



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Trafikens framtida externa effekter

2015-03-24

Lina Jonsson
Sirje Pädam
Gustav Sandkvist

Kund

Trafikanalys

Konsult

WSP Sverige AB
121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10 7225000
Fax: +46 10 7228793
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

Kontaktpersoner

Lina Jonsson

Innehåll

1	Sammanfattning	4
2	Inledning	5
3	Några utgångspunkter	6
3.1	Externa effekter och marginalkostnader	6
3.2	Vilka faktorer påverkar trafikens marginalkostnader	6
3.2.1	Fordonens egenskaper	6
3.2.2	Infrastrukturens egenskaper	7
3.2.3	Befolkningens lokalisering och inkomstutveckling	7
3.2.4	Bakgrunds nivåer av buller och luftföroreningar	7
3.2.5	Styrmedlens betydelse	8
3.2.6	Klimatpolitikens betydelse för hur man ska se på koldioxidutsläpp	8
4	Marginalkostnader 2001-2013	9
4.1	Vägtrafik	10
4.2	Järnvägstrafik	13
4.3	Sjöfart	15
4.4	Flygtrafik	17
5	Trender som påverkar trafikens externa kostnader	18
5.1	Urbanisering och högre inkomster	18
5.2	Elektrifiering	20
5.3	Intelligenta fordon	21
5.4	Utfasning av fossila bränslen	21
6	Framtida externa kostnader för vägtrafiken	24
6.1	Slitage	24
6.2	Avgasemissioner	25
6.3	Koldioxidutsläpp	28
6.4	Buller	30
6.5	Olyckor	31
6.6	Trängsel	33
7	Framtida externa kostnader för spårtrafiken	35
7.1	Järnvägsslitage	35
7.2	Avgasemissioner	35
7.3	Koldioxid	36
7.4	Buller	36
7.5	Olyckor	38
7.6	Knapphet snarare än trängsel	38
8	Framtida externa kostnader för sjöfarten	39
9	Framtida externa kostnader för luftfarten	42
10	Litteraturlista	45

1 Sammanfattning

Det är många olika faktorer som påverkar storleken på trafikens marginalkostnader. Därmed finns det också många tänkbara utvecklingslinjer som har bäring på de framtida marginalkostnaderna. För flera av marginalkostnaderna finns det både faktorer som talar för ökade och minskade kostnader. Teknisk utveckling på fordonssidan och för infrastruktur pekar i riktning mot lägre marginalkostnader för flera av kostnadskomponenterna. Men ökade inkomster och en högre befolkningstäthet i trafikens närhet innebär samtidigt att värderingarna av den olägenhet som trafiken innebär i form av buller, luftföroreningar och olycksrisker ökar.

BNP per capita prognosticeras öka med 32 procent till 2025 och med 60 procent till 2040 vilket innebär att det krävs kraftiga minskningar när det gäller avgasutsläpp, buller och olycksrisker för att uppväga effekten av stigande värderingar på marginalkostnaderna. Huruvida förväntade förbättringar på fordonssidan och i infrastrukturen räcker för att motverka effekten av ökade värderingar och högre befolkningstäthet varierar mellan fordonstyper och var någonstans trafiken kör. För utsläppen av luftföroreningar som kväveoxider och avgaspartiklar förväntas utsläppen från vägtrafiken att minska så mycket att den sammantagna effekten blir minskade marginalkostnader. För marginalkostnaderna för buller är bilden mer splittrad, för t ex godstågen finns goda möjligheter till kraftig bullerreducering genom byte av bromsblock medan det är svårt att se att persontrafiken, som idag har avsevärt lägre marginalkostnader för buller, kan minska sina bulleremissioner så mycket att det kan uppväga effekten av högre bullervärdering och högre befolkningstäthet längs de mest vältrafikerade spåren.

Exemplet med godstågens bromsblock visar också att det är svårt att göra antaganden om framtida marginalkostnader utan att samtidigt göra antaganden om framtida styrmedel. För att tekniska möjligheter ska realiseras krävs incitament och styrmedel.

Som ofta är fallet inom transportsektorn är kunskapsunderlaget när det gäller sjöfart och luftfart mindre än för vägtrafik och järnvägstrafik. För sjöfarten kommer marginalkostnaderna från emissioner att minska medan teknikutvecklingen inom flyget går långsamt och man kan inte förvänta sig så stora förändringar varken till 2025 eller 2040.

Historiken över de tidigare redovisade marginalkostnaderna visar att det i huvudsak är ändrade värderingar och skattningsmetoder som har påverkat de redovisade marginalkostnaderna, trots en samtidig årlig utveckling mot fordon med bättre miljöegenskaper och förbättrad trafiksäkerhet som trafikerar säkrare infrastruktur. De förändringar som har skett gällande t ex avgasutsläpp och trafikolyckor går inte att direkt avläsa i marginalkostnadsskattningarna. Snarare är det uppräknings, t ex med BNP/capita, som kan visualiseras tillsammans med plötsliga trendbrott när nya skattningar eller nya emissionsfaktorer börjar användas.

2 Inledning

Denna rapport är ett av resultaten från ett projekt på uppdrag av Trafikanalys kring hur trafikens externa effekter kan tänkas utvecklas till 2025 respektive 2040. I analysen ingår också att göra en historisk tillbakablick vilket är separat redovisat i form av ett Excelblad.

De negativa externa effekter som trafik kan resultera i är en följd av avgasutsläpp, trafikolyckor, buller och trängsel/knapphet som påverkar andra negativt både i och utanför trafiksystemet. Externa effekter internaliseras på olika sätt bland annat med bränsleskatter och i vissa fall trängselskatter. Även det slitage på och den deformation av infrastrukturen som trafiken ger upphov till är extern ur trafikantens eller transportörens synvinkel i den mån utnyttjandet inte är (marginalkostnads)prissatt. Uppdraget innefattar alla trafikslag och både person- och godstrafik.

I rapporten analyserar vi vilka faktorer som kan tänkas påverka de framtida marginalkostnaderna i olika riktning och gör en bedömning av storleksordningarna. Framtiden är av naturliga skäl oviss men vi försöker i möjligaste mån att diskutera hur troliga olika scenarier är. Vilka styrmedel som antas finnas i framtiden har en stor påverkan på i vilken utsträckning som tillgängliga tekniker som sänker marginalkostnaderna kommer att förverkligas i fordonsflottan och i infrastrukturen. Här för vi resonemang kring tänkbara styrmedels påverkan snarare än att prognosticera vilka styrmedel som kommer att finnas i framtiden.

Projektet har även inkluderat en workshop med inbjudna deltagare från bland annat Trafikanalys, Trafikverket, Naturvårdsverket och Sjöfartsverket där projektets preliminära slutsatser presenterades och diskuterades.

Rapporten är skriven av Lina Jonsson (uppdragsledare), Sirje Pädam samt Gustav Sandkvist.

3 Några utgångspunkter

3.1 Externa effekter och marginalkostnader

En extern effekt innebär att en individs eller ett företags agerande påverkar andras välbefinnande och/eller andra företags produktion, utan att den förorsakande parten tar hänsyn till påverkan. Om påverkan är negativ och värdet av den externa effekten inte internaliseras, det vill säga inkluderas i priset, så kommer omfattningen av externaliteten att bli större än vad som är samhällsekonomiskt lönsamt. Under förutsättning att vi känner till kostnaden för en negativ extern effekt finns det möjligheter att internalisera genom skatter och avgifter.

De externa effekterna består av kostnader för drift, underhåll och reinvestering i infrastrukturen, av trafikens olika säkerhetsproblem och av det buller och de luftföroreningar som uppstår, och också den trängsel och de förseningar som inte med automatik beaktas i ett beslut om att utföra en resa eller en transport.

De externa kostnader som har beräknats i de studier som har genomförts sedan början av 2000-talet är kortsiktiga marginalkostnader. Med marginalkostnad menas den kostnad som uppkommer av att ett extra fordon eller fordonskilometer tillkommer. Begreppet marginalkostnad används för att betona att analysen avser variationer i trafikens omfattning och dess konsekvenser. Det faktum att de är kortsiktiga betyder att det är de kostnader som uppstår på kort sikt.

3.2 Vilka faktorer påverkar trafikens marginalkostnader

För att få en bakgrund till analysen av de framtida marginalkostnaderna redovisas vilka faktorer som påverkar marginalkostnaderna idag.

3.2.1 Fordonens egenskaper

För i princip samtliga kostnadskomponenter har egenskaper hos fordonen betydelse för hur stora marginalkostnader som uppstår. För bilar och tunga vägfordon har avgasreningen betydelse för hur stora avgasutsläpp som blir och bränsleförbrukningen påverkar utsläppen av koldioxid. Även vilket drivmedel som används har betydelse för avgasutsläppen (t ex valet mellan diesel och bensin). Vilka däck som används påverkar både buller, vägslitage och till viss del även risken för trafikolyckor. För tunga vägfordon har vikten och på hur många hjulaxlar den fördelas stor betydelse för vilket vägslitage som fordonen ger upphov till. För trafikolyckor har också fordonsegenskaper stor betydelse, inte bara hur pass väl bilar lyckas skydda sina passagerare utan också existensen av system som förhindrar olyckor, t ex anti-sladd system och autobroms samt hur illa ett fordon skadar andra trafikanter vid en olycka vilket bland annat beror på fordonets vikt i förhållande till övriga fordon i trafiken.

För järnvägsfordon finns en stor variation mellan olika fordon både när det gäller slitage och vilket buller fordonen orsakar. För olyckor (med övriga trafikanter) har däremot järnvägsfordonens egenskaper i princip ingen betydelse. För sjöfarten finns en stor variation mellan olika fordon när det gäller emissioner, både när det gäller

kväveoxider, svavel och koldioxid där såväl bränsleval, reningsutrustning och bränsleförbrukning har betydelse. För luftfarten är det främst skillnader i bullernivå och bränsleförbrukning som ger en variation i marginalkostnaderna mellan olika flygplan.

3.2.2 Infrastrukturens egenskaper

Även infrastrukturen kan i framtiden förändras vilket leder till ändrade marginalkostnader. För vägtrafiken påverkar vägbeläggningen både buller, vägslitage och trafiksäkerhet. För trafiksäkerheten har också egenskaper som mittseparering betydelse. Hastighetsgränser påverkar fordonens faktiska hastighet vilket i sin tur har betydelse både för trafiksäkerheten, buller och bränsleförbrukning och därmed koldioxidutsläpp.

För järnvägssystemet har kvaliteten på räls och banvall betydelse för det slitage och buller som ett givet fordon ger upphov till. För sjöfartens och luftfartens externa marginalkostnader har däremot infrastrukturen en mindre betydelse.

3.2.3 Befolkningens lokalisering och inkomstutveckling

Marginalkostnaderna till följd av buller och luftföroreningar uppstår till stor del genom påverkan på människor i trafikens närhet. Hur befolkningen är lokaliserad i förhållande till trafikarbetet har därmed en stor betydelse för hur stora marginalkostnader som uppstår.

För de marginalkostnader som är relaterade till störning eller påverkan på hälsa värderas störning och hälsoeffekter med hjälp av betalningsviljestudier för att undvika buller eller förtida död. Inkomsterna har en stor betydelse för hur betalningsviljan utvecklas och högre inkomster innebär därmed högre värderingar av buller och hälsa.

3.2.4 Bakgrundsnivåer av buller och luftföroreningar

För luftföroreningar har bakgrundshalten betydelse för hur pass mycket ytterligare ett gram utsläpp påverkar hälsan. Här finns icke-lineariteter och tröskeffekter som gör att ett visst utsläpp kan ge upphov till betydligt större kostnader om bakgrundshalten är hög än om bakgrundshalten är låg. Förbättrad luftkvalitet generellt innebär därmed att marginalkostnaden från avgasutsläpp sjunker.

För buller finns det två mekanismer som går i varsin riktning. Vid en hög bakgrundsbullernivå kommer ett ytterligare fordon att bidra mindre till den sammanlagda bullernivån än när bakgrundsbullret är lågt. Detta gör att marginalbullret minskar vid högre generell bullernivå. Å andra sidan innebär en ökning med t ex 1 dB en större förändring i störning vid en redan hög bullernivå än vid en låg bullernivå. Denna mekanism gör alltså att marginalkostnaden stiger vid högre bakgrundsbullernivåer. I många fall tar dessa effekter ut varandra och nettoeffekten kan gå åt olika håll men är ofta relativt liten.

3.2.5 Styrmedlens betydelse

Vilka styrmedel som finns har en stor påverkan på de val som görs gällande fordon, rutter och beteende i trafiken. Hastighetsgränser har betydelse för val av hastighet, avgaskrav har betydelse för vilka utsläpp som fordon ger upphov till och skatteregler eller kvantitetsregleringar som kvotplikt avgör i vilken utsträckning som fossila drivmedel ersätts med biodrivmedel för att bara nämna några exempel. Men förutom att styrmedel påverkar storleken på trafikens marginalkostnader påverkar styrmedel också i vilken utsträckning som dessa kostnader kan antas vara internaliserade.

För att en kostnad ska antas vara fullt internaliserad krävs att den som fattar beslut om att och hur en transport ska genomföras också möter den fulla kostnaden som uppstår till följd av beslutet. I realiteten uppstår detta sällan, många av de faktorer som påverkar marginalkostnadens storlek är svåra att exakt lägga över på den som fattar beslutet om transporten eller att reglera. Ett mer pragmatiskt förhållningssätt är att säga att för att ett styrmedel ska internalisera en marginalkostnad bör det vara relaterat till mängden trafik (t ex antalet fordonskm eller bränsleåtgång) och styrmedlet ska också ha en rimlig grad av differentiering utifrån de egenskaper som påverkar marginalkostnadens storlek.

3.2.6 Klimatpolitikens betydelse för hur man ska se på koldioxidutsläpp

En fråga som behöver hanteras i en framtid där fossila drivmedel till åtminstone viss del ersätts med biodrivmedel och elektricitet är hur eventuella koldioxidutsläpp från produktion av biodrivmedel eller elektricitet ska hanteras. Idag beräknas koldioxidutsläppen från trafik med bensin- och dieseldrivna fordon utifrån bränslenas innehåll av fossilt kol. Enligt denna logik ger biodrivmedel och elanvändning inte upphov till några som helst koldioxidutsläpp (inom transportsektorn) och därmed inga marginalkostnader för koldioxidutsläpp. Är detta en bra och relevant hantering, eller spelar det roll om och till vilken grad utsläppen av koldioxid också är internaliserad i produktionen av respektive bränsle t.ex. med en koldioxidskatt?

Oberoende av svaret på frågan bör utsläppen av koldioxid hanteras på ett konsistent sätt oavsett om de uppstår genom att man förbränner fossila drivmedel i ett fordon eller om de uppkommer vid produktion av elektricitet eller biodrivmedel.

Hur man nu än ser på internaliseringsfrågan kan det dock vara relevant att fundera över hur värderingen av koldioxidutsläpp sedd som kostnaden för utsläppsminskningar kommer att utvecklas i framtiden. Med skärpta utsläppsmål är det rimligt att föreställa sig att kostnaden för ytterligare utsläppsminskningar kommer att stiga, i synnerhet jämfört med dagens mycket låga pris på utsläppsrätter. Ökad ekonomisk utveckling globalt och därmed ökad efterfrågan på bland annat energi kan också pressa kostnaderna uppåt. En global klimatpolitik som omfattar samtliga sektorer kan dock också innebära att man i större utsträckning än idag gör utsläppsminskningar till lägsta möjliga kostnad vilket kan pressa ned kostnaden för utsläppsminskningar. Fram mot 2040 är det inte heller orimligt att föreställa sig att tekniska framsteg kan ha lett fram till nya billiga tekniker för utsläppsreduktion, t ex genom koldioxidavskiljning och lagring från både fossila källor och biomassa.

