas till 2030 kan uppskattas på följande sätt. Antalet avregistreringar har årligen utgjort ca 5 procent av det totala antalet tunga och lätta lastbilar i trafik under de senaste 10 åren.¹⁴⁶ Baserat på det antas att 5 procent av fordonsflottan kommer att bytas ut årligen fram till 2030. Vidare antas att transportarbetet och därmed även antalet lastbilar i fordonsflottan kommer att öka med 50 procent från nu till 2030 baserat på tidigare bedömningar. Det innebär att fram till 2030 skulle 75 procent av dagens lastbilsflotta bytas ut och dessutom skulle det totala antalet lastbilar öka med 50 procent, och alltså ges antalet nyintroducerade lastbilar av dagens fordonsflotta multiplicerat med 125 procent.

Utifrån detta resonemang skulle 83 procent av lastbilsflottan år 2030 vara registrerade från och med idag. Det är dock inte troligt att alla nyregistrerade lastbilar kommer att vara anpassade för användning av förnybara drivmedel. År 2014 hade bara omkring 1 procent av de tunga lastbilarna en gas/flexifuel-drivlina och endast ett tiotal fordon var elhybrid eller

¹⁴⁵ Trafikverket ASEK 5 1,08 kr/kg på kort sikt (<10 år), 1,45 kr/kg >10 år. Här är enbart ett år inräknat och med värdet 1,08 kr/kg

¹⁴⁶ Trafikanalys, 2015, Fordon 2014, <http://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/>, LB tab. 1-3.

etanolflexifuel.¹⁴⁷ Det innebär att det inte kommer vara några märkbara skillnader i den totala fordonsslottan fram till minst år 2020.

Även med införande av kraftiga styrmedel för att minska koldioxidutsläppen skulle troligtvis endast en mindre andel av de nyregistrerade lastbilarna vara anpassade för förnybara drivmedel. Offensiva satsningar och styrmedel kan dock snabba på anpassningen till förnybara drivmedel. Ett antagande om att 25 procent av alla nyregistrerade lastbilar skulle drivas med förnybara bränslen är troligtvis en relativt hög nivå med tanke på dagens introduktionstakt. En sådan skattning innebär att ca 20 procent av totala flottan skulle vara anpassad för förnybara drivmedel till 2030. Denna siffra omfattar alla typer av förnybara drivmedel som kräver anpassade fordon, t.ex. metan eller DME. Däremot innefattas inte de fordon som kör på olika typer av förnybar diesel eller elfordon.

Om de nya bränslena ska kunna införas på bred basis krävs sannolikt offentliga insatser. Dels måste tillgängligheten vara så god att transporter inte behöver gå omvägar för att hitta tankstationer, dels måste framställandet av produkterna säkerställas. Detta kan tvingas fram med olika styrmedel men då måste hänsyn tas till de negativa effekter som styrmedlen för sig. Framställningen av produkten bedöms som det största hindret vilket innebär att en mindre del av marknaden kommer drivas på detta sätt till år 2030.

Vår bedömning utifrån detta resonemang är att det fram till 2030 är sannolikt att cirka 10-25 procent av den svenska fordonsslottan som idag använder fossil diesel ersätts med andra drivmedel, delvis beroende på hur olika styrmedel kan påverka införandetiden. Det skulle totalt innebära att koldioxidutsläppen kan minska med omkring 20 procent av de drygt 5,2 miljoner ton som lastbilstransporterna står för. Det ger en samhällsekonomisk nytta på ungefär 1 100 miljoner kronor per år enbart för den minskade mängden utsläpp av koldioxid.

Sjöfartstransporter

Även inom sjöfartstrafiken håller alternativa bränslen på att föras in i större utsträckning. Efter att svaveldirektivet infördes år 2015 ökade kraven på rederierna att ställa om bränsleförbrukningen, oftast från diesel, till andra alternativ. En vanlig produkt är flytande naturgas (LNG) eller biogas (LBG). Som tidigare beskrivits kan LNG användas i en motor specialiserad för gas eller i en dieselmotor tillsammans med en liten andel diesel (ca 20 procent). Tekniken kan användas i alla typer av fartyg. Totalt beräknas ett byte till LNG minska växthusgasutsläppen med 15-20 procent men det finns metoder som ger större minskningar men det verkar inte få något större genomslag innan 2030.

Bedömd införandepotential:

Än så länge är potentialen begränsad då bunkring av bränslet är outbyggd och även osäker i framtiden. De bedömningar som är gjorda visar att omkring 10-15 procent av bränslet har bytts ut till år 2030. Det innebär att de samhällsekonomiska effekter som kan beräknas av de minskade utsläppen är relativt små i förhållande till de effekter som kan uppnås i vägtrafiken. Utöver detta påverkas lastkapaciteten negativt vilket innebär fler transporter och därmed dyrare för företagen.

Andra bränslen som testas idag är Metanol, DME och biometan. Metanolen har god potential men kan fällas av att LNG har bättre marknadsförutsättningar genom återbetalningstider av investeringarna. DME kan produceras till låga kostnader men är störningskänsliga för

¹⁴⁷Trafikanalys, 2015, Fordon 2014, <http://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/>, LB tab. 9-10.

bränslepriserna vilket är en osäkerhetsfaktor för företagen. Biometan testas på demonstrationsanläggningar och har beviljats ekonomiskt stöd av Energimyndigheten.

Slutligen bör eldriften lyftas fram som en lösning med god potential. Denna lösning bedöms dock vara införd i liten skala till 2030 och då främst för mindre fartyg, färjor och trafik med andra syften än godstransporter.

6.3 Elvägar

Elvägar testas på två olika sätt, dels med luftburen kontaktlina, dels med elskena i marken. Den luftburna kontaklinan är mer begränsad till bussar och lastbilar medan marklinan även potentiellt sätt kan användas på personbilar.

Bedömd införandepotential:

Några teststräckor finns med de olika alternativen. Det går inte räkna med att det används i någon större utsträckning till 2030, men eventuellt kring 2050. Investeringskostnaderna är relativt höga och tekniken måste attrahera både fordonsindustrin och i besluten kring byggande av infrastrukturen. Tekniken kan komma att användas inom begränsade områden, på vägsträckor som har stor andel godstransporter.

