



**Automatiserad kolonnkörning – Rapport
en lösning för framtiden? 2016:22**

Automatiserad kolonnkörning – Rapport
en lösning för framtiden? 2016:22

Trafikanalys

Adress: Torsgatan 30

113 21 Stockholm

Telefon: 010 414 42 00

Fax: 010 414 42 10

E-post: trafikanalys@trafa.se

Webbadress: www.trafa.se

Ansvarig utgivare: Brita Saxton

Publiceringsdatum: 2017-01-18

Förord

Automatiserad kolonnkörning av långa lastbilar ter sig som en tänkbar framtida utveckling på vägtransportsidan. I denna rapport görs kostnadsberäkningar för ett fiktivt transportupplägg där transporten sker med järnväg, traditionell vägtransport (lastbil med släp) samt med automatiserad kolonnkörning. Såväl samhällets kostnader i form av kostnader för externa effekter, som företagskostnader i form av driftskostnader och godstidsvärden beräknas. Redovisningen baseras på ett uppdrag som har utförts av DB Schenker Consulting för Trafikanalys.

Kvalificerad utredare Petra Stelling har varit projektledare vid Trafikanalys. Avdelningschef Gunnar Eriksson har också deltagit i arbetet.

Stockholm i december 2016

Brita Saxton
Generaldirektör

Innehåll

Förord	3
Summary	7
Sammanfattning	8
1 Inledning	11
1.1 Bakgrund.....	11
1.2 Syfte	11
1.3 Metod	11
1.4 Disposition.....	12
2 Kolonnkörning	13
2.1 Vad är kolonnkörning?	13
2.2 Fördelar med kolonnkörning	14
2.3 Utmaningar för införande av kolonnkörning	17
2.4 Den tekniska utvecklingen	19
3 Jämförelsescenarier	23
3.1 Beskrivning av scenarier	23
3.2 Transportväg	24
3.3 Fordon.....	26
3.4 Scenarier i sammanfattning	27
4 Externa effekter och kostnader	29
4.1 Infrastruktur.....	30
4.2 Olyckor.....	31
4.3 Koldioxid.....	33
4.4 Övriga emissioner	35
4.5 Buller	36
4.6 Resultat externa kostnader	38
5 Företagsekonomiska kostnader	41
5.1 Resultat företagsekonomiska kostnader	43
6 Godstidsvärden	45
6.1 Resultat godstidsvärden.....	46
7 Slutsatser	49
8 Referenser	51
9 Appendix	53

9.1	Antaganden och förutsättningar	53
9.2	Externa marginalkostnader	54
9.3	Företagsekonomiska kostnader	59
9.4	Godstidsvärden	66
9.5	Referenser	67

Summary

More efficient road transport is a topic of great interest. Platooning and automation as well as the use of longer, heavier vehicles are all measures for increasing efficiency. Platooning results in lower fuel consumption mainly due to less air resistance as the vehicles are being driven closely together. Automation produces savings as the number of drivers may be reduced and the remaining drivers can use “driving time” in other ways, such as for administrative tasks or rest. Longer vehicles can carry more freight per vehicle, lowering the cost per transported ton. If these trends become commercialised and are combined in the future, road transport may be carried out as road trains in which many long vehicles drive in a platoon.

The potential costs of these future road transport alternatives are examined and compared with those of traditional road and rail transport in this report. The prerequisites for the various transport alternatives are illustrated using specific scenarios. The costs calculated are operating costs, external costs to society (e.g., emissions and wear and tear), and the value of transport time for the goods.

The results indicate that the future platooning of transport could reduce external costs to society by 30 per cent, given our prerequisites, compared with traditional road transport. The savings derive from technical development in terms of platooning and from external changes such as increased energy efficiency. Compared with the railway case, the platooning case results in a 15-per cent reduction in external costs.