4 Marginalkostnader 2001-2013

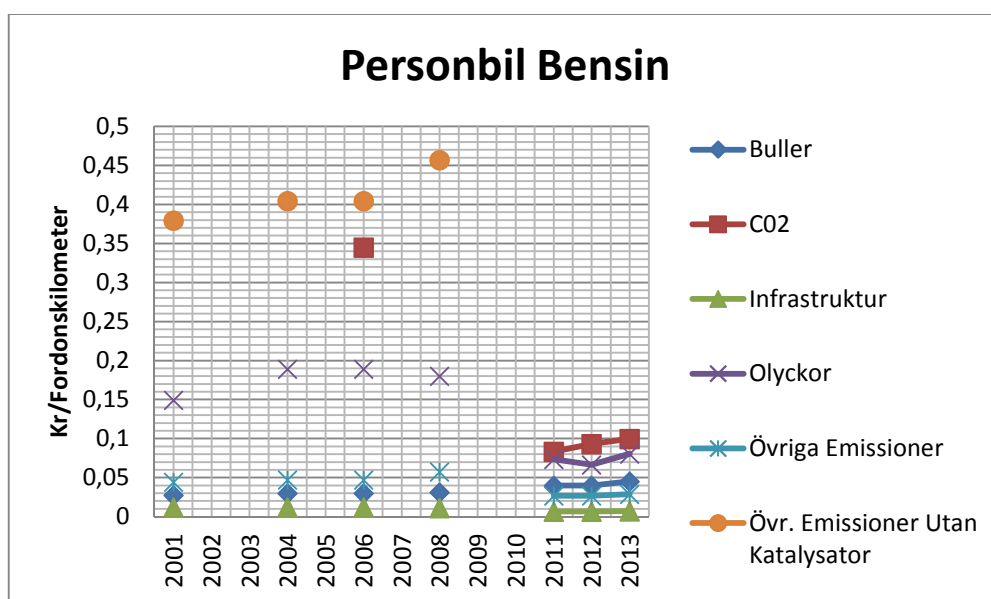
Som en del i detta uppdrag har en genomgång gjorts av de marginalkostnadsskattningar som tagits fram av ansvariga svenska myndigheter från 2001 och fram till idag. Denna genomgång redovisas i form av en Excelfil. I detta avsnitt presenterar vi några figurer över utvecklingen och beskriver vad som är de drivande faktorerna bakom de trendlinjer som ses. Följande källor har använts för historiken:

Tabell 1. Använda källor för historiken.

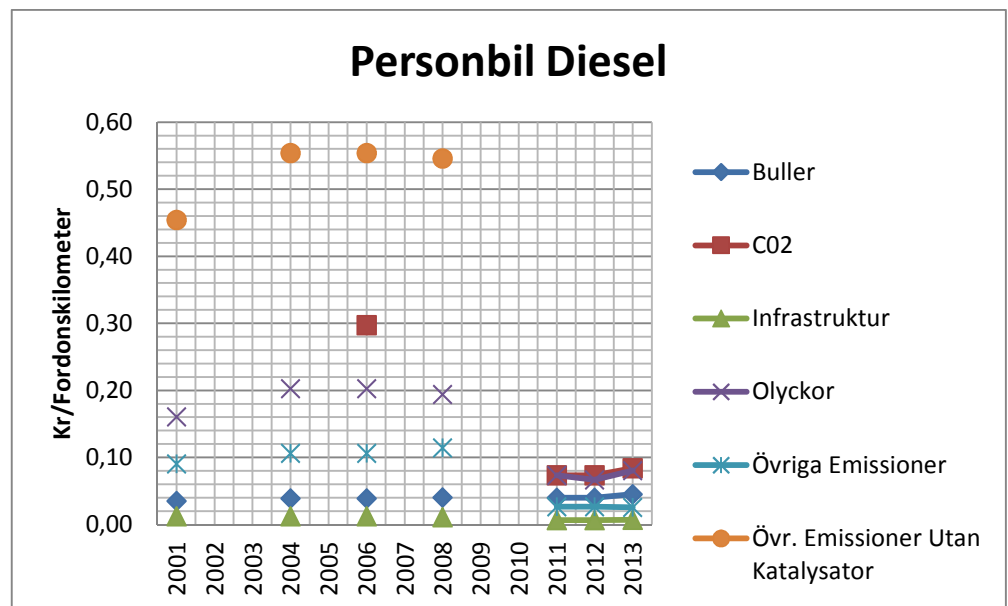
	Vägtrafik	Järnvägstrafik	Sjöfart	Luftfart
2001	Trafikens externa effekter Rapport 2001:7, SIKA			
2002				
2003	Trafikens externa effekter - Uppföljning och utveckling 2003, SIKA Rapport 2004:4	Trafikens externa effekter - Uppföljning och utveckling 2003, SIKA Rapport 2004:4		Trafikens externa effekter - Uppföljning och utveckling 2003, SIKA Rapport 2004:4
2004	Trafikens externa effekter. PM 2005:3, SIKA	Trafikens externa effekter. PM 2005:3, SIKA		
2005				
2006	Vägtrafikens externa effekter 2006, PM 2007:1, SIKA			
2007		Järnvägens externa effekter 2007 PM 2008:1, SIKA		
2008	Samhällsekonomska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 4, SIKA PM 2008:3	Samhällsekonomska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 4, SIKA PM 2008:3		Flygtrafikens externa effekter och internaliseringsgrad 2008. PM 2009:1, SIKA
2009			Sjöfartens Externa effekter 2009 PM 2010:1, SIKA	
2010				
2011	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader – rapport 2012, Trafikanalys Rapport 2012:3	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader – rapport 2012, Trafikanalys Rapport 2012:3	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader – rapport 2012, Trafikanalys Rapport 2012:3	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader – rapport 2012, Trafikanalys Rapport 2012:3
2012	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader 2013, Trafikanalys Rapport 2013:3	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader 2013, Trafikanalys Rapport 2013:3	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader 2013, Trafikanalys Rapport 2013:3	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader 2013, Trafikanalys Rapport 2013:3
2013	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader 2014 Bilagor, Trafikanalys PM 2014:3	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader 2014 Bilagor, Trafikanalys PM 2014:3	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader 2014 Bilagor, Trafikanalys PM 2014:3	Transportsektorns samhällsekonomska kostnader 2014 Bilagor, Trafikanalys PM 2014:3

4.1 Vägtrafik

I Figur 1 visas utvecklingen för bensindrivna personbilar medan Figur 2 visar hur de skattade marginalkostnaderna för dieseldrivna personbilar utvecklats från 2001-2013. För koldioxidutsläppen syns en kraftig minskning från 2006 då värderingen 1,50 kr/kg användes och marginalkostnadsskattningen från 2011 där 1,08 kr/kg användes. Hela förändringen kan dock inte förklaras av koldioxidvärderingen.



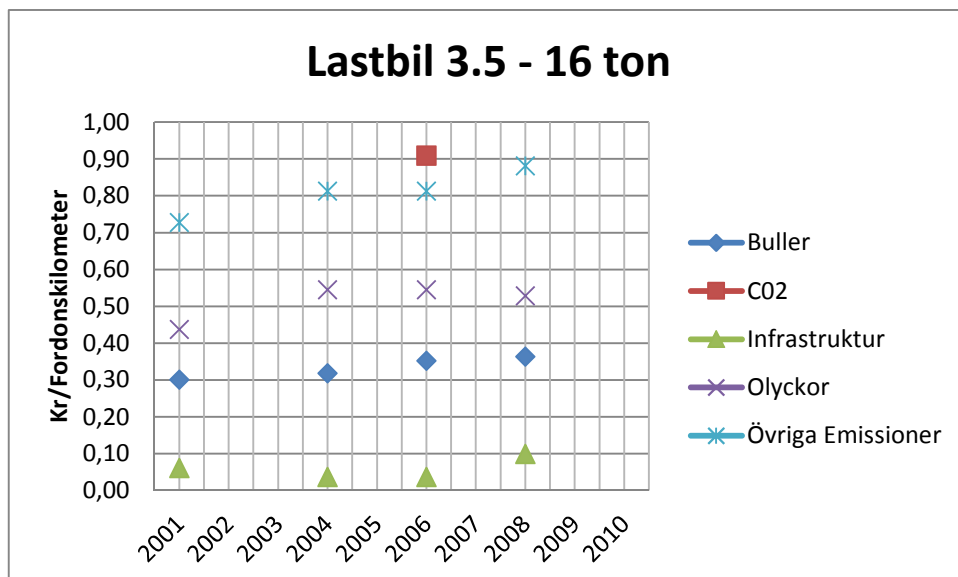
Figur 1. Externa kostnader för vägtrafik, personbil bensin, kr/fordonskilometer.



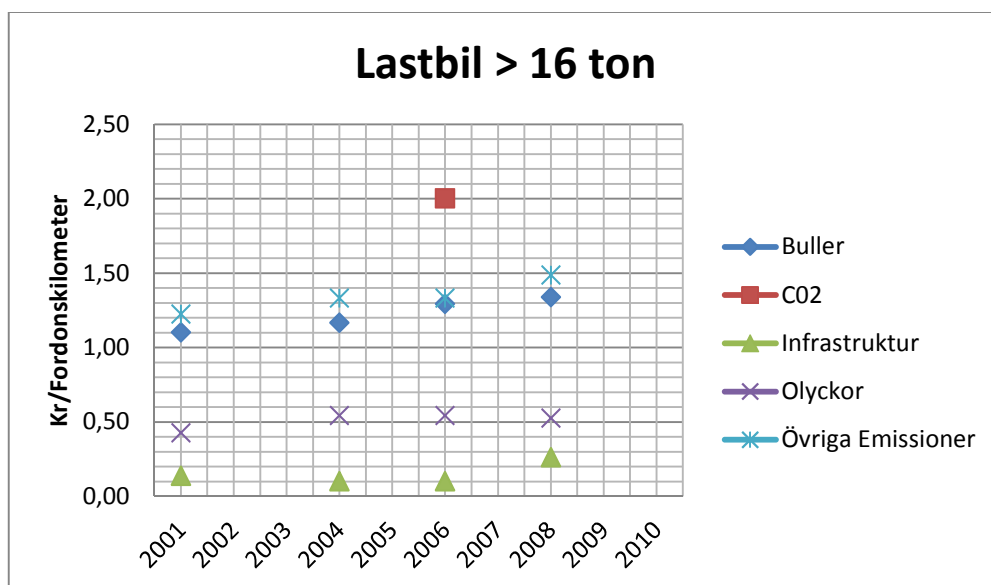
Figur 2. Externa kostnader för vägtrafik, personbil diesel, kr/fordonskilometer.

För den tunga vägtrafiken redovisades fram till och med 2008 marginalkostnaderna uppdelade på fordon 3,5–16 ton samt lastbilar tyngre än 16 ton viktade för med och utan släp. Efter 2008 redovisades istället endast lastbilar över 16 ton men uppdelat för lastbilar med och utan släp. Detta gör att det är svårt att jämföra värdena över hela tidsperioden 2001-2013. Istället redovisas i Figur 3 utvecklingen för lastbilar 3,5–16 ton för åren 2001 till 2008 och i Figur 4 utvecklingen för lastbilar över 16 ton under samma tidsperiod. De stora förbättringar som skedde gällande avgasut-

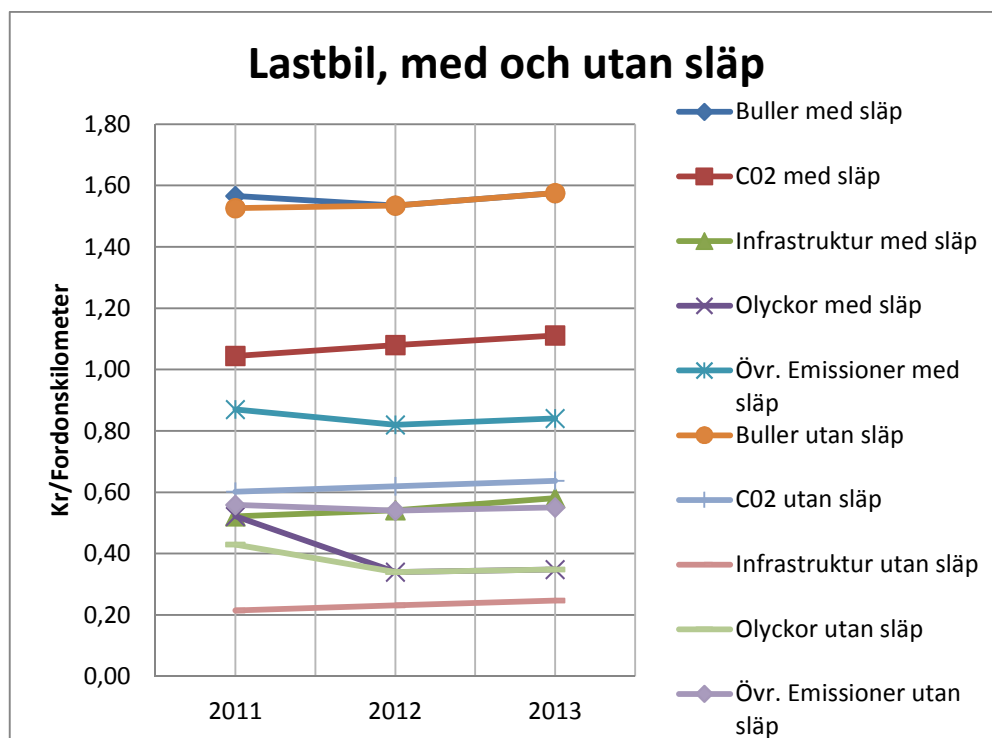
släppen under perioden syns inte i figurerna. I Figur 5 som redovisar de marginalkostnaderna för lastbilar över 16 ton uppdelat på fordon med och utan släp har dock marginalkostnaden för emissioner sjunkit kraftigt jämfört med tidigare.



Figur 3. Externa kostnader för vägtrafik, lastbil 3,5–16 ton, kr/fordonskilometer.



Figur 4. Externa kostnader för vägtrafik, lastbil över 16 ton, kr/fordonskilometer.