6.4 Logistik

Inom vägtrafiken finns mycket att förbättra både vad gäller kapaciteten i trafiken och när det gäller ökad effektivitet av transporter, både lastkapacitet och ökad fyllnadsgrad.

Logistiska aspekter "för energieffektivisering och reduktion av växthusutsläpp i Sveriges system för godstransporter" är t ex överflyttning av gods från bil till järnväg, större fyllnadsgrad, volym eller tonnage per lastbärare, hög(re) tillgänglighet och frekvens på effektiva och miljövänliga(re) transportalternativ, fysiska förutsättningar i form av spår, terminaler, omlastningsplatser för att möjliggöra miljövänligare transporter etc.

Ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är ovanstående faktorer viktiga. Minskade utsläpp tack vare färre transporter genom bättre utnyttjande av lastkapacitet eller överflyttning från väg till järnväg är åtgärder som är önskvärda. Tyvärr är förbättrade åtgärder som underlättar överflyttning till järnväg delvis problematiska. Järnvägssektorn lider i dag av kapacitetsbrister vilket i många fall hindrar dessa överflyttningar eftersom logistikföretagen inte kan garantera att godset kommer fram i tid. Här är HCT för järnvägen en viktig parameter. Genom att utveckla effektivare godstransporter på järnväg kan kapaciteten och kvaliteten öka samt kostnaderna för godstransporter på järnväg i Sverige minska i framtiden. Därmed minskar också energiförbrukningen och utsläpp inom järnvägen och hela transportsystemet. Det finns tekniker som håller på att tas fram som ökar möjligheterna för icke lyftbara trailers på järnvägen. Vidare fortsätter utvecklingen av järnvägen med avseende på att förbättra kapaciteten, kunna köra längre och tyngre tåg, snabbare tåg, samt utökningar till den större lastprofilen för svensk järnväg, C-profil. Även högre axeltryck, 25 ton STAX ökar kapaciteten på järnvägen i och med att större godsvolymer kan lastas per järnvägsvagn. Dessa tekniker skulle innebära att ett större urval av trailertransporter och ett större urval av godsmängder i Sverige ges möjligheten till intermodalitet. I mindre skala påverkar detta inte kapaciteten för

antalet tågset som måste köras nämnvärt. Om detta är kostnadseffektivt så finns det möjligheter att öka överflyttningen från lastbil till järnväg framöver. Nivån är än så länge begränsad och svår att räkna på men fram till 2030 kommer möjligheterna att öka successivt.

När det gäller färre transporter tack vare ökad lastkapacitet på lastbilar är det positivt då utsläppen rimligtvis bör minska även om lasttransporterna är tyngre än tidigare. De faktorer som kan vara negativa är om vägar och broar måste stärkas för att klara de nya transportvikterna. Det kan innebära att man tvingas köra längre sträckor än i dag om bara vissa sträckor förstärks. Trots dessa aspekter är teknikerna intressant att studera vidare då de medför effekter som gynnar samhället med avseende på utsläpp och andra negativa effekter, såsom trängsel, buller och kanske mindre risk för olyckor med färre transporter. Viktigt för dessa transporter är dock att de inte nyttjas för längre transporter än standardfordon och istället för t ex järnvägstransporter så att effekten blir den motsatta avseende energieffektivisering och minskade utsläpp.

HCT innebär att man kan öka fordonens bruttovikt från 60 ton till 74 – upp till 90 ton. Det innebär beroende på typ av HCT en ökad godsmängd på mellan cirka 15-20 upp till 100 procent per transport. Således kommer antalet transporter minska vilket påverkar utsläppsnivåerna positivt. HCT-fordonen kommer i sig att släppa ut mer och eventuellt slita mer på vägarna men den totala effekten är positiv. Möjligheterna att införa denna teknik är god även om inte alla tunga lastbilstransporter kan använda denna teknik, svårbedömt hur stor andel som är potentiell. Inköp av dessa fordon är dyrare än traditionella lastfordon men kostnaden tas delvis igen på minskat behov av förare samt att andra inbesparingar sannolikt medför att företagen inte ser kostnaden som ett hinder.

Inom skogsindustrin finns både ST-fordon och ETT-fordon som testats i Sverige under flera år. Båda innebär tyngre laster och för ETT-fordonet även längre fordon på 30 m med en bruttovikt på 90 ton. Detta är möjligt beroende på en ny sammansättning av fordonet.¹⁴⁸ Även inom dessa områden är det positiva effekter. Att öka lastmängderna med omkring 50 procent gynnar utsläppen avsevärt även om fordonen tvingas ta större omvägar och kanske öka slitage på vägarna.

Det pågår även tester av andra långa fordon på lokal nivå. Här är utbytet av HCT transport av två 40 fots container eller två trailers jämfört med normalt en d.v.s. ett mycket högt utbyte – dubbelt så många lastbärare per transport. Dessa tester har slagit väl ut och mätningar har visat att utsläppen har minskat med 80 procent när man använt nyare fordon som körs med biobränsle och delar av sträckan på järnväg. Då testerna är lokala är det i nuläget oklart i vilken omfattning som detta skulle kunna överföras i större skala. Däremot är teknikerna väl utvecklade i USA och Australien vilket innebär att lärdomar kan dras och regler kan anpassas efter svenska förhållanden.

När det gäller utvecklingen med ökad kapacitet av trailers på järnvägsvagnar finns ett antal tekniker som utvecklats/är under utveckling. Megaswing och FlexiWaggon är exempel på nya typer av järnvägsvagnar för horisontell överföring av trailers. Nikrasa, en typ av lastplattform för lyft av trailers i terminaler. Det är två olika varianter som ger möjligheter till icke lyftbara trailers att hanteras intermodalt på järnväg. Det i sin tur innebär att den stora majoriteten av alla trailers i såväl Sverige som Europa kan hanteras på järnväg.

¹⁴⁸ Inom EU är det enbart tillåtet med lastbilar som är 18 m långa. Sverige och Finland har dispens att köra 25,25 m långa fordon men enbart inom respektive land. Det betyder att svenska 25,25 m lastbilar inte får köra in i Finland och tvärtom trots dispens. Hur denna dispens påverkas angående fordon som är 30 m långa är oklart.