A large share of the road cost reduction derives from less wear and tear on the infrastructure. The introduction of longer vehicles will reduce the total number of vehicles and increase the number of axles per vehicle, meaning that each axle carries less weight. The already lower cost of road wear and tear, compared with the comparable rail cost, will be even lower in the platooning case, increasing the difference between the rail and road infrastructure costs. Regarding the costs to society of carbon dioxide emissions, rail will continue to have much lower costs, even compared with future, more efficient road transport.

The rail transport case will still have the advantage in terms of operating costs, which differ by about 100 per cent of the platooned road transport operating costs, although the platooned road transport case will have operating costs about 30 per cent lower than those of traditional road transport. These savings derive mostly from fewer drivers being used in the automated concept, but also from fuel savings. Lead times are considerably shorter in the road transport than the rail transport case, implying lower costs in terms of goods transport time.

In summary, taking account of all costs, it can be concluded that future automated platooned road transport with long vehicles will operate at a total cost about 15 per cent higher than that of current rail transport but about 25 per cent lower than that of current traditional road transport.

Sammanfattning

Det pågår flera initiativ för att effektivisera vägtransporter. Sådana initiativ rör bl.a. kolonnkörning, automation och längre fordon. Kolonnkörning leder till bränslebesparing till följd av att luftmotståndet minskar när lastbilar kör nära efter varandra. Automation medför besparingar främst till följd av att förare kan använda tiden i lastbilen till annat än att köra, t.ex. till administrativa speditörsuppgifter eller till vilotid. Längre lastbilar innebär att mer gods kan transporteras per lastbil, vilket sänker kostnaderna per ton. När dessa trender kommersialiseras och kombineras kommer vägtransporter att ske med automatiserade långa lastbilar som kör nära varandra i fordonståg.

I denna rapport utreds vilka kostnader dessa framtida vägtransporter kan komma att ge upphov till och hur de står sig i konkurrensen i förhållande till traditionella väg- och järnvägstransporter. Förutsättningarna för detta illustreras med skilda scenarier för ett transportupplägg där ett framtida alternativ med utvecklade vägtransporter jämförs med dagens väg- respektive järnvägstransporter. I arbetet ingår således inte att på motsvarande sätt teckna en bild av framtida järnvägstrafik och illustrera dess innovationspotential. Beräkningarna omfattar företagsekonomiska kostnader, de s.k. godstidsvärdena och externa effekter som exempelvis emissioner samt slitage på infrastruktur.

Analysen visar att kostnaderna för de externa effekterna för framtida kolonnkörning, givet våra beräkningsförutsättningar, kan sänkas med ca 30 procent jämfört med dagens vägtransporter. Förändringarna beror dels på utvecklingen från traditionell lastbilstrafik till kolonnkörning dels på att duo-trailer används. Motsvarande jämförelse med järnvägstrafik visar att kostnaderna för de externa effekterna är ca 15 procent lägre med automatiserad kolonnkörning.

En stor del av kostnadsminskningen på vägsidan utgörs av en lägre infrastrukturkostnad, som är en följd av att längre fordon ger upphov till mindre slitage. Införandet av långa fordon gör att den stora skillnaden i infrastrukturkostnader mellan järnvägsscenario och vägscenariot med kolonnkörning kommer att bli ännu större än skillnaden mellan järnvägsscenario och det traditionella vägscenariot. Det kan konstateras att de samhällsekonomiska kostnaderna för koldioxid är betydligt lägre för järnväg än för vägtransport även jämfört med framtida kolonnkörning. Vidare är de externa kostnaderna för järnvägsalternativet betydligt lägre än för alternativet med traditionell vägtransport.

Sett till de företagsekonomiska kostnaderna kommer järnvägsalternativet att förbli det mest fördelaktiga, även jämfört med automatiserad kolonnkörning. Kostnaderna för dagens järnväg är nästan hälften av kostnaderna för framtidens kolonnkörning-scenario. Jämfört med dagens lastbilstransporter är dock framtidens kolonnkörning ca 30 procent billigare rent företagsekonomiskt, framförallt p.g.a. lägre kostnader för förare till följd av automatiserade fordon, men även till viss del tack vare bränslebesparingar. Eftersom ledtiden är längre vid transport via järnväg i valda scenarier, är godstidskostnaden betydligt lägre för lastbilstransporter än järnvägstransporter.