Figur 5. Externa kostnader för vägtrafik, lastbil med och utan släp, kr/fordonskilometer

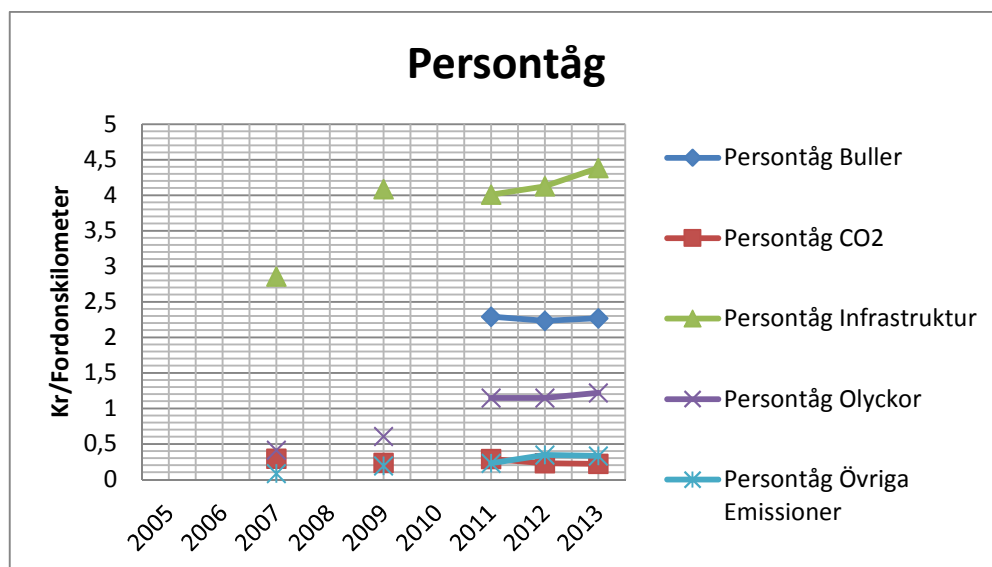
Förändringarna gällande emissioner som kan ses i figurerna ovan kan jämföras med hur mycket de genomsnittliga avgasutsläppen har minskat mellan 2001-2013 enligt Trafikverkets HBEFA-modell i Tabell 2.

Tabell 2. Förändring i utsläpp per fordonskm 2001-2013 enligt Trafikverkets HBEFA-modell Excelblad lämnat av Trafikverket.

	CO ₂	NO _x	Avgaspartiklar
Personbil bensin	- 16 %	1 %	- 52 %
Personbil diesel	- 15 %	- 68 %	- 86 %
Tung lastbil	- 2%	- 44 %	- 69 %

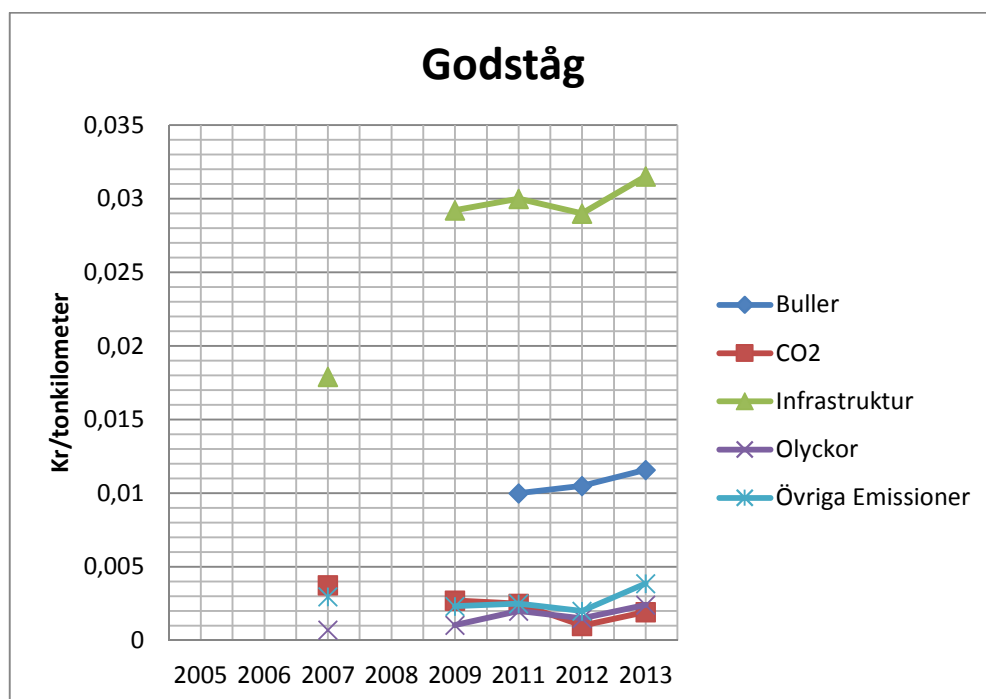
4.2 Järnvägstrafik

För järnvägstrafiken redovisar vi beräkningar från 2007 och fram till 2013. För persontågen ses i Figur 6 hur marginalkostnaderna för infrastruktur och olyckor ökat. Detta beror dock inte på att nya persontåg sliter mer på rälsen eller att antalet plan-korsningsolyckor ökat över tiden utan på att nya skattningar tagits fram som visar högre marginalkostnader än vad som tidigare antagits.



Figur 6. Externa kostnader på järnväg, persontåg kr/fordonskilometer.

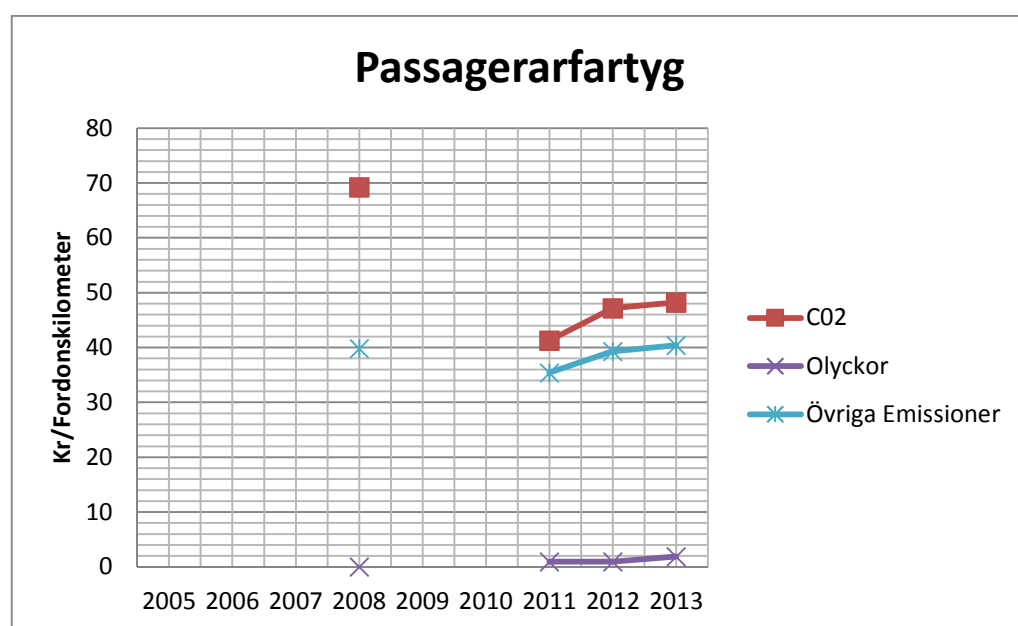
För godstågen i Figur 7 ges en liknande bild med ökade marginalkostnader för infrastruktur och olyckor, samt här till också för buller.



Figur 7. Externa kostnader på järnväg, godståg, kr/tonkilometer.

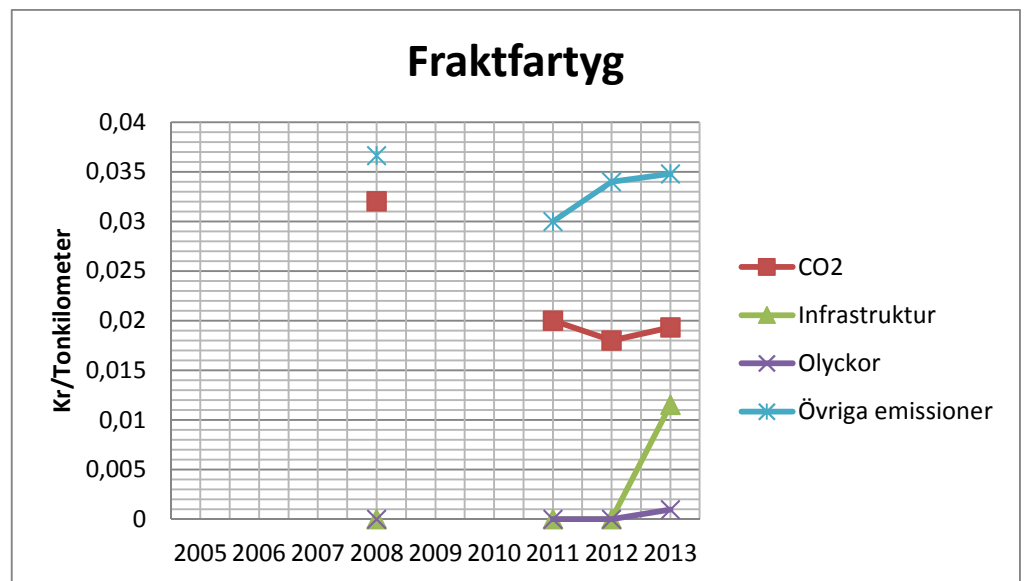
4.3 Sjöfart

Figur 8 visar utvecklingen för marginalkostnadsberäkningarna för passagerarfartyg medan Figur 9 visar utvecklingen för fraktfartyg.



Figur 8. Externa kostnader sjöfart, passagerarfärja kr/fordonskilometer.

De externa kostnaderna för koldioxidutsläpp från passagerarfartyg minskade mellan 2008 och 2011 på grund av att koldioxidvärderingen skrevs ner från 1,50 kr per kg/CO₂ till skattesatsen 1,08 kr per kg/CO₂. Ökningen av kostnaden för koldioxid och övriga emissioner under de tre sista åren i tidsserien beror på att värderingen justerats med BNP per capita. Skillnaden i extern kostnad för övriga emissioner kan bero på att i 2011 års data ingår enbart kostnaden för kväveoxid, medan det i 2008 års underlag ingår även kostnader för svaveloxider och flyktiga organiska ämnen (VOC). Den externa olyckskostnaden baseras på en andel av farledsavgiften som kan kopplas till fartygsberoende kostnader för sjösäkerhet och den steg mellan 2012 och 2013.

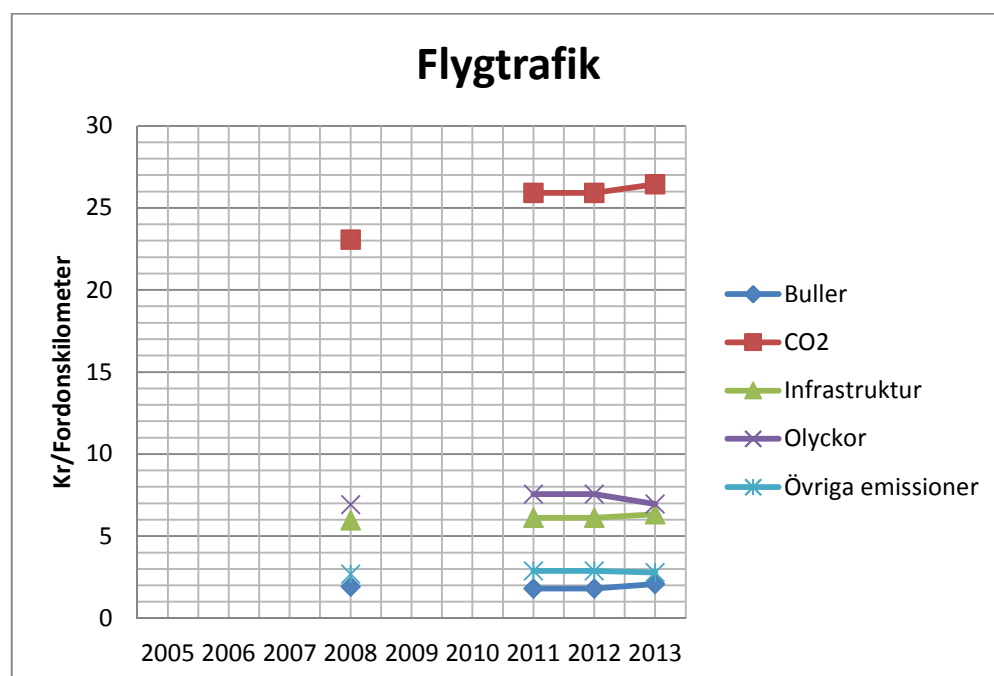


Figur 9. Externa kostnader sjöfart, fraktfartyg kr/tonkilometer.

I uppföljningen av fraktfartygens marginalkostnader kan en liknande utveckling ses som för passagerarfartygen. Koldioxidkostnadens variation under perioden 2011-2013 beror dock på att uppgifterna redovisades med tre decimaler 2012 och med två decimaler 2011 och 2013. Till skillnad från passagerartrafiken redovisas kostnader för sjöfartens infrastruktur på fraktsidan. Från och med år 2013 har infrastrukturkostnaderna kompletterats och kostnader för isbrytning har tillkommit.

4.4 Flygtrafik

Under perioden som flygets externa kostnader har ingått i uppföljningarna av transportsektorns marginalkostnader (2008, 2011-2013) har kostnaderna legat på ungefär samma nivå vilket kan ses i Figur 10. Endast koldioxidkostnaderna har justerats. Kostnaderna för övriga emissioner och den för buller är nästan konstanta mellan åren. Olyckor och infrastruktur baseras på åtgärdskostnader, men inte heller de har förändrats nämnvärt. I tidsserien över flygets externa effekter ökar emellertid kostnaden för CO₂ mellan 2008 och 2011. Den borde ha minskat eftersom det i underlagsrapporten (Trafikanalys 2012) redovisas att utsläppen av koldioxid räknats om från värderingen i ASEK4 till den i ASEK5: från 1,50 kr/kg till 1,08 kr/kg. Ökningen mellan 2012 och 2013 beror på att kostnaden för CO₂ och buller räknats upp med BNP per capita.



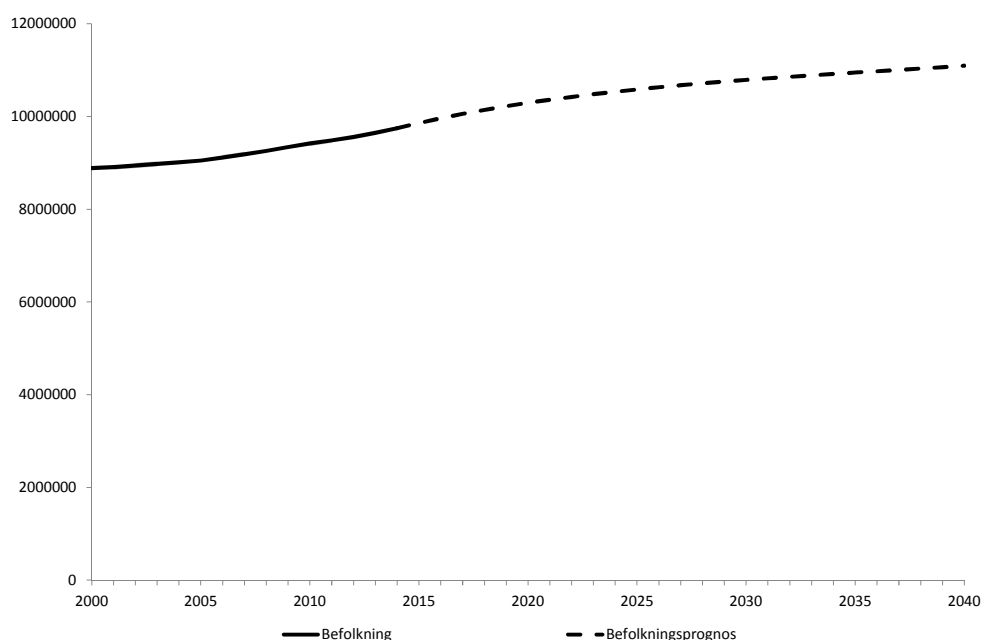
Figur 10. Externa kostnader luftfart, typflygning passagerarplan, kr/fordonskilometer.