Utökning av container och växelflak på järnväg kan implementeras i framtiden med CCT-tekniken som också innebär horisontell överföring intermodalt.

Den samhällsekonomiska effekten av denna förbättring är svår att bedöma. Om kapaciteten kan förbättras i järnvägssystemet i framtiden är dessa åtgärder viktiga. Det kommer krävas om- och tillbyggnader på/av ett antal terminaler och inköp av nya vagnar men det är företagsekonomiska aspekter som återbetalas i förbättrad kapacitet, tillgänglighet och effektivitet. Det kan ge överflyttning från lastbil vilket i sin tur är positivt för utsläppsmängden genom färre transporter och som i sin tur även påverkar slitage, buller, trängsel och trafiksäkerhet.

Sammantaget går det säga att detta är tekniker som är anpassade på olika områden och efter olika ändamål. Effekter för samhällsekonomin är inte möjlig att bedöma om inte kompletterande undersökningar görs angående vilka möjligheter det finns att kunna föra över godstransporter från lastbil till järnväg. Att införandet av teknikerna kommer att införas successivt till år 2030 råder det inget tvivel om då olika tekniker redan är i drift i Sverige. Dessa åtgärder ger redan besparingar för företagen och därmed kommer kostnadskalkyler genomföras som visar om åtgärderna ska implementeras eller inte. Det är dock inget som påverkar samhällsekonomiska aspekter i någon större omfattning om alltså inte överflyttning blir påtaglig.

6.5 Intelligent transport system ITS

Nya tekniker behöver inte enbart betyda nya bränslen eller materiella åtgärder på fordon. Det kan också röra sig om förändrade körbeteenden som effektiviserar transporterna. Ändrade körbeteenden är dock relativt svårbehandlat. Körteknikutbildning kan innebära att åkeriföretagens kostnader för bränsle minskar men sannolikt krävs att dessa åtgärder kompletteras med tekniska hjälpmedel. De hjälpmedel som det forskas om kan dessutom i vissa fall ersätta stora delar av förarnas handhavande eller helt och hållet.

Platooning innebär att två eller flera fordon kopplas samman, virtuellt, i ett fordonståg. Enbart föraren i det främsta fordonet kör karavanen medan de andra kan följa med som passiva aktörer. Detta ger stora effekter på bränsleåtgången och minskad trängsel och färre olyckor. De olika fordonen kan spara mellan 2-13 procent i bränsleminskning och en kolonn på två fordon sänker kostnaderna med 10 procent. En enkel överslagsräkning visar att dessa fordon som kör 100 000 km på ett år kan spara runt 60 000 kronor. Utöver det tillkommer de samhällsekonomiska effekterna av minskade utsläpp, samt trängsel och olyckor. Tekniken är fortfarande relativt dyr per fordon, cirka € 10 000, men kommer successivt att minska till omkring € 2 000 vilket innebär att investeringskostnaden snabbt tas igen.

IAP är ett övervakningssystem som utvecklats i Australien och leder till att effektivisera tunga transporter. Genom trafikledning av fordonen kan bränsleåtgången utsläppen minska kraftigt. Detta möjliggör att lastkapaciteten kan öka och den totala bränsleåtgången kan minska med 15-25 procent. Ökad trafikledning som kan styra förarnas vägval utifrån trängsel och andra hinder kan också minska förbrukning påtagligt. Vår bedömning är att bränsleförbrukningen i Sverige kan minska med omkring 5 procent på de tunga fordon som använder metoden. Tekniken finns redan och möjligheterna bedöms som goda att införa det på bred basis till 2030. Kostnaden är liten i förhållande till hur mycket både företag och samhället kan spara på åtgärderna.

ECO-driving öppen data

Genom att införa automatiserade system som är kopplade till fordon och infrastruktur går det att effektivisera godstransporterna relativt omfattande. Innan år 2030 är bedömningen att det är fullt möjligt att fordon kan kommunicera med varandra via så kallade V2V (vehicle to vehicle). Studier i USA visar att olika typer av eco-driving kan minska bränsleförbrukningen med över 20 procent. Potentialen att införa detta i det svenska systemet bedöms som goda. Kostnaden kommer att ligga inom ramarna för fordonsindustrin och i viss mån transportindustrin. Offentliga åtagandet behövs som lågt och handlar om information och standardisering av regelverken.

Om detta implementeras i Sverige och över hela transportsystemet, vilket är potentiellt fullt möjligt, bedöms bränsleförbrukningen minska med cirka 15 procent. En enkel beräkning visar att en minskning av CO₂-utsläpp med 15 procent innebär 780 000 ton i minskade utsläpp till en samhällsekonomisk kostnadsminskning på 840 miljoner kronor per år. Till detta tillkommer mindre slitage på vägarna som också innebär minskade samhällskostnader.

Bedömd införandepotential:

Platooning, IAP och Eco-driving öppen data är relativt billiga åtgärder att införa och införandet till år 2030 bedöms som sannolika på bred front. Både företag och samhället kan se betydande vinster av dessa tekniks lösningar. Det är dock viktigt att de mjukvaror som tas fram av olika företag är kompatibel med varandra och med de system som finns ute i trafiken. Staten kommer sannolikt behöva sätta upp ett regelverk som innebär att kraven på systemen är tuffa då det inte enbart omfattar körsätt som är energibesparande utan också innebär krav på trafiksäkerhet.

6.6 Järnvägstransporter

ERTMS är ett signalsystem inom järnvägstrafiken som håller på att införas i Sverige och övriga EU. Målet är att stora delar av järnvägsnätet har systemet till 2035. ERTMS är ett EU krav och ska införas. Kostnaden är hög och beräknas av Trafikverket till 30 miljarder för att anpassa både signalsystemet och loken. Ett lok kostar cirka två miljoner att anpassa för detta system. ERTMS ger inga egna direkta kapacitetsförbättringar. I systemet måste man korta de så kallade signalsträckorna för att kapaciteten ska bli bättre, vilket även fungerar i nuvarande ATC-system, men ERTMS-systemet bidrar till en högre säkerhet och kompatibilitet med godstransporter till andra länder.