Vid summering av externa marginalkostnader, företagsekonomiska kostnader och godstidsvärden ges att de totala kostnaderna för automatiserade kolonnkörning med långa fordon är ca 15 procent högre än om godset fraktats med järnväg idag, men 25 procent lägre jämfört med om det fraktats med lastbilar idag.

Järnväg kommer även i framtiden att vara det mest fördelaktiga alternativet kostnadsmässigt, men skillnaden mellan väg och järnväg minskar med införandet av långa automatiserade fordon i kolonn.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den tekniska utvecklingen av vägfordon går snabbt. Det gäller inte minst förarstöd med inslag av automatisering. Tekniken bedöms redan idag, eller i en snar framtid, möjliggöra helt eller väsentligt mer automatiserade transporter. Förarlös trafik framstår inte längre som en utopi. Samtidigt går tekniken framåt också i andra avseenden. Fordons miljöprestanda blir bättre och informationssystem skapar förutsättningar för mer effektiv logistik. Lastbilars kapacitet utvecklas, ökad manövrerbarhet skapar tekniska förutsättningar för större lastbilar. Möjligheter till större fordon utreds också politiskt.

Kolonnkörning framstår i flera avseenden som ett viktigt steg i utvecklingen. Ett steg på väg mot fullständig automatisering, men också ett viktigt redskap för att "packa" automatiska fordon för effektiv trafikavveckling.¹ Tung vägtrafik kan mer komma att likna järnväg, men hur skulle det ekonomiska utfallet kunna komma att bli?

1.2 Syfte

Syftet med föreliggande arbete är att illustrera vad den utveckling som sker avseende automatisering och utveckling av nya fordonskoncept för godstransporter på väg kan komma att innebära i transportekonomiska termer. Kommer konkurrenskraften för vägtrafik att drastiskt förbättras? Kommer trafikens externa effekter förändras? Bör vi förvänta oss att utvecklingen innebär att konkurrenssituationen i förhållanden till järnvägstransporter väsentligen ändras?

Analysens huvudfokus är på vägtransporter och att illustrera tekniska lösningar som idag kan skönjas, och framtidsvisioner som idag diskuteras avseende automatisering och kolonnkörning.

1.3 Metod

Aktuella frågeställningar analyseras med hjälp av tre teoretiskt konstruerade logistikupplägg för ett varuflöde som är så stort och sker i (en) sådan relation att inte bara vägtransport, utan också järnväg kan vara en viktig del i logistikkedjan. Dessa logistikkupplägg bortser från juridiska och administrativa hinder. Så som uppläggen konstrueras har väginfrastrukturen inte heller några relevanta tekniska begränsningar.

Ett första scenario beskriver en utvecklad vägtransport med relativt långtgående automatisering. Status kring kolonnkörning och dess potentiella framtida effekter har kartlagts

¹ Trafikanalys har analyserat frågan specifik för lätta fordon i Rapport 2015:6, Självkörande bilar - utveckling och möjliga effekter.

genom litteraturstudier samt genom intervjuer med bland annat fordonstillverkare. Scenario beskriver en tänkt situation år 2030 och benämns utredningsalternativ (UA).

Detta framtidsinriktade scenario jämförs med att motsvarande transportuppgift genomförs med järnvägstransporter idag (JA1) respektive med ett vägtransportupplägg med dagens förutsättningar (JA2). Beskrivningen av de två jämförelsealternativen har tagits fram genom intervjuer med transportoperatörer och befintligt kunskapsunderlag vid Trafikanalys. Arbetet har resulterat i en modell där transportekonomiska parametrar redovisas och summeras för respektive scenario. Modellen, som är excelbaserad, tillåter också att beräkningsförutsättningar vid behov justeras.