5 Trender som påverkar trafikens externa kostnader

5.1 Urbanisering och högre inkomster

Befolkningsutvecklingen påverkar de framtida externa effekterna eftersom en större befolkning innebär att fler personer berörs av störningar per fordonskilometer.

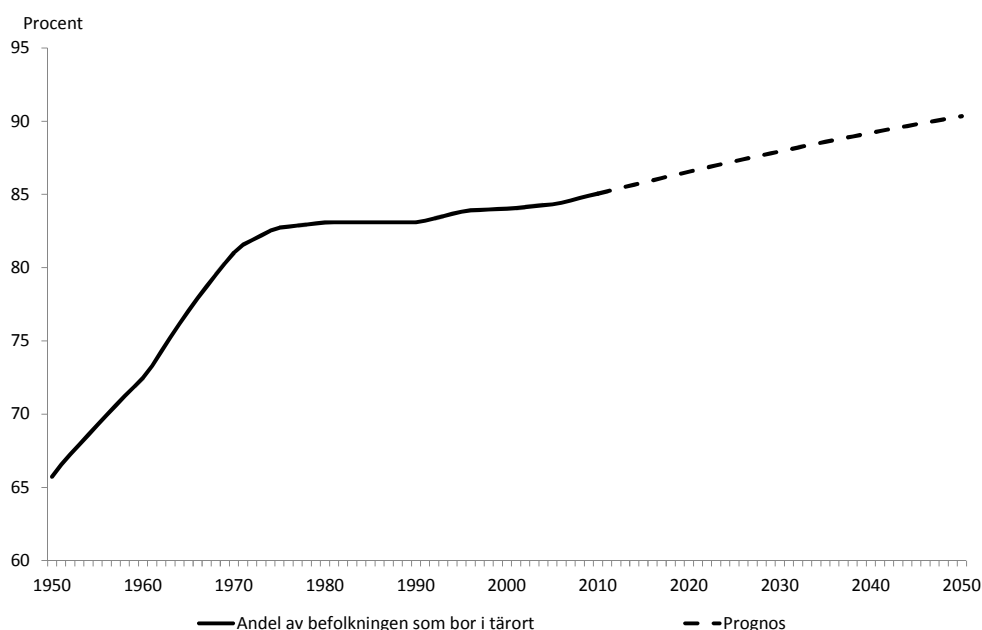
Befolkningstillväxten har sedan år 2000 varit relativt snabb jämfört med utvecklingen sedan slutet av 1960-talet. Mellan 2000 och 2013 var den genomsnittliga befolkningsökningen 0,64 procent per år, vilket kan jämföras med 0,32 procent per år mellan 1970 och 2000. I Statistiska centralbyråns senaste befolkningsprognos (från april 2014) räknar man med en befolkningstillväxt på i genomsnitt 0,5 procent per år mellan 2014 och 2040. Här bedöms utvecklingen avta över tiden, men vara relativt snabb fram till 2025 och växa med i genomsnitt 0,75 procent per år.



Figur 11. Sveriges befolkning 2000-2013, prognos 2014-2040. Källa: Statistiska centralbyrån

Under 1900-talet har Sverige urbaniserats och trenden mot ökad befolkningsandel i tätorter har hållit i sig under de senaste 50 åren. Cirka 65 procent av befolkningen bodde i tätort 1950. År 2010 var andelen cirka 85 procent, vilket innebär att cirka 8 miljoner invånare bodde i tätort av Sveriges dåvarande totala befolkning på 9,4 miljoner. Enligt FN:s prognos kommer urbaniseringstrenden att fortsätta. Till 2050 väntas cirka 90 procent av Sveriges befolkning bo i tätort. År 2025 väntas andelen vara

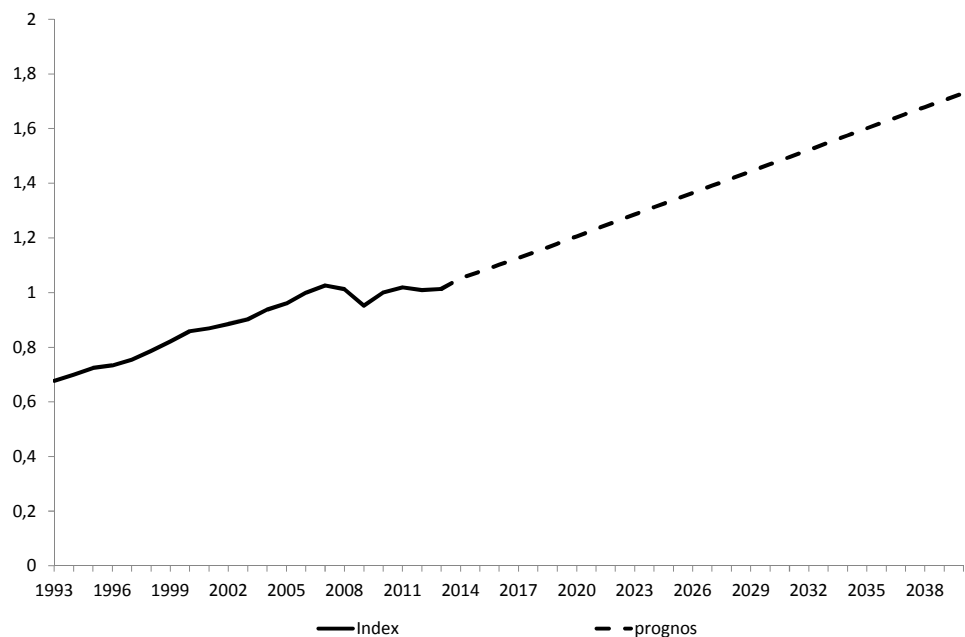
cirka 87 och år 2040 cirka 89 procent. Mot bakgrund av att befolkningen ökar, kommer cirka 9,2 miljoner respektive 9,9 miljoner invånare att bo i tätort 2025 och 2040. En ökande tätortsbefolkning väntas innebära att allt fler utsätts för trafikbuller och lokala luftföroreningar. Enligt den europeiska miljöbyråns uppskattningar utsätts idag minst hälften av tätortsborna av förhöjda bullervärden (> 55 dB) och nästan alla stadsbor (96 procent) utsätts för partikelhalter ($PM_{2,5}$) som ligger över världshälsoorganisationen WHO:s rekommendationer (EEA, 2013).



Figur 12. Andel i procent av Sveriges befolkning som bor i tätort 1950-2050

Källa: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, CD-ROM Edition.

En del av värderingarna som är kopplade till de externa effekterna ökar med inkomsten. Hit hör till exempel hur människor värderar olyckor, buller och luftföroreningar. Under 20-årsårsperioden 1993 till 2013 ökade inkomsterna räknat som BNP per capita med cirka 50 procent. Inkomstökningen var snabbare i början av perioden i och med att ökningen i BNP per capita mellan 2001 och 2013 varit 17 procent, vilket motsvarar cirka 2,4 procents ökning per år. I OECD:s senaste prognos väntas inkomsterna per capita öka med cirka 32 procent mellan 2013 och 2025 och med drygt 60 procent mellan 2013 och 2040.



Figur 13. BNP per capita 1993-2013, prognos 2014-2040 Källa: SCB och OECD

5.2 Elektrifiering

Det är i huvudsak för vägtrafiken som en elektrifiering kan förändra trafikens externa kostnader. Huvuddelen av det svenska järnvägsnätet är redan elektrifierat och om man ser till de sträckor som är mest trafikerade är andelen eldrift ännu högre. För sjöfarten kan eldrift bli aktuell på korta sträckor som bilfärjelinjer och för pendelbåtstrafik men knappast för långväga transporter. Inte heller för flyg är elektrifiering ett alternativ.

Ett exempel på att utvecklingen på korta rutter redan är i gång inom sjöfarten är att den första batteridrivna bilfärjan tas i bruk i januari 2015 då Zero Cat 120 ska börja trafikera sträckan Lavik–Oppedal i Sognefjorden i västra Norge. Fartyget tar 360 passagerare, 120 bilar och har en marschfart på 10 knop. Det är en sträcka som tar cirka 20 minuter. Färjan laddas under de tio minuter den ligger vid kaj¹.

För bussar, personbilar, motorcyklar och lätta lastbilar finns redan idag fordon som försörjs via batterier medan det för långväga lastbilstrafik krävs någon form av kontinuerlig strömförsörjning då batterier blir alldeles för tunga.

Ett eldrivet fordon ger till skillnad från ett bränsle drivet dito inte upphov till några avgaser från avgasröret. Motorbullret är också lägre från en elmotor jämfört med en förbränningsmotor vilket har betydelse för bulleremissionen vid låga hastigheter, upp till cirka 50 km per timme. Vid högre hastigheter dominerar däcksbullret vilket gör att det lägre motorbullret förlorar sin betydelse. En övergång till eldrift minskar

¹ http://www.testsitesweden.com/sites/default/files/content/PDF/electrified_public_transport_may_21_edmund_tolo.pdf

därmed marginalkostnaderna för luftföroreningar samt buller framför allt i tätorter. Genom en övergång till eldrift försvinner de koldioxidutsläpp som uppkommer genom förbränning av bensin och diesel men istället uppstår koldioxidutsläpp genom elproduktionen. Dessa utsläpp bör hanteras på ett konsistent sätt oavsett om de uppstår genom att man förbränner fossila drivmedel i ett fordon eller om de uppkommer vid produktion av elektricitet eller biodrivmedel.

Då det är skatten på drivmedel som idag används för att internalisera vägtrafikens externa kostnader innebär en övergång till eldrift att internaliseringsgraden per definition blir noll procent. För att kunna internalisera eldriven vägtrafiks externa kostnader behöver man alltså hitta en ny skattebas att beskatta. Ett naturligt val kan vara att beskatta själva körsträckan, dvs. en avståndsbaserad vägskatt.

5.3 Intelligenta fordon

Aktiva säkerhetssystem som griper in när föraren inte i tid agerar finns redan idag i många nya personbilar och även tunga fordon. Ett exempel som har visat sig ha goda trafiksäkerhetseffekter är autobroms. Även system som hjälper eller i vissa fall tvingar föraren att hålla hastighetsgränsen kan minska olycksriskerna framöver.

De nya marginakostnadsskattningarna för trafikolyckor som gjordes inom VTI:s marginakostnadsuppdrag visar på mycket låga marginalkostnader på det statliga vägnätet. När det gäller olyckor i tätorter, där väghållaren i de allra flesta fall är kommunal, är förmodligen marginalkostnaderna högre. Det är framför allt för olyckor i tätorter, i synnerhet där oskyddade trafikanter är inblandade, där system såsom autobroms kan minska olyckskostnaderna i framtiden.

För tung trafik finns också exempel på tekniska lösningar för kolonnkörning, s.k. platooning, där fordonen kan ligga mycket tätt efter varandra och minska luftmotståndet och därmed energianvändningen. System där fordon kommunicerar med varandra och därmed kan hålla kortare avstånd kan också påverka i vilken utsträckningen fordonen påverkar övrig trafikrytm och trängsel.

Självkörande fordon är den mest extrema formen av tekniska system som avlastar föraren. Helt självkörande fordon som alltså kan köra i trafikmiljön utan att någon person sitter i bilen är fortfarande en bra bit bort men skulle, om de blir verklighet, kunna förändra hur bilar används.

Generellt kan olika tekniska system som ökar kontrollen i trafiken, t ex genom att kontrollera hastigheter, att fordon håller sig inom ett utpekat vägnät och att maxlaster inte överträds sänka de genomsnittliga marginalkostnaderna.

5.4 Utfasning av fossila bränslen

Vilket drivmedel som används påverkar utsläppen av luftföroreningar och koldioxid. Även om avgaskraven för bensin- och dieslbilar har närmat sig varandra så finns det fortfarande skillnader vid drift i verklig trafik till dieslbilarnas nackdel. Trafikverket anger i sin prognos över framtida utsläppsnivåer att en genomsnittlig bensindriven personbil 2015 släpper ut hälften så mycket kväveoxider per fordonskm som en genomsnittlig dieslbil. Denna skillnad minskar över tiden så att

bensinbilen 2025 släpper ut 56 procent av dieslbilens utsläpp och 2035 65 procent av dieslbilens utsläpp. För avgaspartiklar anges att bensinbilar år 2015 endast släpper ut 19 procent av den genomsnittliga dieslbilens utsläpp vilket stiger till 28 procent år 2025 och 35 procent år 2035. Det förväntas alltså i relativa tal finnas betydande skillnader mellan utsläppen av luftföroreningar mellan bensin- och dieselfordon även så långt fram i tiden som 2035. Däremot förväntas de absoluta nivåerna av luftföroreningar att sjunka för både bensin- och dieslbilar vilket gör att de absoluta skillnaderna mellan bensin- och dieslbilar minskar i större utsträckning än de relativa skillnaderna. Fördelningen mellan bensin- och dieslbilar har därmed en betydelse för den genomsnittliga marginalkostnaden även i framtiden om än i mindre utsträckning än idag.

En övergång till biodrivmedel kan både ske genom att blanda in drivmedel från icke-fossil råvara i bensin och diesel eller genom att särskilda biodrivmedel ersätter bensin och diesel. Valet av drivmedel kan ha en viss betydelse för avgasutsläppen men förmodligen kommer avgaskraven att leda till att framtida biodrivmedels avgasutsläpp kommer att vara i ungefär samma storleksordning som för bensin och diesel. Om övergången sker genom inblandning, t ex av HVO i diesel, blir förmodligen effekterna på marginalkostnaden för luftföroreningar negligerbar. Vi gör därför ingen särskild analys av vilka drivmedel som är troliga i framtiden.

För sjöfarten innebär svaveldirektivet att man redan idag till viss del byter bränsle från tjockolja till LNG och metanol med fossil råvara.² Det finns idag inga styrmedel som gör det realistiskt med en övergång till biodrivmedel men rent tekniskt finns inga svårigheter att gå från förvätskad naturgas till förvätskad biogas eller från metanol baserad på fossila källor till metanol från biomassa. Här kan man alltså tänka sig en övergång till biodrivmedel utan att man ändrar på den kemiska strukturen hos bränslet. En övergång till biodrivmedel från LNG och metanol bör alltså inte påverka marginalkostnaderna för emissioner (bortsett från CO₂).

Vid förbränning avger LNG mindre utsläpp av partiklar, kväveoxid och koldioxid, jämfört med oljedrift. LNG innehåller inget svavel. För att reducera utsläppen av växthusgaser pågår arbete med att minska metanslipp (läckage) i samband med förbränningen och hanteringen.

Metanol framställs av till exempel naturgas eller biomassa. Bränslet ger låga utsläppsnivåer och klarar de hårdare svavelkraven som införs 2015. Energiinnehållet i metanol är cirka hälften jämfört med fossilt bränsle.

Även om det tekniskt sett är möjligt att införa alternativa flygbränslen är kostnaden högre än inom andra transportslag eftersom det krävs fler processteg för att producera flygbränsle. Detta innebär både högre kostnader och sämre energieffektivitet i

² EU:s svaveldirektiv (1999/32/EG, artikel 4 med ändring enligt direktiv 2005/33/EG) reglerar bland annat svavelhalten i marint bränsle som inom en stats sjöterritorium inte får överstiga 0,1 viktprocent. Inom Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen (s.k. SECA-området) tillåts från 1 juli 2010 en svavelhalt om 1,0 viktprocent för marint bränsle och från den 1 januari 2015 skärps kravet till 0,1 viktprocent.

omvandlingen. Hagström (2014) menar att det idag är mer kostnads- och energiefektivt att använda förnyelsebara drivmedel inom andra transportslag än luftfarten.