Trafikverket har dock antagit att ERTMS förbättrar kapaciteten, sannolikt genom förkortade signalsträckor. De redovisar ett exempel som visar att antalet tåg på en viss sträckning ger kapacitetsförbättringar på 11-22 procent. Det gäller dock både person och godstrafik vilket gör det svårt att uppskatta effekterna för godstrafiken.

Ett förbättrat utnyttjande av kapaciteten möjliggör dock att gods flyttas över från lastbil till järnväg. Om ERTMS ger kapacitetsförbättringar vad gäller godstransporterna så kan det få stora effekter när det gäller minskade utsläpp. I dagsläget finns en kapacitetsbrist för godstransporterna på järnväg. En del av allt gods som ska fraktas på järnväg tvingas sannolikt ligga och vänta på grund av kapacitetsproblemen. ERTMS kan därför förbättra tiden för företagen att transportera sitt gods. Men det kan också vara så att den totala lastkapaciteten kan öka på järnvägen och då kan en viss andel av lastbilstrafiken flytta över till järnvägen. För de långväga transporterna fyller en godsvagn cirka 50 procent mer än en lastbil. Om vi antar att kapaciteten i järnvägstrafiken kan öka transporterna med 5 procent via en överflyttning från

vägtrafiken till år 2030. Då kan transportarbetet på järnväg öka med omkring 1,5 miljarder tonkilometer per år. Om motsvarande transportarbete kan flytta från lastbilstrafiken till järnvägen, allt annat lika, så minskar utsläppen i lastbilstrafiken 260 000 ton CO₂. Det ger samhället en vinst på 280 miljoner kronor per år.

Detta resonemang är baserat på stora osäkerheter men visar vilka påtagliga effekter ett bättre utnyttjande av järnvägstransporterna kan ge för de totala utsläppen.

Bedömd införandepotential:

Systemet håller på att införas och ska vara klart 2035. Om de samhällsekonomiska effekterna blir omfattande hänger på hur systemet utnyttjas när det gäller kapacitetsökning och potentiella överflyttningar.

6.7 Luftfartstransporter

Inrikesflyget står för en liten del av godstransporterna och kommer sannolikt att förbli på det sättet. Flygbranschen transporter sådant gods som inte är möjliga på annat sätt ex högförädlad gods eller då godset kräver snabba förbindelser, exempelvis sjukvårdsartiklar. Inom flyget arbetas det snarare med att förändra flygbränslet så att flygtrafiken kan överleva i konkurrens med en eventuell utbyggnad av höghastighetsjärnväg för persontrafik. Hur detta kan gynna godstransporterna är i nuläget oklart.

7 Sammanfattande diskussion och slutsatser

Utvecklandet av nya tekniker i transportsystemet är centralt för att minska de negativa effekterna av fossila utsläpp, trängsel i städerna samt ineffektivitet i transportsystemet som påverkar företagens kostnader. Utsläppsnivåerna är för höga och för att nå det övergripande målet med ett fossilfritt transportsystem till år 2030 måste nya tekniker implementeras.

I föreliggande rapport är 2030 målbilden för införandet av nya tekniker. Av den aledningen har vissa tekniker exkluderats, tekniker som sannolikt har stora potentialer att implementeras i samhället framöver men i nuläget bedöms möjligheten att de är införda till 2030 som liten. Detta kan bero på flera anledningar, dels kan kostnaden för företagen vara för hög vilket gör det mindre intressant, dels kan det krävas offentliga styrmedel som snabbar på genomförandet men som riskera att påverka företagen alltför negativt, dels kan begränsningar av att framställa nya bränslen utgöra ett hinder. Det kan också bero på att regelverken, både i Sverige och inom EU måste anpassas på ett sätt som ofta är tidskrävande processer. Sammantaget visar dock denna rapport att det pågår ett omfattande arbete med att utveckla nya tekniker som har god potential att implementeras till år 2030 vilket skulle förbättra transportmöjligheterna och minska de skadliga utsläppen.

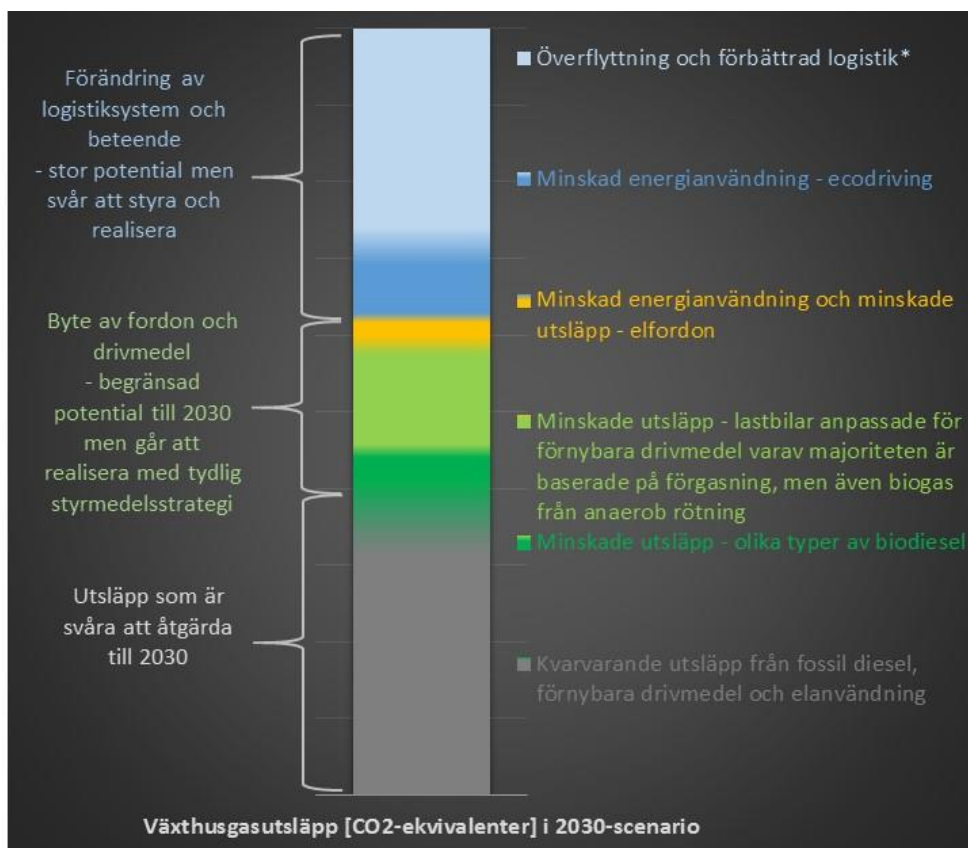
När ny teknik implementeras i näringslivet får det inte bara stora effekter för företagen, även de samhällsekonomiska nyttorna eller kostnaderna kan vara påtagliga. I rapporten har tyngdpunkten legat på att bedöma de viktigaste effekterna, d.v.s. utsläppen. Effekterna av de nya teknikerna är svåra att bedöma. Det beror bland annat på att investeringskostnaden av de nya teknikerna inte är fastställda vilket gör att den samhällsekonomiska effekten kan vara stor men ändå liten i förhållande till investeringskostnaden. Vi vet heller inte hur stor andel av hela transportsektorn som kan använda tekniken i sin verksamhet, d.v.s. om enbart en viss bransch gynnas av åtgärderna så får det små effekter för samhället. Det behöver inte betyda att tekniken är obetydlig, för de enskilda företagen kan det ge stora kostnadsbesparingar, men i de samhällsekonomiska bedömningarna i rapporten är effekten liten.