Analysen har således skett i termer av företagsekonomiska kostnader, godstidskostnader respektive externa kostnader för det framtida alternativet (UA) samt jämförelsealternativen (JA1 och JA2). Värderingar av externa kostnader har till stor del baserats på Trafikverkets ASEK-värden samt på Trafikanalys rapport 2016:6 "*Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader*". Värderingar av företagsekonomiska kostnader och godstidsvärden utgår till stor del från Trafikverkets ASEK-värden samt rapporten "*Trafikens framtida externa effekter*" som WSP tagit fram på uppdrag av Trafikanalys.

Att analysen fokuserar på kostnader innebär att frågor om priser och marknadspåverkan ligger utanför arbetet.

1.4 Disposition

Rapporten inleds med ett kapitel om kolonnkörning, där fördelar, utmaningar och en bedömning av hur långt utvecklingen kan ha kommit år 2030 framgår. Därefter beskrivs jämförelsescenarier och dess parametrar. Vidare redovisas antaganden och resultat för i tur och ordning externa marginalkostnader, företagsekonomiska kostnader samt godstidsvärden. Avslutningsvis presenteras sammanfattande resultat och slutsatser i ett eget kapitel.

2 Kolonnkörning

I detta kapitel redovisas konceptet kolonnkörning samt dess fördelar, automation av fordon, samt utmaningar vid införande av automation och kolonnkörning. Vi går även igenom hur långt införandet av denna trafikeringsform kan ha kommit år 2030.

2.1 Vad är kolonnkörning?

Kolonnkörning (även kallad platooning) innebär att lastbilar körs tätt efter varandra och, i sin utvecklade form, tillämpar trådlös kommunikation för funktionell sammankoppling. En kolonn, eller ett fordonståg, bedöms normalt kunna bestå av mellan 2 och 10 fordon. Det finns ingen övre teknisk gräns för hur lång en kolonn kan vara, men vid fler än 10 fordon bedöms störningen på övriga trafikanter bli för stor i det scenario som här tecknas. Avståndet mellan fordonen i en kolonn kan vara från 3 sekunder ner till så kort som 0,2 sekunder, vilket vid en hastighet av 80 km/h motsvarar ett avstånd på ca 4,5 meter. På så sätt utnyttjas också luftsuget från framförvarande bil och luftmotståndet minskas.

För att fordonen ska kunna köra såpass nära varandra krävs att lastbilarna kommunicerar med varandra. När den första lastbilen bromsar skickas information till bakomvarande lastbilar så att också de uppför sig på samma sätt. När människans reaktionstid eliminerar genom kommunikationen mellan fordonen blir reaktionstiden för inbromsning nära noll.

Det finns redan idag många system som underlättar bilkörning för förare, såsom adaptiva farthållare (ACC) som tar hänsyn till framförvarande fordonets hastighet, Lane Keeping Aid (LKA) som hjälper föraren att hålla sig inom filen och Autonomous Emergency Braking (AEB) som varnar föraren samt bromsar vid risk för kollisioner. Kolonnkörning bygger vidare på dessa teknologier genom att utveckla Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) som nyttjar trådlös kommunikation mellan fordonen.²

I de försök som pågår med kolonnkörning har varje fordon i en kolonn en förare som styr fordonet medan tekniken gasar och bromsar, men på sikt räknar man med att förarna i efterföljande fordon skall kunna tas bort. Vid full automation skulle även det första fordonet i kolonnen kunna köra förarlöst.

Full automation ligger visserligen inte i närtid, men automation av följarbilar i ett fordonståg bör vara ett närmare steg än t.ex. full automation av personbilar då trafiksituationen är mindre komplex som följarbil på en dubbelfilig väg. Slutmålet för kolonnkörning är autonoma lastbilar som kan åka i långa fordonståg och med väldigt korta avstånd, likt järnvägståg.