6 Framtida externa kostnader för vägtrafiken

6.1 Slitage

Vägslitage kan delas upp i drift- och underhållskostnader samt reinvesteringar.

Drift- och underhåll brukar i sin tur delas upp i underhåll, vinterväghållning samt övrig drift. Denna uppdelning är grundad i hur Trafikverket delar upp sina kostnader i sin bokföring snarare än baserad på någon teori kring hur kostnaderna uppstår. Marginalkostnaderna för drift- och underhållskostnader brukar beräknas som produkten av en kostnadselasticitet som fångar hur den aktuella kostnadsposten varierar med trafikeringen och en genomsnittskostnad per fordonskm för den aktuella kostnadskategorin (Nilsson & Johansson, 2014). En förändring i marginalkostnaden kan alltså både uppkomma genom att någonting förändras som påverkar hur kostnaderna varierar med trafikeringen (elasticiteten) eller genom att själva genomsnittskostnaden förändras, t ex genom att förändringar i anläggningsbranschens produktivitet.

Reinvesteringar, vilket innebär större åtgärder som innebär att vägen återgår i den standard som vägen ursprungligen hade, brukar beräknas genom en analys av hur perioden mellan reinvesteringar påverkas av trafikmängden. Här är det i huvudsak den tunga trafiken som påverkar hur vägen bryts ned. Marginalkostnaden ses här som den kostnad som uppstår då man tvingas tidigarelägga en planerad reinvestering på grund av att trafiken blir större än vad som tidigare beräknades.³ Marginalkostnaden för reinvesteringar brukar beräknas utifrån fyra kostnadskomponenter; elasticitet, genomsnittskostnad, räntekostnad och en osäkerhetskostnad (Nilsson & Johansson, 2014).

Vägslitage uppstår i kontakten mellan däck och vägbanan. Både egenskaperna hos själva fordonet (däck och axeltryck) och egenskaperna hos infrastrukturen har alltså betydelse.

För vägbeläggningen har en viss minskning skett i stenstorlek under senare år för att minska det buller som uppstår mellan däck och väg. Även vissa andra förändringar har skett eller förväntas ske när det gäller vägbeläggningar för t ex minskat rullmotstånd. För vägslitage innebär dessa förändringar något högre marginalkostnader, både genom ett större slitage och till viss del genom högre genomsnittskostnader (dyrare beläggningstyper).

Dubbdäcken utvecklas mot allt mindre slitage vilket minskar lätta fordons slitagekostnader. En lägre andel dubbdäck minskar också slitaget i form av slitagespår från lätta fordon. Enligt Trafikverket (2014b) minskade dubbdäcksandelen mellan 2010 och 2014 och eventuella styrmedel i form av t ex skatt på dubbdäck kan ytterligare förstärka utvecklingen mot minskad andel dubbdäck. Färre dubbdäck innebär dock att den minskade uppruggningen av vägytan måste kompenseras med ökad vinterväghållning för att inte trafiksäkerheten ska försämrats. Marginalkostnaden för

³ Samma logik gäller för en lägre trafikmängd än förväntat som förlänger tiden mellan reinvesteringarna.

drift vintertid kan därmed förväntas öka genom en ökad genomsnittskostnad för vinterväghållning.

Axeltrycket är dock den i särklass viktigaste fordonsegenskapen som påverkar vägslitage och då i synnerhet nedbrytningen av vägen. En övergång till tyngre fordon som fördelar vikten på flera axlar kan minska den genomsnittliga slitagekostnaden från tunga fordon beräknat per tonkm.

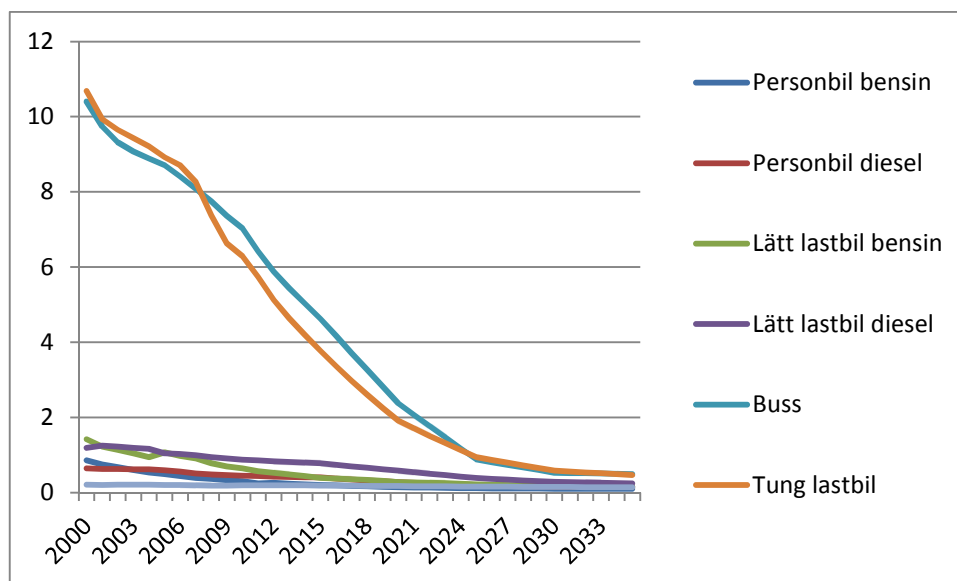
Sammantaget görs bedömningen att marginalkostnaderna för slitage förväntas öka något fram till 2025 på grund av nya krav på vägbeläggningar. En minskad dubb-däcksandel och minskade axellaster verkar dock i motsatt riktning. Efter 2025 är det svårt att bedöma utvecklingen. Här spelar också produktivitetsutvecklingen inom anläggningsbranschen stor roll – om nya metoder som sänker kostnaderna för t ex asfaltering eller tillverkning av asfalt slår igenom minskar marginalkostnaderna även om själva slitaget är detsamma.

6.2 Avgasemissioner

För tung trafik har eurokraven minskat emissionerna av bl a NO_x och partiklar. Allt eftersom äldre fordon fasas ut och ersätts med nyare kommer det genomsnittliga avgasutsläppet att minska och därmed även marginalkostnaden. När det gäller framtida högre avgaskrav så är dessa dock osäkra och frågan är hur mycket mer avgasutsläppen på nya fordon kan minska utöver Euro 6.

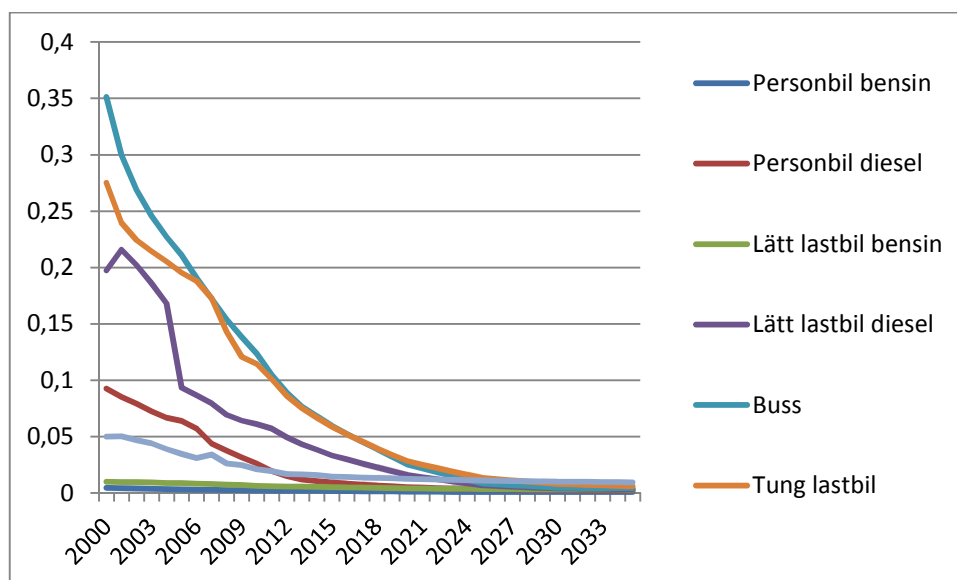
Trafikverket prognosticerar den framtida fordonsflottan och dess emissioner med hjälp av modellen HBEFA och i Figur 14 visas hur emissionerna av kväveoxider (NO_x) per fordonskm förändrats från 2000 och fram till idag och Trafikverkets prognos över fordonsflottans genomsnittliga utsläpp fram till 2035.⁴ I figuren blir det tydligt hur framför allt den tunga trafikens genomsnittliga utsläpp har minskat från drygt 10 g/km 2000 till cirka 4-5 g/km idag och prognosticeras minska ytterligare ner mot knappt 0,5 g/km när vi närmar oss 2035.

⁴ Figurerna över historiska och framtida avgasemissioner baseras på ett kalkylblad som Trafikverket tillhandahållit över historiska och prognosticerade genomsnittliga utsläpp per fordonskm för olika fordonskategorier.



Figur 14. Utsläpp av NOx (g/fordonskm) enligt emissionsmodellen HBEFA för år 2000 till 2035. Källa: Kalkylblad från Trafikverket.

För avgaspartiklar ges en liknande bild i Figur 15 där man kan se att utsläppen av avgaspartiklar från tunga fordon minskat kraftigt från 2000 och fram till idag och prognosticeras minska ytterligare fram mot 2035 så att enbart drygt en tiondel av dagens utsläpp per fordonskm återstår år 2035.



Figur 15. Utsläpp av avgaspartiklar (g/fordonskm) enligt emissionsmodellen HBEFA för 2000 till 2035. Källa: Kalkylblad från Trafikverket.

Marginalkostnaden för emissioner beror förutom på utsläppet från det enskilda fordonet på hur luftföroreningarna sprids och bidrar till befolkningens exponering. Var utsläppet sker har alltså stor betydelse för marginalkostnaden (dvs hur många personer finns i närheten) och då det finns icke-linjära hälsoeffekter beror också marginalkostnaden på halten av ämnet i fråga i utgångsläget. De minskningar som anges i Figur 14 och Figur 15 går alltså enbart att direkt översätta till en minskning av marginalkostnaden om trafiken i framtiden går på vägar med motsvarande befolkningsmängd i omgivningen som idag, värderingen av hälsoeffekter är desamma och om det är samma bakgrundshalter i luften som idag av olika luftföroreningar. Det är dock rimligt att föreställa sig att även bakgrundshalten av t ex NO_x kommer att sjunka över tiden. Detta kan i så fall ytterligare minska marginalkostnaden. En större andel trafik i befolkningstäta områden kan dock öka marginalkostnaden något.

Ökade inkomster leder till en högre betalningsvilja för att undvika de negativa hälsoeffekter som luftföroreningar kan leda till. Om värderingen av hälsoeffekterna utvecklas i samma takt som inkomst per capita stiger värderingen med 32 procent till 2025 och 60 procent till 2040. Denna värderingsökning uppväger dock inte minskningen i prognosticerade utsläpp som redovisas i Tabell 3.⁵

För personbilar och lätta lastbilar förväntas utsläppen av NO_x nästan halveras redan till 2025 och minskar sedan ytterligare något till 2030 och 2035 så att mellan en tredjedel och hälften av dagens utsläpp återstår 2035. För den tunga trafiken sker ännu större utsläppsminskningar. Redan inom fem år till 2020 halveras utsläppen per fordonskm av NO_x och till 2025 återstår mindre än en fjärdedel av dagens utsläppsnivåer. Vid 2035 förväntas det genomsnittliga fordonet bara släppa ut ungefär en tiondel av vad dagens tunga fordon släpper ut per km.

För avgaspartiklar förväntas mindre förändringar för bensindrivna fordon medan dieseldrivna fordon får halverade utsläpp redan till 2020. För tunga lastbilar, bussar och dieseldrivna lätta lastbilar återstår 7-10 procent av de avgasutsläpp som gällde 2015 år 2035.

I Trafikverkets prognos över avgasutsläppen görs försiktiga antaganden gällande elektrifiering. En betydande övergång till eldrift kan därför komma att ytterligare minska utsläppen och därmed marginalkostnaderna för både avgasutsläpp och utsläpp av kväveoxider, i synnerhet för de senare åren.

⁵ Trafikverkets prognos sträcker sig till 2035. För 2040 kan man anta att det sker ytterligare någon minskning.

Tabell 3. Prognosticerad förändring i utsläpp av NOx och avgaspartiklar från vägtrafiken. Utsläpp per fordonskm, Index 2015=100. Källa: Kalkylblad från Trafikverket.

	2015	2020	2025	2030	2035
Kväveoxider (NOx)					
Personbil bensin	100	69	56	51	48
Personbil diesel	100	70	50	40	36
Lätt lastbil bensin	100	71	57	45	39
Lätt lastbil diesel	100	75	50	36	32
Buss	100	51	19	11	11
Tung lastbil	100	51	25	16	12
Motorcykel och moped	100	94	85	80	76
Avgaspartiklar					
Personbil bensin	100	67	52	46	44
Personbil diesel	100	55	35	28	24
Lätt lastbil bensin	100	80	69	63	60
Lätt lastbil diesel	100	48	21	12	10
Buss	100	43	14	8	7
Tung lastbil	100	48	23	14	10
Motorcykel och moped	100	86	76	69	65

För avgasutsläppen gör vi bedömningen att marginalkostnaderna från tunga fordon kommer att minska avsevärt redan till 2025. För personbilar är minskningen mindre men effekten av lägre utsläpp kommer att dominera framför effekten av högre inkomster vilket gör att även persontrafiken kommer att få minskade marginalkostnader för avgasutsläpp i framtiden.

6.3 Koldioxidutsläpp

För utsläppen av koldioxid används också Trafikverkets prognos fram till 2035 vilket redovisas i Tabell 4. I prognosen görs restriktiva antaganden om ökad andel biodrivmedel⁶ och elektrifiering vilket gör att utsläppsminskningen i huvudsak beror på minskad bränsleförbrukning genom effektivare förbränningsmotorer.