Däremot finns ett antal tekniker som kan påverka effekterna på ett omfattande sätt, både enskilt och tillsammans med andra tekniker. Därför har ett antal förenklade räkneexempel lyfts fram. Exempel som visar värdet på de utsläppsminskningar som man förväntas nå tack vare den nya tekniken. Övriga effekter har beskrivits översiktligt. Inom fordonssektorn finns det flera åtgärder som påverkar bränsleförbrukningen och som bidrar till mer energieffektiva transporter. Det gäller främst olika former av eco-driving inom ITS-området. Relativt billiga investeringar i både fordon och övervakningssystem kan innebära att bränsleförbrukningen minskar med 10-15 procent för hela fordonsflottan. Genom att styra trafiken och med automatisering omfördela trafiken, minska inbromsningar och ojämn körning så skulle transportsektorn kunna minska utsläppen av fossila bränslen med närmare 800 000 ton koldioxid. Utsläpp som kostar samhället över 800 miljoner kronor per år. Om denna teknik kopplas samman med nya bränslen, ex vätgas, kommer även energieffektiviseringen att förbättras. Det innebär att samma fordon kan transportera samma mängd gods upp till 80 procent längre än med fossila bränslen. Det ger stora kostnadsbesparingar även för företagen.

Omställningen till icke-fossila bränslen sker successivt men det finns vissa hinder som gör att omställningen inte kommer att införas i stor utsträckning till 2030. Dels är tillgången till olika bränslen än så länge begränsade. Om dessutom sjöfartsindustrin ska konkurrera om samma bränsle är risken stor att kostnaden ökar till nivåer som är ointressanta för företagen. Det krävs sannolikt att exempelvis metangas kan framställas av biobränsle för att utgöra ett tillräckligt miljövänligt alternativt till rimliga kostnader.

Elhybridfordon används i allt större utsträckning även inom godstrafiken. Tekniken gynnar inte enbart utsläppen, en annan fördel är att bullret minskar påtagligt. Detta är viktigt, inte minst i stadsmiljöerna. Tyvärr är kostnaden fortfarande relativt hög vilket i nuläget försvårar en större efterfråga. Men då både tekniken utvecklas samt att effekterna är så goda så bedöms potentialen vara god för att en betydande andel ska ha infört eldrift till 2030. En beräkning visar att om 40 procent av den tunga distributionstrafiken inför eldrift och dessa minskar sitt bränslebehov med upp till 80 procent så kan den tunga vägtrafikens andel i samhället minskas med nästan 5 procent av sina utsläpp. Om detta räknas om till samhällsekonomiska effekter ger det en samhällsekonomisk nytta på cirka 200 miljoner kronor per år.

Summeras fordonsflottans tekniker ihop och en realistisk bedömning görs hur stor andel av fordonsflottan som kan ha ersatt fossila bränslen med förnybara så är det kring 10-25 procent. Det ger dock minskade utsläpp med cirka 20 procent vilket motsvarar över 1 100 miljoner kronor i minskade samhällskostnader varje år. Tyvärr är det inte tillräckligt för att nå upp till de målen om ett fossilfritt transportsystem till år 2050 och det krävs sannolikt ökade påtryckningar och snabbare teknikutveckling för att få ett större genomslag. En övergripande potentialbedömning av möjligheterna för energieffektivisering och minskade utsläpp av växthusgaser i sektorn för tunga vägtransporter visualiseras i Figur 43. Potentialen redovisas utifrån ett förenklat scenario där trafikarbetet ökar med 50 procent vilket också antas ge 50 procent högre utsläpp av växthusgaser.



Figur 43 Övergripande bedömning av potentialen för minskade växthusgasutsläpp för tunga godstransporter på väg till 2030

Anm.: Bilden utgår från ett scenario att trafikarbetet ökat med 50 procent för tunga godstransporter på väg och allt annat (beteenden, energieffektivitet och bränslen) är lika med idag. Den totala stapeln visar med andra ord en typ av worst-case scenario och de olika åtgärderna/nya teknikerna höger om stapeln visar potentialen för att minska utsläppen.

* Potentialuppskattning gjord i KNEG ¹⁴⁹

Vilka tekniker kan implementeras till år 2030 och hur går det snabbare?

De tekniker som bedöms ha störst potential av de i rapporten beskrivna teknikerna är de ITS-anknutna delarna, såsom Platooning, Eco driving med öppen data och IAP. Dessa åtgärder är relativt billiga och teknikutvecklingen går snabbt. De hinder som kan göra införandet problematiskt är att det är system som ska införas på hela marknaden, kanske även i Europa och då krävs ett harmoniserat system där de tekniker som utvecklas är kompatibla med varandra. Här kommer sannolikt krävas gemensamma EU-föreskrifter, vilket finns redan idag, men som följer den snabba utvecklingen.