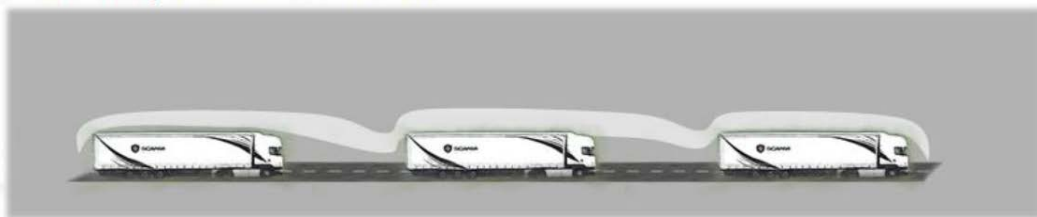
² Robbert Janssen (2015), *Truck platooning driving the future of transportation*, TNO

2.2 Fördelar med kolonnkörning

Fördelar med kolonnkörning inkluderar reducerad bränsleförbrukning, bättre nyttjande av infrastruktur, bättre trafikflöde, samt ökad trafiksäkerhet.

Bränslebesparing

Kolonnkörning drar således nytta av det minskade luftmotstånd som uppstår när fordon ligger nära varandra, illustrerat i Figur 1 nedan. Detta innebär minskad bränsleåtgång, vilket i sin tur reducerar både drivmedelskostnader och utsläpp av koldioxid och övriga emissioner. Då bränslekostnaden kan utgöra ca 30 procent av en transportörs totala kostnader, kan besparingar här ge stor effekt.³



Figur 1: Illustration av luftmotståndet vid kolonnkörning. Källa: Gunnar Tornmalm, Scania

Hur stor bränslebesparingen blir är beroende av hur nära lastbilarna kör varandra, eller annorlunda uttryckt, hur stor tidluckan mellan fordonen är. Ju kortare avstånd desto högre bränslebesparing. Störst besparing uppnår bilarna som kör inne i en kolonn, men även den första och sista bilen uppnår besparingar tack vare att luftmotståndet minskar också för dem. En tumregel är att första och sista bilen uppnår ca 50 procent av den besparing som fordon inne i kolonnen gör.

Lastbilstillverkare har genomfört olika tester för att mäta storleken på bränslereduktionen. Den aktuella sammansättningen med val av fordonsekipage, avstånd och hastighet påverkar det specifika testresultatet, men trenden att mindre avstånd mellan lastbilarna minskar bränsleförbrukningen är densamma oavsett vilken typ av lastbil som ingår.

Projekt SARTRE (Safe Road Trains for the Environment) har genomfört tester med kolonner med antingen två lastbilar eller med en kombination av lastbilar och personbilar, där personbilarna följer ett fordon i yrkestrafik såsom en buss eller lastbil. För lastbilarna är bränslebesparingarna uppmätta till mellan 8 och 13 procent för följande bilar och till mellan ca 2 och 8 procent för ledarfordonet, beroende på tidlucka till framförvarande fordon.⁴

Även Volvo Group och Scania har i sina tester visat att bränslebesparingen ökar med minskad tidlucka. Volvo Group har uppmätt en bränslebesparing om 10 procent på sin testbana.⁵ Scanias tester har visat att bränslebesparingen för mittenfordon sänks med ca 2 procent vid en tidlucka på 3 sekunder och med ca 5 procent om tidluckan är två sekunder. Sådana avstånd mellan fordonen kan hanteras säkert med hjälp av vanlig adaptiv farthållaren. Sänks avståndet till 1 sekund, vilket också bedöms kräva kommunikation mellan fordonen, blir bränslebesparingen 7 procent. Scanias bedömning är att bränsleförbrukningen kan minska

³ Sverker Brundin, "Ledarbilen styr självkörande konvojen till kontinenten", *Ny Teknik*, 2016-03-17 <http://www.nyteknik.se/nyheter/ledarbilen-styr-sjalvkorande-konvojen-till-kontinenten-6535005>

⁴ Davila, *D4.3 Report on Fuel Consumption*, SARTRE, Applus+ IDIADA, http://www.sartre-project.eu/en/publications/Documents/SARTRE_4_003_PU.pdf