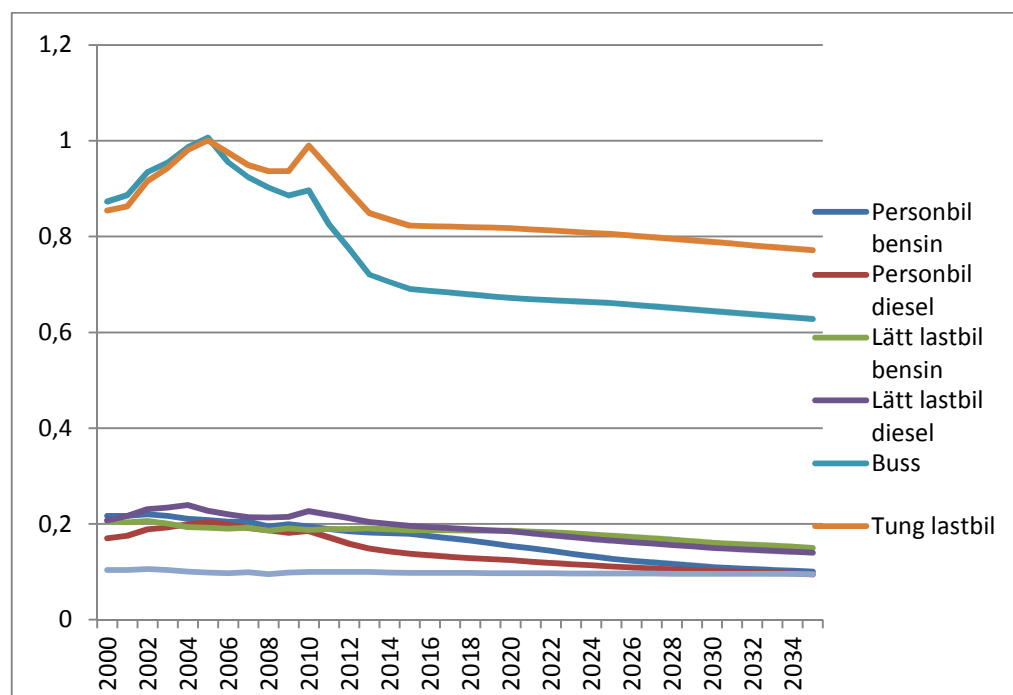
Om det sker en större övergång från bensin och diesel till biodrivmedel med goda klimategenskaper eller elektricitet kan koldioxidutsläppen från trafiken minska ytterligare utöver vad Tabell 4 visar. Hur man ska se på de externa effekterna från

⁶ Text antas enbart 7,5 % inblandning (per volymenhet) av etanol i bensin för personbilar år 2030 och drivmedelsanvändning domineras stort av bensin och diesel.

dessa utsläpp är dock inte självklart och beror bland annat på hur klimatpolitiken ser ut framöver.

Tabell 4. Prognosticerad förändring i utsläpp av koldioxid från vägtrafiken. Utsläpp per for-donskm, Index 2015=100. Källa: Kalkylblad från Trafikverket.

	2015	2020	2025	2030	2035
Koldioxid					
Personbil bensin	100	86	71	61	56
Personbil diesel	100	90	81	74	69
Lätt lastbil bensin	100	100	94	86	80
Lätt lastbil diesel	100	94	84	77	71
Buss	100	97	96	93	91
Tung lastbil	100	99	98	96	94
Motorcykel och moped	100	99	98	98	97



Figur 16. Utsläpp av koldioxid (g/fkm) enligt emissionsmodellen HBEFA för år 2000 till 2035. Källa: Kalkylblad från Trafikverket.

6.4 Buller

Buller från vägtrafiken kommer både från motorer och från kontakten mellan däck och vägyta. Vid låga hastigheter dominerar bullret från motorn medan däcksbullret tar överhanden vid högre hastigheter. För personbilar överröstar bullret från däck och vägbana motorbullret redan vid 30-50 km/h medan motorbullret dominerar upp till 50-70 km/h för tunga fordon. Det buller som ett vägfordon ger upphov till påverkas därmed av motorteknik, däck samt egenskaper hos vägbeläggningen. En elmotor bullrar avsevärt mindre än en förbränningsmotor vilket har betydelse vid låga hastigheter och i synnerhet vid accelerationer. Vid högre hastigheter är det istället däckets egenskaper samt vägytans egenskaper som påverkar det buller som ett fordon ger upphov till.

Dubbdäck orsakar mer buller än odubbade däck vilket gör att en minskad dubbdäcksanvändning kan minska det genomsnittliga marginalbullret från personbilar och lätta lastbilar. Enligt Trafikverket (2014b) har andelen dubbdäck minskat från drygt 72 % 2005 till knappt 64 % år 2014 och det finns stora regionala skillnader där dubbdäck är betydligt vanligare i landets norra delar än i södra Sverige och i Stockholm. En minskad dubbdäcksanvändning kan också göra det möjligt att använda asfaltstyper med mindre stenstorlekar som i sig ger upphov till mindre buller. Om nuvarande trend med minskad dubbdäcksanvändning fortsätter kan vi därmed förvänta oss minskade bulleremissioner från vägtrafiken.

Hur bullret sprider sig beror i sin tur på topografi, vegetation, väderförhållanden (t ex om det är snö) och i vilken utsträckning som t ex byggnader skärmar av bullret. Här kan man förmodligen inte förvänta sig några större förändringar fram till 2025 eller 2040.

Då marginalkostnaden för buller beräknas utifrån hur människor störs samt påverkas hälsomässigt vid sin bostad är en viktig faktor bakom marginalkostnaden per fordonskm hur många människor som bor i närheten av den plats där trafiken sker. Om antalet individer längs en vägsträcka fördubblas så fördubblas också marginalkostnaden för att passera denna sträcka. Den befolkningskoncentration som just nu sker till de större städerna förväntas fortsätta vilket leder till att marginalkostnaden relaterad till buller för biltrafik i dessa städer ökar i framtiden. Förutom att kostnaden per fordonskm ökar i städer med en ökande befolkning kan man också anta att en allt större andel av den lätta trafiken kommer att ske i tätbebyggda områden då den lätta trafiken till stor del följer befolkningen. En ökad urbanisering påverkar däremot inte den tunga trafikens marginalkostnader på samma sätt då den till stor del både i dag och i framtiden kommer att gå i glesbebyggda områden. För distributionstrafik i tätort är eldrift ett tänkbart sätt att få ner bulleremissionerna.

Värderingen av bullerstörning enligt gällande praxis i t ex ASEK består av två delar, den störning som individer upplever av trafikbuller och som speglas i individers betalningsvilja för ett boende utan bullerstörning och de hälsoeffekter som uppstår i form av främst hjärt- och kärlsjukdomar. Ökande inkomster innebär att både betal-

ningsviljan för att slippa bullerstörningar i sitt hem (vilket kapitaliseras i fastighetspriser) och värderingen av liv och hälsa⁷ ökar. En rikare befolkning leder därigenom till att marginalkostnaden för buller ökar, allt annat lika.

När det gäller trafikmängden eller snarare bakgrundsbullrets betydelse så finns det här två motverkande mekanismer för marginalkostnaden. Vid en hög nivå av bakgrundsbuller bidrar en fordonspassage relativt lite till den samlade bullernivån, dvs marginalbullret är lågt. Å andra sidan värderas en höjning av bullernivån högre vid höga bullernivåer än vid låga bullernivåer. Dessa två effekter tar i många fall ut varandra och effekten på marginalkostnaden av den existerande bullernivån är därför liten. Av detta skäl kan man förvänta sig att en förändring av trafikflödet och därmed bullernivån vid en viss väg har en försumbar betydelse för hur marginalkostnaden för buller förändras.

Tabell 5. Schematisk bild över faktorer som påverkar marginalkostnaderna för buller från vägtrafik.

	Förväntad effekt på marginalkostnad	Notering
Elektrifiering	↓	I stadsmiljö
Tysta däck	↓	
Tystare asfalt	↓	
Befolkningskoncentration	↑	
Högre inkomster	↑	
Trafikmängder	→	Viktigast för persontrafik + 32 % till 2025 och + 60 % till 2040

6.5 Olyckor

Marginalkostnaden till följd av trafikolyckor uppstår därför att en förare inte fullt ut beaktar de risker han utsätter andra trafikanter för genom att ge sig ut i trafiken. Den externa marginalkostnaden består av skillnaden mellan samhällets förväntade olyckskostnad för ytterligare en fordonskilometer och individens förväntade olyckskostnad för samma fordonskilometer. En central beståndsdel i marginalkostnaden för trafikolyckor är därmed sambandet mellan trafikflöde och trafikolyckor. Ytterligare komponenter är vilka skador som uppstår vid trafikolyckor och hur dessa skador värderas. Slutligen är fördelningen av skador mellan de inblandade parterna central för att avgöra vilken del som ska räknas som extern. Vid olyckor mellan personbilar och oskyddade trafikanter faller t ex en mycket stor andel av kostnaden på den oskyddade trafikanten medan en olycka mellan en personbil och ett tungt fordon innebär att huvuddelen av olyckskostnaden hamnar hos personbilen.

⁷ Värdet av ett statistiskt liv (VSL) samt värdet av ett förlorat levnadsår (VOLY) är vanliga sätt att mäta detta.

Faktorer som påverkar hur olyckskostnaderna kan förväntas utvecklas i framtiden är därmed:

- Hur olycksrisken förändras och framförallt hur sannolikheten för olyckor beror på trafikflödet i framtiden.
- Vilka konsekvenser som olyckor får i form av skador. Hur pass bra kan fordon och infrastruktur (t ex genom mittseparering) skydda trafikanter i framtiden i de fall då olyckor inträffar.
- Vilka kostnader som skadorna ger upphov till. Vilka möjligheter har sjukvården att rädda liv och behandla trafikolycksoffer så att de får en bra hälsa och så att produktionsbortfallet minimeras?
- Hur kommer människor att värdera säkerhet, dvs hur kommer betalningsviljan för att undvika att drabbas av förtida död eller skador att förändras.
- Hur kommer skadorna att fördelas mellan olika fordonstyper vid trafikolyckor i framtiden. Kommer det att bli en större andel olyckor med oskyddade trafikanter? Hur kommer antalet olyckor mellan tunga och lätta fordon att utvecklas?

Vi bedömer att den positiva utveckling som pågår med allt färre döda och svårt skadade i trafiken kommer att fortsätta som följd av säkrare fordon och bättre infrastruktur. Tekniska system för förbättrad hastighetsefterlevnad finns redan idag och skulle kunna komma att slå igenom om försäkringsbolag införde lägre premier för förare med sådana system (och där hastighetsgränsen följs). Utökade alkoholkontroller i t ex hamnar eller genom alkoholås kan också minska antalet olyckor. Likaså är det rimligt att anta att sjukvårdens möjligheter att rädda liv och rehabilitera skadade kommer att fortsätta förbättras. Allt detta sänker den framtida marginalkostnaden för olyckor. Ökade inkomster höjer däremot kostnaden genom en ökad betalningsvilja för säkerhet och ökad produktivitet hos befolkningen gör också att (netto)produktionsbortfallet från döda och skadade individer ökar. Om både betalningsviljan för säkerhet och befolkningens produktivitet (och därmed produktionsbortfall) utvecklas i takt med inkomsterna innebär detta en kostnadsökning på 32 procent till 2025 och 60 procent till 2040 allt annat lika. De senaste tio åren har antalet dödade i trafiken halverats⁸ medan antalet svårt skadade har minskat något mindre⁹. Om denna utveckling fortsätter med oförminskad kraft kommer alltså en minskad olycksrisk att dominera över ökade inkomster och ge en sammantaget något lägre marginalkostnad för trafikolyckor i framtiden. Frågan är dock om det är rimligt att föreställa sig ytterligare stora minskningar av antalet döda och svårt skadade eller om det är rimligare att föreställa sig att minskningen kommer att plana ut. I det senare fallet skulle nettoeffekten kunna bli något ökade marginalkostnader för trafikolyckor.

⁸ 5,9 döda per 100 000 invånare 2003 och 2,7 döda per 100 000 invånare 2013 enligt Transportstyrelsen. <http://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik-och-register/Vag/Olycksstatistik/Polisrapporterad-statistik/Nationell-statistik/>

⁹ Minskning av antalet svårt skadade per 100 000 invånare med 45 % 2003-2013.

Ovanstående resonemang är dock något förenklat eftersom det inte är den genomsnittliga olycksrisken som avgör marginalkostnaden utan den marginella riskförändringen vid ytterligare en fordonskm. Vid tät trafik innebär ytterligare en trafikant att hastigheten går ner vilket minskar konsekvenserna vid olyckor och därmed kan det finnas en positiv trafiksäkerhetseffekt vid ytterligare trafik. Huvuddragen i det tidigare resonemanget påverkas dock inte av detta.

Ökad urbanisering kan leda till att en ökad andel av trafikolyckorna med personbilar kommer att ske med oskyddade trafikanter medan singelolyckorna och kollisionsolyckor mellan personbilar minskar. I så fall kommer en större andel av olyckskostnaderna för personbilarna att bli externa vilket driver upp den externa marginalkostnaden. De nya aktiva trafiksäkerhetssystemen som nu introduceras i nya personbilar såsom autobroms kan dock minska risken för olyckor i tätort och med oskyddade trafikanter.

Sammantaget bedömer vi att det finns goda möjligheter till fortsatta förbättringar på trafiksäkerhetsområdet, både genom förbättrad krocksäkerhet, aktiva säkerhetssystem, säkrare vägar och bättre hastighetsefterlevnad. Dessa förbättringar bör kunna uppväga högre värderingar av säkerhet och hälsa då inkomsterna ökar eller åtminstone hålla marginalkostnaderna konstanta.

Tabell 6. Schematisk bild över faktorer som påverkar vägtrafikens framtida marginalkostnader för olyckor.

	Förväntad effekt på marginalkostnad	Notering
Olycksrisk	↓	
Skadekonsekvenser	↓	
Skadekostnader	↓	
Betalningsvilja för säkerhet + värdet av produktionsbortfall	↑	+ 32 % till 2025 och + 60 % till 2040
Andel extern kostnad för personbil	↑	
Andel extern kostnad för tung trafik	→	

6.6 Trängsel

I Stockholm och Göteborg finns idag trängselskatt som bland annat är satt för att internalisera den externa trängselkostnaden. Det finns dock enskilda sträckor utanför trängselskattazonerna där det råder trängsel i dagsläget. En studie som gjorts av E4 norr om Södertälje visar att den marginella trängselkostnaden när trängseln är som högst uppgår till ca 10 kr/km vilket är en avsevärd kostnad (Nilsson & Johansson, 2014). Ökad inflyttning till storstadsregionerna kan förväntas öka trafikmängderna även utanför de centrala delarna av Stockholm och Göteborg som i dagsläget har trängselskatt. I en situation där trängseln ökar kraftigt på t ex infartslederna till

Stockholm, Göteborg och Malmö (och kanske ytterligare någon större stad) kan man dock föreställa sig att en lösning på problemet kan vara att utvidga trängselskatten så att även denna trafik omfattas av en trängselskatt. Redan i januari 2016 kommer trängselskatten i Stockholm att utvidgas till att även omfatta Essingeleden och samtidigt höjs avgiftsnivåerna inom den nuvarande trängselskattazonen.

Utan några styrmedel som är satta att hantera trängsel är det rimligt att förvänta sig ökade marginalkostnader för trängsel i vägtrafiken, i synnerhet för personbilar. Om man däremot använder trängselskatter för att avgiftsbelägga trafik i de miljöer där det finns trängselproblem kan marginalkostnaderna för trängsel internaliseras.

7 Framtida externa kostnader för spårtrafiken

7.1 Järnvägsslitage

Det finns redan bland dagens tåg en stor variation i hur mycket olika tåg sliter på infrastrukturen. Beräkningar som tagits fram av Trafikverket (2014c) i rapporten *Banavgifter för ökad kund- och samhällsnytta* visar på stor spridning – cirka tio gånger högre kostnad i kronor per bruttotonkilometer för de fordonstyper som bidrar mest jämfört med de som bidrar minst till spårslitage. Det är framför allt bruttovikt, axellast, antal hjulaxlar, axelavstånd, boggiegenskaper och hastighet som påverkar slitaget där den enskilt viktigaste egenskapen är axellasten. Trafikverket (2014c) föreslår att spåravgiften bör differentieras utifrån fordonens slitageegenskaper och att ett första steg kan vara att ta hänsyn till axellasten.