¹⁴⁹ Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf

Ett annat problem är att ITS-åtgärder måste införas parallellt med andra åtgärder om syftet är att få bort fossila bränslen. Det hjälper inte att minska utsläppen om syftet är att få bort det helt.

Alternativa bränslen har en god potential, både för lastbilar men kanske framförallt inom sjöfarten. Det finns vissa problem med tillgången till bränsle men det görs framsteg kontinuerligt och effekterna kommer att vara påtagliga till år 2030. Naturligtvis minskar incitamenten med dagens låga oljepris och om målet ska nås kommer kraftfulla styrmedel att behövas.

Tekniker som gynnar överflyttningar från lastbil till järnväg och sjöfart utvecklas på bred front. Här är det till stora delar fråga om företagsekonomiska aspekter även om det kommer att kräva ombyggnader på de statliga järnvägsnäten för att klara vissa omställningar. Dessutom kommer regelverken behöva ändras angående längre tågset, tyngre tåg etc. för att kunna öka godsmängden på järnväg utan att det ska påverka kapaciteten allt för mycket. De samhällsekonomiska effekterna av att minska antalet lastbilar av den potentiella överflyttningen är inte möjlig att beräkna då det är flera aspekter som behöver lösas om det ska generera några större effekter.

En central fråga är att minska utsläppen i transportsystemet. Den största delen kommer från lastbilarna. Majoriteten av lastbilstransporterna är under 30 mil vilket gör det svårt för järnvägen att konkurrera oavsett om kostnaderna ökar för lastbilstrafiken på grund av olika styrmedel. Det innebär att om man vill nå stora effekter på utsläppen måste åtgärderna fokuseras på lastbilstrafiken och hur bränslet kan ersättas. Parallellt kan andra åtgärder också ske, såsom överflyttning, men tyngdpunkten är bränslefrågan.

Distributionstrafiken kan i många fall ersättas med elhybrider eller eldrift. Kostnaderna är i dagsläget stora men sjunker i takt med ökad efterfråga. Detta område bedöms ha goda effekter och därmed god potential till år 2030. I takt med att distributionstrafiken behöver utvecklas måste även citylogistiken effektiviseras. Transportökningen kommer drabba trängseln i städerna kraftfullt om inte logistiken planeras bättre än i dag. Bränsleutbytet måste därför ske parallellt med införande av automatiserade lösningar som minskar antalet transporter. Det är inom dessa områden som de största effekterna bedöms få störst genomslag på utsläppen och trängseln.

Referenser

1	Trafikanalys, 2014, http://www.trafa.se/sv/Statistik/Transportarbete/
2	Samgods 1.0
3	[http://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/lastbilstrafik/lastbilstrafik-2014.pdf]
4	http://www.trafa.se/globalassets/statistik/bantrafik/jarnvagstransporter/jarnvagstransporter-2015-kvartal-3.pdf
5	[http://www.trafa.se/globalassets/statistik/bantrafik/jarnvagstransporter/jarnvagstransporter-2015-kvartal-3.pdf]
6	[Trafikanalys. 2015. Sjötransport 2014. http://www.trafa.se/sjofart/sjotrafik/]
7	Trafikanalys, 2015, Luftfart 2014, http://www.trafa.se/luftfart/
8	Energimyndigheten, 2015, Energianvändning i inrikes transporter 2014
9	Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf
10	Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf
11	http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/
12	http://www.airviro.smhi.se/RUS/emistrend.htm
13	http://www.airviro.smhi.se/RUS/emistrend.htm
14	Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf
14	https://www.kth.se/polopoly_fs/1.309106!/Menu/general/column-content/attachment/12_003RR_rapport.pdf 2016-02-04
15	Trafikverket, 2015, http://www.trafikverket.se/contentassets/06daa317b31e40d194aa859b6515e8e4/prognos_for_godstransporter_2030-trafikverkets_basprognos_2015.pdf
16	[Trafikverket, 2015, http://www.trafikverket.se/contentassets/06daa317b31e40d194aa859b6515e8e4/prognos_for_godstransporter_2030-trafikverkets_basprognos_2015.pdf]
17	Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf
18	http://spbi.se/wp-content/themes/spi/resources/SPBI_branschfakta_2015.pdf
19	Pål Börjesson, Joakim Lundgren, Serina Ahlgren, Ingrid Nyström, 2013, DAGENS OCH FRAMTIDENS HÅLLBARA BIODRIVMEDEL.
20	T. Ekengren och Å. Svensson, Miljöbyrån Ecoplan 2014 Biogas för tunga fordon – möjlighetsanalys för tunga godstransporter med lastbil på flytande biogas inom området Östersund, Kattegatt och Skagerack
21	S. Johannesson, Miljöbyrån Ecoplan 2012 Biogas för tunga lastbilar – ett kunskapsunderlag
22	http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo/energi-och-klimat/klimatsmarta-val-av-tunga-fordon/
23	http://www.biogasvast.se/upload/Regionkanslierna/Milj%C3%B6sekretariatet/TRANSPORTER/Biogas%20V%C3%A4st/Rapporter/Biogas%20f%C3%B6r%20tung%C3%B6r%20fordon_F%C3%B6rproje kt%20Biogas2020.pdf
24	http://www.miljofordon.se/tunga-lastbilar/sa-fungerar-metandiesellastbil 2016-01-13
25	Mårten Larsson, 2015, The role of methane and hydrogen in a fossil-free transport sector. Doktorsavhandling, KTH, Skolan för kemivetenskap. s. 73.
26	Diskussion med Lars Holmquist från Göteborg Energi
27	Linné et al. 2008
28	WSP 2013
29	www.regeringen.se

30	http://spbi.se/wp-content/themes/spi/resources/SPBI_branschfakta_2015.pdf 2016-01-13
31	http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/hvo-hydrogenated-vegetable-oil/ 2016-01-13
32	http://www.scania.se/om-scania/nyheter/arkiv/2015/q4/gront-ljus-hvo.aspx
33	http://mag.volvotrucks.com/sv-se/sweden/article/?art=4274&ref=1
34	http://www.scania.se/bussar/miljo/alternativa-branslen/biobranslen.aspx 2016-01-13
35	http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/syntetisk-diesel/ 2016-01-13
36	http://spbi.se/wp-content/themes/spi/resources/SPBI_branschfakta_2015.pdf 2016-01-13
37	Pål Börjesson, Joakim Lundgren, Serina Ahlgren, Ingrid Nyström, 2013, DAGENS OCH FRAMTIDENS HÅLLBARA BIODRIVMEDEL.
38	http://www.volvogroup.com/GROUP/SWEDEN/SV-SE/SUSTAINABILITY/ENVDEV/ALT_DRIVELINES/DME_ENGINES/PAGES/DME_ENGINES.ASPX 2016-01-14
39	www.spbi.se 2016-01-14
40	Per Kågeßon, presentation på SCOPE-seminarium 2015-12-07
41	http://mariestadstidningen.se/mariestad/2016/01/11/satsar-pa-vatgasstation 2016-01-12
42	Vätgasinfrastruktur för Transporter - Fakta och konceptplan för Sverige 2014-2020 Cecilia Wallmark, Farzad Mohseni och Geert Schaap mfl, INEA/TEN-T, HIT-1 NIP-SE, 2014-12-31
43	http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/corridors/index_en.htm , 2016-02-10
44	http://www.dn.se/motor/tester/toyota-mirai-tankar-gront-for-55-mil-pa-3-minuter/ 2016-01-19
45	Trafikanalys, 2015, Fordon 2014, http://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/ , LB Tab. 9-10.
46	Miljö- och Energidepartementet, 2013, Fossilfrihet på väg, SOU 2013:84
47	Julia Hansson och Maria Grahm, 2013, Utsikt för förnybara drivmedel i Sverige.
48	[Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf]
49	Stockholm Stad 2014 Lastbilar och bränslen som gör skillnad – Clean Truck 2010 - 2014
50	http://www.nyteknik.se/nyheter/fordon_motor/bilar/article3703555.ece 2016-01-13
51	http://www.trafikverket.se/contentassets/1e1898f948ec43079c0707edfbaa7ead/8_hybriddrift.pdf 2016-01-13
52	Naturvårdsverket, 2015, Beskrivning av beräkningar av minskade växthusgasutsläpp för ansökningar i Klimatklivet.
53	http://teknikensvarld.se/e16-utanfor-sandviken-blir-elvag-2016-186025/ 2016-01-14
54	http://www.etc.se/inrikes/nu-testas-elvagar-i-trafiken 2016-01-14
55	http://www.ncc.se/press/cision-page/da0ce38f112620f1/elv%C3%A4g-vid-arlanda-inom-tv%C3%A5-%C3%A5r/ 2016-02-01
56	https://www.kth.se/aktuellt/nyheter/snart-laddas-elbilen-via-elektrisk-asfalt-1.553575
57	Volvo, 2014, Volvokoncernen undersöker möjlighet att bygga elväg i Göteborg. Pressrelease.
58	http://hybridfordonscentrum.se/wp-content/uploads/2016/01/T2_11-Cost-Analysis-of-Electric-Drive-System_IV_Final-report.pdf 2016-02-02
59	http://elways.se/teknik-for-matning/ 2016-02-02
60	Fossilfria godstransporter på väg KNEG 2015
61	Per Kågeßon, 2012, Sjöfartens långsiktiga drivmedelsförsörjning. CTS Working paper 2012:28. Centre for transport studies. Stockholm.
62	Johan Gahnström, Edvard Molitor, Karl-Johan Raggl, Jim Sandkvist, 2010, Maritima förutsättningar för utbyggnad av infrastruktur för LNG/LBG. Rapport Nr.: 2010 – 5653. s41.
63	Per Kågeßon, 2012, Sjöfartens långsiktiga drivmedelsförsörjning. CTS Working paper 2012:28. Centre for transport studies. Stockholm.
64	http://spbi.se/wp-content/uploads/2013/03/IVL_B2083_2013_final.pdf
65	DNV GL, In focus – the future is hybrid - a guide to use of batteries in shipping.
66	http://www.lantbruk.com/skog/ny-virkesbil-klarar-12-ton-extra
67	http://www.nyteknik.se/nyheter/fordon_motor/bilar/article3426286.ece ; https://www.transport.se/Transportarbetaren/Start/Nyheter1/Nytt-forsok-med-90-ton/
68	Skogsindustrierna: En Trave Till – Bättre miljö och bättre lönsamhet; www.skogsindustrierna.org
69	http://www.logistics.dbschenker.se/log-se-se/press/arkivoverview/8608356/dispens_langa_lastbilar.html