Ytterligare fordonsegenskaper som har betydelse och som på sikt kan inkluderas i en differentiering av spåravgiften är huruvida elektriska dragfordon är försedda med så kallat autodrop så att strömvatagaren faller ned automatiskt vid haveri och inte orsaker större skador. Ett annat exempel är att vagnar med skivbroms minskar risken för hjulplattor och därmed rälsbrott.

Nya järnvägsfordon har dock generellt inte bättre slitageegenskaper än äldre järnvägsfordon och man kan därför inte räkna med att fordonsflottan automatiskt förbättras när äldre fordon ersätts med nya fordon. För att åstadkomma en fordonsflotta som sliter mindre än dagens krävs därmed styrmedel. Den process som inletts av Trafikverket mot differentierad spåravgift utifrån fordonens slitageegenskaper kan leda fram till ett sådant styrmedel. Men även med styrmedel som gör att fordonsköparna i större utsträckning väljer fordon med goda slitageegenskaper är det svårt att se att några större förändringar kan komma att ske på kort sikt. Järnvägsfordon har en lång livslängd.

En framtida produktivitetsutveckling inom järnvägsunderhåll kan sänka kostnaderna för underhåll och därmed även marginalkostnaderna för järnvägsslitage. En låg produktivitetsutveckling kan å andra sidan göra att kostnaderna för underhåll stiger kraftigare än den generella prisnivån vilket i så fall ökar marginalkostnaden för järnvägsslitage. Sammantaget är det svårt att uttala sig om hur slitagekostnaderna kommer att utvecklas och det går inte att se någon tydlig trend i någon riktning.

7.2 Avgasemissioner

Enbart drygt sju procent av alla tågkm sker på oelektrifierade banor i Sverige (Trafikanalys, 2014b) och det är rimligt att föreställa sig att andelen kommer att minska både genom att enstaka sträckor kan komma att elektrifieras men kanske främst genom att trafiken på icke-elektrifierade banor kan komma att minska samtidigt som tågtrafiken på det elektrifierade järnvägsnätet ökar. Dieselförbrukningen per tågkm kan därför förväntas minska över tiden och därmed även den marginalkostnad som avgasemissionerna ger upphov till utslaget per tågkm, personkm eller bruttotonkm,

allt annat lika. Ökade inkomster ger högre värderingar av hälsa vilket pressar marginalkostnaderna uppåt. Denna effekt ger ökade värderingar på 32 procent till 2025 och 60 procent till 2040.

Utsläppen från ett enskilt tåg som går på en icke-elektrifierad bana kan också minska genom att gamla lok ersätts med nya med bättre avgasrening eller när vi närmar oss 2040 med t ex bränsleceller.

Sammantaget gör vi bedömningen att för dieseldrivna tåg kommer marginalkostnaden att stiga genom ökade värderingar av luftföroreningar även om fordonsutbyte kan minska emissionerna något. Däremot kommer marginalkostnaden utslaget per tågkm totalt förmodligen att minska i och med att andelen tågtrafik som sker med dieseldrivna tåg minskar över tiden.

7.3 Koldioxid

Då huvuddelen av järnvägstrafiken sker på elektrifierade banor och andelen kan förväntas öka i framtiden är det utsläppen av koldioxid från elproduktion som i huvudsak är av intresse för de framtida marginalkostnaderna. Dessa utsläpp regleras idag av EU:s handelssystem med utsläppsrätter.

För den dieseldrivna trafiken gäller samma resonemang som för avgasemissionerna. Genom ökade kostnader för utsläppsreduktion kommer marginalkostnaderna för den dieseldrivna trafiken att öka. Utslaget per samtliga tågkm minskar dock marginalkostnaden genom att andel av trafiken som sker med dieseldrivna tåg kommer att minska.

7.4 Buller

Det finns stora variationer när det gäller hur mycket buller ett tåg orsakar beroende på tågets egenskaper och hastigheten. Därmed finns också stora möjligheter att genom fordonsutbyte minska marginalkostnaden från buller. Samtidigt innebär ökade hastigheter på järnvägsnätet att marginalkostnaden för buller ökar. För i synnerhet godståg som i dag har de allra högsta bullerkostnaderna sett per tågkm innebär byte av bromsblock från konventionella bromsar till s.k. k-block att marginalkostnaden minskar med 89 procent enligt (Nilsson & Johansson, 2014). Att byta bromsblock är en relativt billig åtgärd men i dagsläget saknas ekonomiska incitament för att få operatörer att byta bromsblock på sina tåg. Om sådana incitament införs, t ex genom att banavgiften får en bullerkomponent som är differentierad beroende på bromstyp, kan man tänka sig en kraftig minskning av bullerkostnaden från godstågen inom en relativt snar framtid. I Tabell 7 visas hur bullerkostnaden för olika typer av tåg i olika hastighet står i relation till ett typtåg i form ett eldrivet godståg på 500 meter som kör i 90 km/timme. För godstågen antas konventionella bromsblock. Som kan ses i tabellen finns det inte bara stora skillnader mellan olika tåg utan också för ett och samma tåg beroende på hastighet. Högre genomsnittliga hastigheter på järnvägen innebär därmed, allt annat lika, att bullerkostnaden stiger.

Tabell 7. Omräkningsfaktor för bullerkostnad för olika tågtyper och olika hastigheter. Källa: Tabell 21.6 i Trafikverket (2014a), kapitel 21.

Tågtyp	Längd (m)	Hastighet [km/h]								
		30	50	70	90	120	140	160	180	200
X60	107	0,001	0,003	0,005	0,009	0,017	0,026	0,037		
Y31	39	0,001	0,002	0,003	0,006	0,011	0,015			
X50-54	54	0,002	0,004	0,008	0,014	0,029	0,045	0,067	0,096	0,134
X31	79	0,003	0,007	0,014	0,024	0,046	0,066	0,092	0,123	
X2	165	0,006	0,016	0,032	0,056	0,112	0,164	0,230	0,311	0,410
X40	75	0,003	0,007	0,015	0,026	0,051	0,074	0,104	0,142	0,186
X10-14	50	0,004	0,008	0,015	0,025	0,047	0,066	0,089		
Rc Pass	230	0,213	0,268	0,342	0,425	0,564	0,664	0,769		
Gods El	500	0,581	0,747	0,883	1,000					
Gods Diesel	500	0,174	0,296	0,477	0,707					

Då bullerkostnaden endast uppstår på de platser där det finns människor i närheten av spåren är en viktig faktor för den framtida marginalkostnaden för buller var någonstans trafikarbetet sker. För persontrafiken är det rimligt att föreställa sig att ökad urbanisering tillsammans med en fortsättning av dagens trender gällande ökad arbetspendling på järnvägen innebär att en allt större andel av persontrafikarbetet på järnväg kommer att ske i tätbebyggda områden vilket ökar marginalkostnaden. För godstrafiken däremot är trafikarbetet inte alls på samma sätt beroende av var någonstans människor bor utan styrs snarare av t ex var industrier är lokaliserade. För godstågen finns också möjligheten att kraftigt sänka bullerkostnaden genom byte av bromsblock.

Betalningsviljan för att undvika bullerstörning påverkas av inkomstutvecklingen och den prognosticerade inkomstutvecklingen som redovisas i avsnitt 5.1 ger en inkomstökning på 32 procent mellan 2014 och 2025 och cirka 60 procent fram till 2040. Om betalningsviljan och därmed värderingen av buller ökar i samma takt som inkomsterna innebär alltså detta att marginalkostnaden för buller stiger med 32 procent fram till 2025 och med 60 procent fram till 2040 allt annat lika. För godstrafiken finns det möjlighet att genom åtgärder på fordonssidan, främst byte av bromsblock, minska marginalkostnaden så mycket att effekten av ökade inkomster uppvägs. För persontrafiken är det däremot svårt att se att åtgärder på fordonssidan kan bidra med särskilt stora kostnadssänkningar. Möjligtvis kan bullerdämpande åtgärder som bullerplank minska marginalkostnaderna något men ökade inkomster tillsammans med ökad andel persontrafik i tätbebyggda områden, t ex i form av pendeltågstrafik till de större städerna, kan knappast uppvägas av fler bullerplank. För persontrafiken gör vi därför bedömningen att marginalkostnaden för buller kan öka i framtiden.

Ytterligare en faktor som kan öka marginalkostnaden för buller, både för persontrafik och godstrafik, är högre hastigheter på järnvägen. Vid hastigheter över 300 km/timme tillkommer aerodynamiskt buller vilket gör att för riktigt snabba tåg blir bullerkostnaden betydande.

7.5 Olyckor

De externa marginalkostnaderna för olyckor inom järnvägen som analyseras och beräknas av VTI (samt Trafikverket och Trafikanalys) är dels olyckor med vägfordon i plankorsningar och dels olyckor med personer som blir påkörda av tåg (bortsett från självmord). Olycksvärderingen påverkas av inkomstutvecklingen som prognostiserats till en ökning med 32 procent till 2025 och cirka 60 procent till 2040. Utan några förändringar i olycksrisken kan man därmed förvänta sig en ökning av marginalkostnaden för olyckor med 32 samt 60 procent till 2025 respektive 2040.

Olycksrisken för plankorsningsolyckor per tågkm kan dock minska både genom att andelen trafik som går på lågtrafikerade banor med många och dåligt skyddade plankorsningar minskar och genom att plankorsningar tas bort eller byggs om. Om vägtrafiken dessutom minskar på vägar med osäkra plankorsningar kan även detta minska marginalkostnaden för olyckor.

För personpåkörningar är det svårare att prognosticera utvecklingen. Mer trafik i tätbebyggda områden kan öka problemen samtidigt som man kan minska risken för spårspring genom att stängla in t ex stationsområden och bangårdar.

Den sammantagna effekten av högre värdering och förändringar i olyckrisk är osäker. Vi gör dock bedömningen att det är osannolikt att man skulle kunna bygga bort en så stor del av de riskfyllda plankorsningarna och genvägarna över spårområden att detta uppväger värderingsökningen som sker genom högre inkomster. Det är därför rimligt att föreställa sig något ökande eller kanske konstanta marginalkostnader för olyckor i framtiden.

7.6 Knapphet snarare än trängsel

Trafikvolymen i järnvägsnätet är reglerad i den meningen att all trafik kräver tillstånd och är tidtabellslagd. Trängsel i vanlig mening existerar därmed inte på järnvägen. När järnvägskapaciteten inte räcker till för all trafik som önskar köra uppstår istället effekten att sökta tåglägen endera avslås eller förskjuts i tiden. En ökad urbanisering tillsammans med utökad arbetspendling med tåg kan leda till ytterligare svårigheter att tillgodose önskemål om tåglägen i storstadsområdena. Ett sätt att internalisera de knappetskostnader som uppstår kan vara att prissätta utnyttjandet av kapaciteten, på samma sätt som med trängselskatten på vägsidan. I så fall finns inte längre någon extern marginalkostnad kvar för trängsel/knapphet på järnvägen.

Det görs och planeras för stora investeringar i järnvägsnätet i storstadsområden, bland annat genom citybanan i Stockholm. Den utökade kapacitet som detta leder till kommer att minska problemen med knapphet på kort sikt i de aktuella stråken.

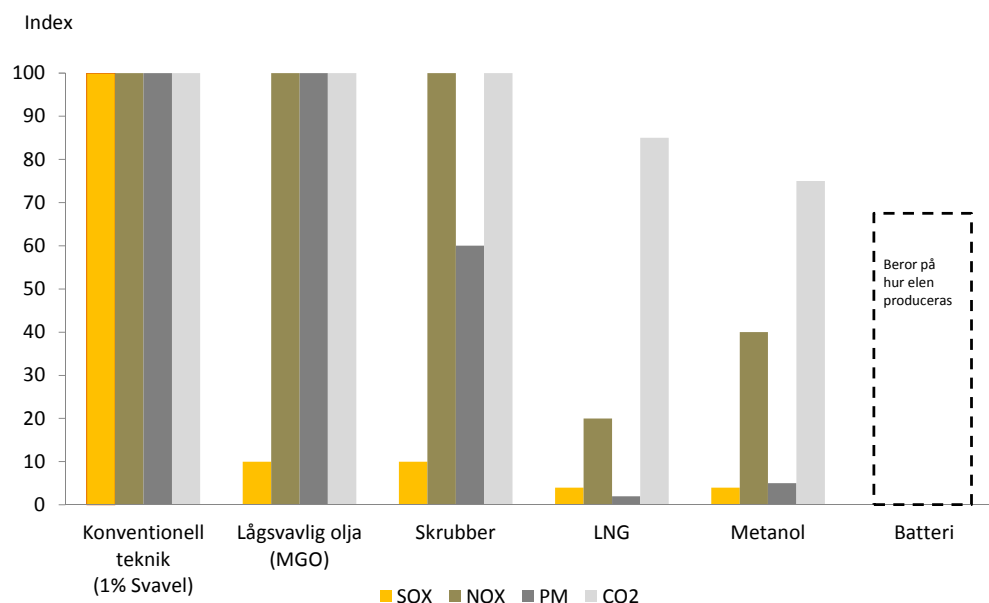
8 Framtida externa kostnader för sjöfarten

I och med att marginalkostnaderna för farleder, hamnar och isbrytning är internaliserade i de kostnadstäckande avgifter som tas ut, handlar de framtida externa kostnaderna i första hand om hur de icke internaliserade externa kostnaderna kan komma att ändras. Utsläpp till luft, buller i marina miljöer, föroreningar av vatten och sediment samt erosion, habitat- och biodiversitetsförluster är externa kostnader som kan få betydelse i framtiden.

Nivån på de icke internaliserade externa effekterna påverkas av ett antal aktuella internationella regleringar som har tagits inom ramen för International Maritime Organisation (IMO). Från och med den 1 januari 2015 gäller nya regler för svavelinnehåll i fartygsbränsle i Östersjön och Nordsjön. De nya reglerna innebär att svavelhalten ska minska från 1,0 procent till 0,1 procent. Från den 1 januari 2016 gäller nya regler för utsläpp av kväveoxider från nya fartyg. Reglerna innebär utsläppsreduktion på cirka 80 procent. För nya fartyg på över 400 bruttoton gäller sedan 2013 krav på energieffektivisering. EU har satt som mål att reducera koldioxidutsläppen med 40-50 procent till 2050 jämfört med 2005 års utsläpp.

Den internationella konventionen för kontroll och hantering av fartygs barlastvatten och sediment (barlastvattenkonventionen) antogs av IMO den 13 februari 2004, men har inte trätt i kraft ännu. Barlastvattenkonventionen träder i kraft efter att den har ratificerats av minst 30 stater som står för minst 35 procent av världshandelsflottans tonnage. I december 2014 hade konventionen ratificerats av 43 stater som tillsammans innehar 32,54 procent av världshandelsflottans tonnage. Ikraftträdande sker ett år efter att konventionen blivit fullt ratificerad. Det är sannolikt att konventionen är fullt ratificerad till 2025, vilket innebär att risken minskar för spridning av främmande arter via fartygens barlast.

Svavelreglerna påverkar alla fartyg oavsett ålder, vilket gör att det sker anpassningar redan på kort sikt. De alternativ som finns är övergång till lågsavlig olja (MGO), rening av rökgaser med skrubbers eller övergång till andra bränslen. Valet påverkar emissioner och CO₂-utsläpp. I tidsperspektivet 2025 kommer en del av dagens fartyg att vara utbytt och till 2040 är det rimligt att anta att nästan hela fartygsflottan är utbytt. Lågsavlig olja kommer inte att vara ett alternativ för nya fartyg. Däremot kan skrubber i kombination med katalysator vara möjlig under förutsättning att fartygen energieffektiviserar. Även övergång till andra bränslen såsom LNG och metanol klarar kraven för svavel, kväve och koldioxidutsläpp, men dessa alternativ kommer att kräva kompletterande infrastruktur i hamnarna. Batteridrift är möjlig för kortare rutter. Figuren visar schematiskt hur utsläppen påverkas av olika val. Index 100 motsvarar konventionell teknik och fartygsbränsle med 1 procents svavelinnehåll.