70	http://transportnytt.se/item/1069-jula-kor-med-31-metersbilar-till-skara
71	http://duo2.nu/?p=108 Forum för innovation inom transportsektor: Färdplan för utveckling av godstransporter på järnväg och kombitransporter -HIGH CAPACITY TRANSPORTS FÖR JÄNVÄG – GRÖNA GODSTÅGET; www.transportinnovation.se
71	Forum för innovation inom transportsektor: Färdplan för utveckling av godstransporter på järnväg och kombitransporter -HIGH CAPACITY TRANSPORTS FÖR JÄNVÄG – GRÖNA GODSTÅGET; www.transportinnovation.se
72	http://www.trafikverket.se/contentassets/6cf62f49957e4fd5b745e213efd29f43/transportsveriges_viktigaste_steg_for_framtiden.pdf
73	https://www.transportinnovation.se/forumet/fardplan-hct-jarnvag
74	https://www.transportinnovation.se/forumet/fardplan-hct-jarnvag
75	http://www.trafikverket.se/contentassets/c47d91800faf416592d1a6a024bb7d7d/modern_teknik_f_or_godstransporter.pdf
76	http://www.vinnova.se/PageFiles/0/Gr%C3%B6na%20godst%C3%A5g.pdf
77	http://www.elmia.se/Global/Future-Transport/dokument/Future%20Transport%20No%204-10_webb.pdf
78	http://lohr.fr/lohr-railway-system-en/
79	http://www.flexiwaggon.se/
80	http://www.cargobeamer.com/#
81	https://www.transportinnovation.se/forumet/fardplan-hct-jarnvag
82	http://transportnytt.se/nyhetsarkiv/item/1158-tx-logistik-hojer-turtatheten-for-sverigetag
83	http://www.trafikverket.se/contentassets/ab4a395b06254dcc9f983f308fd7cb2d/forskning_om_godstransporter_och_logistik_kth_jarnvagsgrupp_trafik_och_logistik_bo_lennart_nelldal.pdf
84	Linjetåg för småskalig kombitrafik - Analys av marknad och produktionssystem och förslag till pilotprojekt av BO-LENNART NELLDAL GERHARD TROCHE JAKOB WAJSMAN ROBERT SOMMAR
85	http://cct.se/cct1/distribution.html
86	http://www.papperochmassa.se/2015/10/stora-ensos-fyra-s
87	http://transportnytt.se/item/1418-fortums-tagcontainer-bar-20-procent-mer
88	TNO (2015), Robert Janssen, Han Zwijnenberg, Iris Blankers, Janiek de Kruijff, Truck platooning – Driving the future of transportation, https://www.tno.nl/en/about-tno/news/2015/3/truck-platooning-driving-the-future-of-transportation-tno-whitepaper/?utm_campaign=cmp_402557&utm_medium=email&utm_source=getanewsletter
89	Department of Transport and Main Roads, What is the Intelligent Access Program?, Hämtat från: http://www.tmr.qld.gov.au/business-industry/heavy-vehicles/compliance-and-enforcement/intelligent-access-program.aspx
90	Lindholmen Science Park & Trafikverket (2014), A Berndtsson, P Åsman m.fl., Ökad energieffektivitet genom High Capacity Transport, http://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/PDF/141217_high_capacity_transport_2_0_-_final.pdf
91	Lindholmen Science Park & Trafikverket (2014), A Berndtsson, P Åsman m.fl., Ökad energieffektivitet genom High Capacity Transport, http://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/PDF/141217_high_capacity_transport_2_0_-_final.pdf
92	https://www.sa.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/15277/MR1322FactSheet5.pdf , 2016-01-26
93	http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/ParisSep2007/07Vincent8.pdf , 2016-01-26
94	http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/0/AA5443936A6D3A2C8525778400490709?OpenDocument&Query=Home
95	http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/ID/63F9C46189AEF9F585257BF2005C4D0C?OpenDocument&Query=Home
96	http://www.itsknowledgeresources.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/ID/91D43707CBEF160185257EC200710DDE?OpenDocument&Query=Home
97	http://www.itrn.ie/uploads/sesC2_ID138.pdf
98	Näringsdepartementet, Vinnova & NetPort, E-freight, lets make it happen, http://www.bugge.se/wp-content/uploads/2011/02/NET-EfreightBroch.pdf

99	http://www.trafa.se/globalassets/rapporter/aatgaerder_foer_en_effektiv_europeisk_transportpolitik.pdf , 2016-01-26
100	http://www.trafa.se/globalassets/rapporter/aatgaerder_foer_en_effektiv_europeisk_transportpolitik.pdf , 2016-01-26
101	http://www.trafa.se/globalassets/rapporter/aatgaerder_foer_en_effektiv_europeisk_transportpolitik.pdf , 2016-01-26
102	Trafikverket, 2012-03-15, ERTMS i Sverige – nuläge och viktiga vägval, http://www.trafikverket.se/contentassets/a6ff3556fe054c0a8aaed0833aad6950/ertms_sverige_20120315_ny.pdf
103	http://www.trafikverket.se/contentassets/7445bbc7fc0b4a62839a59e5dce3df02/forslag_till_inforandeplan_for_ertms_2015_2025.pdf
104	Trafikverket, 2012-03-15, ERTMS i Sverige – nuläge och viktiga vägval, http://www.trafikverket.se/contentassets/a6ff3556fe054c0a8aaed0833aad6950/ertms_sverige_20120315_ny.pdf
105	https://sv.wikipedia.org/wiki/European_Rail_Traffic_Management_System
106	https://sv.wikipedia.org/wiki/European_Rail_Traffic_Management_System
107	http://trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/lastbilstrafik/lastbilstrafik_2012.pdf
108	http://www.trafikverket.se/ERTMS , 2016-01-25
109	http://farewell.today/
110	http://www.schenker.se/servlet/se.ementor.econgero.servlet.presentation.Main?data.node.id=19448&data.language.id=1&data.document.id=10045 , 2016-01-25
111	http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf , 2016-01-26
112	http://farewell.today/ , 2016-01-26
113	Hilda Karlsson, Rickard Bergqvist, Lars Brigelius, 2014, Avgifter och regler för godstransporter. Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet. Göteborg, Bokförlaget BAS.
114	VTI (Svante Mandell, Björn Carlén), 2014, Landbaserade godstransporter, klimat och styrmedel. www.vti.se/publikationer
115	Miljö- och Energidepartementet, 2013, Fossilfrihet på väg, SOU 2013:84
116	Staffan Johannesson m.fl., 2013, Miljöbyrån Ecoplan, Incitament – styrmedel för tunga fordon.
117	ASEK (Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyl- och analysmetoder inom transportområdet)
118	Trafikverket ASEK 5 1,08 kr/kg på kort sikt (<10 år), 1,45 kr/kg >10 år. Här är enbart ett år inräknat och med värdet 1,08 kr/kg
119	Trafikanalys, 2015, Fordon 2014, http://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/ , LB tab. 1-3.
120	Trafikanalys, 2015, Fordon 2014, http://www.trafa.se/vagtrafik/fordon/ , LB tab. 9-10.
121	Inom EU är det enbart tillåtet med lastbilar som är 18 m långa. Sverige och Finland har dispens att köra 25,25 m långa fordon men enbart inom respektive land. Det betyder att svenska 25,25 m lastbilar inte får köra in i Finland och tvärtom trots dispensen. Hur denna dispens påverkas angående fordon som är 30 m långa är oklart.
122	Anders Ahlbäck och Håkan Johansson, 2015, KNEG - resultatrapport 2015, http://kneg.org/wp-content/uploads/KNEG_Resultatrapport_2015_low.pdf