Figur 17. Emissioner av svaveloxider (SO_x), kväveoxider (NO_x), partiklar (PM) och koldioxid (CO₂) Källa: Bearbetning av underlag i DNV (2010)

Utöver de tekniker som redovisas ovan kan vätgas och eventuellt atomdrift komma att bli aktuella för fartyg i svenskt territorialvatten. Dessa tekniker är emellertid mindre sannolika. I nuläget handlar det huvudsakligen om byte till MGO. De rederier som beslutat om teknikbyte väljer fram för allt LNG. Till 2025 och 2040 kommer det att ske förändringar och det går inte att exakt säga vilken teknik som blir aktuell. Utgår vi ifrån de krav som redan är införda eller på väg att införas, är det rimligt att anta att utsläppen av svaveloxider minskar med en faktor 10. Kväveutsläppen från nya fartyg minskar med en faktor 5.

I uppföljningarna av trafikens samhällsekonomiska kostnader har emissioner och buller i hamn nämnts som externa kostnader som idag inte ingår, men där bättre underlag avseende befolkningskoncentration och fartygstrafik skulle kunna möjliggöra en mer fullständig uppföljning av de verkliga kostnaderna (SIKA 2010, Nilsson och Johansson 2014). Eldrift vid hamn kommer emellertid att bli vanligare och påverkar utsläppen när fartyg ligger stilla, men inte utsläppen i trafik. Mot bakgrund av att kraven skärps på svavel och kväve kommer den totala exponeringen från hamnar i tätortsmiljöer att minska jämfört med idag.

Så kallad ”slow steaming” eller hastighetsanpassning tillämpas av många rederier för att kompensera för ökade bränslekostnader. Den totala potentialen för bränslesparning vid sänkta hastigheter har bedömts vara upp till 30 procent av Styhre (2014). I och med att bränsleförbrukningen minskar vid lägre hastigheter reduceras de externa kostnaderna för emissioner. Incitament att köra långsammare påverkas av pri-

set på bunkerolja. Övergången till MGO innebär också högre bränslekostnader. Kraven på energieffektivisering och målen avseende minskade koldioxidutsläpp kan driva fram nya styrmedel för hastighetsanpassning.

Lägre hastigheter kan även inverka på andra externa kostnader såsom svall och erosion. Svall ger effekt på kustområden och kan orsaka erosion. Lägre hastigheter kan ha betydelse för vissa delar av den svenska kusten, men i och med att skärgårdsområden redan idag har hastighetsbegränsningar kommer inte minskat svall att i första hand påverka de mest känsliga områdena.

Liksom när det gäller svall är effekterna av undervattensbuller okända idag. Forskning pågår och i framtiden kan kunskapsuppbyggnaden inom området innebära att kostnader för hittills okända externa effekter behöver värderas. Tabellen sammanfattar bedömningen av framtidens marginalkostnader för sjöfart.

Tabell 8. Schematisk bild över faktorer som påverkar framtida marginalkostnader för sjöfarten.

	Effekt på marginalkostnad
Infrastruktur	Internaliseras genom avgifter på samma sätt som idag
Olyckor/säkerhet	Internaliseras genom avgifter på samma sätt som idag
Buller	Osäkert. Buller från hamn värderas inte idag. Forskning pågår om marina effekter av undervattensbuller.
Koldioxidutsläpp	 Energieffektivering Internalisering beror på styrmedel
Emissioner	 Svavelutsläppen minskar med en faktor 10 kväveoxider med en faktor 5 för nya fartyg
Svall och erosion	Osäkert. Värderas inte idag. Hastigheten kan ha betydelse.

9 Framtida externa kostnader för luftfarten

Luftfartens framtida externa kostnader kommer att påverkas av ett flertal faktorer. En central sådan är den tekniska utvecklingen och vilka drivmedel som kommer att användas i framtidens flygplan. En annan faktor är framtidens styrmedel inom klimatpolitiken¹⁰. Dessutom kan vi utgå ifrån att övriga kostnader som uppstår vid flygplatsen avgiftsbeläggs (till exempel slitage på landningsbanor som mer beror på tidens tand än antalet landningar, trängsel, trafikledning).

De externa effekter som är relevanta att beakta är således;

- Emissioner under färd och vid start och landning
- Klimatkostnad för utsläpp på hög höjd
- Buller vid start och landning

I en underlagsrapport till utredningen Fossilfri fordonsflotta konstateras av Karyd (2013) att: ”Den tekniska utvecklingen ... kan på sin höjd reducera specifik bränsleåtgång med 20 procent till 2030. Flygplansflottan år 2030 kommer till mer än 95 procent att bestå av flygplan som redan flyger, är i produktion eller är på ritborden år 2013. Flera av de flygplanstyper som nu är i produktion kommer fortfarande att produceras även år 2050 och även detta år kommer framdrivningen att ske med jet och turbopropmotorer inte alltför olika dagens.”

När det gäller möjligheten att byta bränsle visar samma rapport att vissa fossilfria drivmedel är tekniskt sett olämpliga. De alternativa drivmedel som kan komma ifråga är metylestrar (exempelvis RME) och hydrerade vegetabiliska oljor (HVO). Om de senare skulle användas i flygplansmotorer ger de dock betydligt mindre effekt än i andra transportslag.

Liknande slutsatser dras i de expertrapporter som Riksdagens trafikutskott låtit ta fram (Framtidens flyg, 2014). Bedömningen är att bränsleeffektiviseringen fram till 2030 handlar om cirka 1 procents förbättring per år. På grund av flygplanens långa livslängd (cirka 25-30 år) innebär det att när en ny flygplansmodell som är 20-25 procent bränsleeffektivare än sin föregångare ger cirka 1 procents effektivisering per år. Rapporten bedömer det osannolikt att trafikflygplanens utformning ändras radikalt fram till 2030. Dessutom framhålls att flygplanstillverkare är försiktiga i valet att kommersialisera en radikalt annorlunda flygplandesign. Detta på grund av strikta säkerhetskrav och höga utvecklingskostnader. Det tar ungefär 10 år från idé till kommersialisering och mellan 45 och 65 år från att en flygplansmodell börjar utvecklas på ritbordet till dess det sista flygplanet fasas ut. Även i perspektivet 2050 gör författarna till expertrapporterna bedömningen att det inte kommer att ske några radikala förändringar. När det gäller de framtida externa effekterna kan det vara rimligt att anta att flyget drivs med fossila drivmedel både i tidsperspektivet 2025 och 2040 och att den genomsnittliga bränsleeffektiviseringen är i genomsnitt 1 procent per år.

När det gäller synen på vilka externa miljökostnader som man fokuserar på i framtiden, kommer troligen utsläppen på hög höjd och bildande av kondensstrimmor att

¹⁰ se även diskussion om utsläppsrätter i avsnitt 3.2.6 Klimatpolitikens betydelse

uppmärksammas mer. Kondensstrimmorna har en påverkan på klimatet, vilket normalt beskrivs med en uppräkningsfaktor för utsläpp av koldioxid. Storleken på uppräkningsfaktorn varierar i olika bedömningar. I en vetenskaplig artikel av Azar och Johansson (2012) genomför författarna beräkningar med hjälp av fem olika metoder och redovisar ett spann på mellan 1,3 och 2,9 gånger klimateffekten från koldioxid. Enligt expertrapporterna till Riksdagens trafikutskott (2014) är dagens bästa vetenskapliga bedömning cirka 1,9- 2,0 gånger koldioxid, om man räknar med ett hundraårsperspektiv. Samtidigt betonar Karyd (2013) att uppräkningsfaktorn inte ska tillämpas på inrikesflyg eftersom planen på dessa ruttor inte når tillräcklig höjd. Under förutsättning att både inrikes- och utrikesflyg ingår i beräkningarna av framtidens externa effekter behöver ett tillägg göras som andel av utsläppen på hög höjd. Om andelen flyg som flyger tillräckligt högt motsvarar halva flygsträckan i svenskt luft- rum, kan en uppräkningsfaktor på 1,5 istället för 2,0 vara rimlig.

Nya flygplan ger oftast upphov till mindre buller än befintliga. En ny bullerstandard har antagits och den skärper kraven för tunga jetflygplan med 7 decibel (Riksdagens trafikutskott, 2014). Det pågår även arbete för att ta fram en internationell standard avseende utsläpp av koldioxid från nya flygplan. Samtidigt noterar en av experterna i Trafikutskottets hearing om det framtida flyget att det finns en avvägning mellan buller och bränslebesparing. Det går redan idag att bygga flygplan som är 30 procent mer bränsleeffektiva, men till priset av högre bullernivåer. Inom vissa ramar går det att få både bullerreduktion och bränslebesparing.

När det gäller den externa kostnaden för buller påverkar befolkningskoncentrationen kring de svenska flygplatserna. Frågan är om det kommer att vara fler som störs 2025 och 2040 jämfört med idag. Mot bakgrund av att kommunerna är restriktiva avseende bygglov i anslutning till flygplatser, beror utvecklingen snarare på vad som händer med Bromma flygplats. Det är sannolikt att antalet bullerstörda är relativt konstant så länge Bromma är i bruk. Avtalet om Bromma flygplats gäller till 2038 och om det inte avslutas i förtid sker sannolikt ingen större ökning till 2025 jämfört med idag. År 2040 är det rimligt att förvänta sig en lägre kostnad under förutsättning att Bromma lagts ner. Mot bakgrund av att dagens bullerkostnader är överskattade, väntas den största ändringen ske när bullerkostnaden justeras för att ta hänsyn till svenska förhållanden.

Tabellen på nästa sida sammanfattar bedömningen av framtidens marginalkostnader för luftfart.

Tabell 9. Schematisk bild över faktorer som påverkar luftfartens framtida marginalkostnader

	Effekt på marginalkostnad
Infrastruktur	Internaliseras genom avgifter på samma sätt som idag
Olyckor/säkerhet	Internaliseras genom avgifter på samma sätt som idag
Buller	 Övervärderat idag. Arlanda ca 10kr, Bromma högre och Landvetter lägre. Minskar ytterligare när Bromma läggs ner
Koldioxidutsläpp	 Energieffektivisering 1 procent per år Internalisering beror på styrmedel
Emissioner	 Energieffektivisering 1 procent per år
Utsläpp på hög höjd	 Relevant för längre flygningar (CO ₂ underväg multipliceras med faktor på ca 1,5)

Mot bakgrund av att det finns en stor samstämmighet i bedömningarna av flygets utveckling går det att ta fram ett räkneexempel av hur 2013 års typflygning värderas år 2025 respektive 2040.

Tabell 10. Räkneexempel typflygning B737-600 (400 km) och 72 resenärer ombord 2025 och 2040, givet effektivisering med 1 procent per år. Basår och prisnivå 2013

		2013	2025	2040
		Kronor per flygtur	Kronor per flygtur	Kronor per flygtur
Infrastruktur (WLU)		1 952-2 839	1 952-2 839	1 952-2 839
Olyckor/säkerhet (ATM)		1 677-4 109	1 677-4 109	1 677-4 109
LTO	Buller	525-1 047	10	5
	CO ₂	1 156	1 026	784
	Övriga emissioner	286-718	254-637	194-487
Under- väg	CO ₂	9 740	8 644	6 607
	NO _x	412-985	366-874	279-668
	Hög höjd		12 966	9 911
Summa extern kostnad		15 748-20 594	13 928- 18 139	11 499-15 500

Not: för 2013 är källan Tabell 4.1 i Trafikanalys (2014a), Emissioner multipliceras med 0,887 för att få kostnaden 2025 och med 0,764 för att få kostnaden för 2040 (Bullerkostnad 2025 motsvarar de nya uppgifterna som redovisas i (Nilsson & Johansson, 2014)). Ingen uppräknig med BNP/capita är gjord då detta enbart är aktuellt för värderingsbaserade marginalkostnader vilka i detta fall är buller och luftföroreningar exkl koldioxid (dvs inte olyckor som i fallet med väg- och järnvägstrafik).

10 Litteraturförteckning

- Ahlberg, J. (2014) *Luftfartens samhällsekonomiska marginalkostnader*. Delstudie inom SAMKOST. VTI rapport 833. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Ahlroth, S. (2007) *Calculating damage values for ecosystem effects in Sweden*. Slutrapport från EMFO-projekt.
- Azar, Christian & Johansson, Daniel J A. (2012) Valuing the non-CO2 climate impacts of aviation. *Climate Change* (2012) 111, 559-579
- DNV. (2010) *Greener Shipping in the Baltic Sea*, Den Norske Veritas June 2010.
- EEA. (2013). *A closer look at urban transport: TERM 2013: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe*. EEA Report No11/2013. EEA.
- Framtidens flyg (2014). 2013/14:RFR16, Riksdagstrycket Stockholm 2014.
- Hagström (2014) Expertrapport till Trafikutskottet, publicerad i Framtidens flyg, 2013/14:RFR16, Riksdagstrycket Stockholm 2014
- Hansen och Nerhagen (2008) *Svenska flygplatser och marginalkostnadsprissättning*, VTI rapport 633, Statens väg- och transportforskningsinstitut
- Karyd, A. (2013) *Fossilfri flygtrafik*. Underlagsrapport till utredningen om fossiloberoende fordonsflotta, N 2012:05. Version 1 för extern publicering 2013-05-07.
- Mellin, A. och Creutzer, K (2014) *SJÖSAM – sjöfartens samhällsekonomiska marginalkostnader*, Förstudie inom SAMKOST. Statens väg- och transportforskningsinstitut
- Nilsson, J.-E., & Johansson, A. (2014). *SAMKOST - Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader*. Statens väg- och transportforskningsinstitut
- SIKA (2008), *Flygtrafikens externa effekter*, PM 2008:1, Statens institut för kommunikationsanalys.
- SIKA (2010). *Sjöfartens Externa effekter 2009*, PM 2010:1, Statens institut för kommunikationsanalys.
- Styhre, L. mfl (2014). *Energieffektiv svensk sjöfart*, IVL på uppdrag av Energimyndigheten, februari 2014.
- Riksdagens trafikutskott (2014). Stenografisk utskrift från trafikutskottets hearing den 3 april 2014 om framtidens luftfart 2013/14:RFR23
- Trafikanalys. (2012) *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – Rapport 2012*, Rapport 2012:3, Trafikanalys
- Trafikanalys. (2013) *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – Rapport 2013*, Rapport 2013:3, Trafikanalys

Trafikanalys. (2014a). *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader - bilagor 2014*. PM 2014:3, Stockholm: Trafikanalys.

Trafikanalys. (2014b). *Bantrafik 2013, Statistik 2014:15*. Stockholm: Trafikanalys.

Trafikverket. (2014a). *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.1*. Trafikverket

Trafikverket. (2014b). *Undersökning av däcktyp i Sverige – vintern 2014 (januari–mars)*. Publikation 2014:10. Trafikverket

Trafikverket. (2014c). *Banavgifter för ökad kund- och samhällsnytta - Slutredovisning 2014-05-16*. Publikation 2014:074. Trafikverket.