⁵ Sverker Brundin, "Ledarbilen styr självkörande konvojen till kontinenten"

med ca 10 procent vid tidluckor på 0,5 och 1 sekund och med ca 15 procent vid tidluckor på mellan 0,5 och 0,2 procent.⁶

En annan betydande aspekt för bränslebesparingen är, förutom avståndet mellan fordonen, de aerodynamiska egenskaperna hos lastbil med släp. Det har gjorts tester i Japan som visar på bränslebesparingar om hela 22 till 24 procent med fordon på 5 meters avstånd. Dessa resultat gällde just den specifika testade fordonskombinationen, vilken hade goda aerodynamiska egenskaper. Även hastigheten påverkar bränslebesparingen. Vid hastigheter under 40 till 50 km/h ges inga större effekter på bränslebesparing. Störst besparing sker istället vid ca 80 km/h på stora vägar.⁷

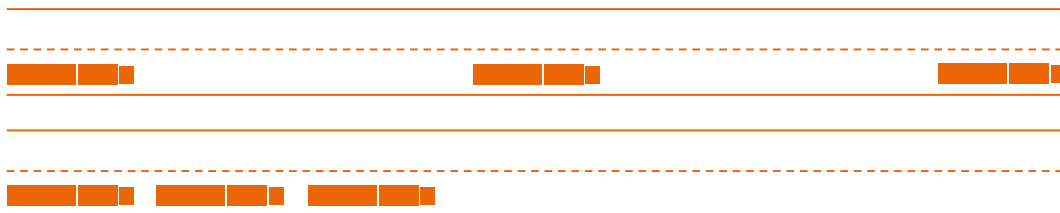
Arbetstidsbesparing och ökad nyttjandegrad av fordon

Vid automatiserad kolonnkörning, som tillåter att huvuddelen av fordonen kör förarlöst, uppnås stora besparingar då förarlöner står för en stor andel av åkeriers kostnader. Det skulle även innebära en högre nyttjandegrad av fordonen eftersom fordonen skulle kunna köra kontinuerligt utan att förare behöver stanna för vilotid.

Även innan full automatisering skulle betydande besparingar kunna uppnås, då partiell automation skulle kunna innebära att förare i efterföljande lastbilar i en kolonn skulle kunna ägna tiden åt administrativa sysslor eller vilotid.

Bättre nyttjande av infrastruktur

När lastbilar kör närmare varandra kommer de att kräva mindre vägyta, eller annorlunda uttryckt, färre filmeter. Ett räkneexempel ger att tre lastbilar på 25,25 meter som tillämpar den klassiska 3-sekundersregeln för att hålla avståndet till varandra, tar knappt 210 meter vägsträcka i anspråk när de körs i 80 km/h. Samma lastbilsekipage tar vid kolonnkörning med en tidslucka om 0,2 sek en sträcka om knappt 85 meter i anspråk, vilket illustreras i Figur 2 nedan.



Figur 2: Illustration av i anspråkstagen fillängd för 25,25 meters lastbilar vid tillämpning av 3-sekundersregeln (överst) resp. kolonnkörning med tidlucka 0,2 sek (nederst).

Att nyttja befintlig infrastruktur mer effektivt är en allt viktigare aspekt för att förbättra framkomlighet och tillgänglighet i takt med mer trafik och begränsade anslag för byggande av ny vägkapacitet. Att lastbilarna tar upp mindre plats på vägarna skulle kunna bidra till att minska trängseln. Detta är en aspekt som forskare undersöker i bl.a. Japan, då de har en växande befolkning och mer begränsat utrymme för infrastruktur.⁸

En parallell kan dras till självkörande personbilar. Där visar analys bl.a. att det krävs mycket små tidluckor för att kapaciteten i transportsystemet ska öka vid automatisering, helst ned mot 0,1 sekunder mellan fordonen. Detta resonemang bör kunna appliceras även på lastbilar. De

⁶ Gunnar Tornmalm, Head of Predevelopment, Systems Development Scania, intervju 2016-04-13

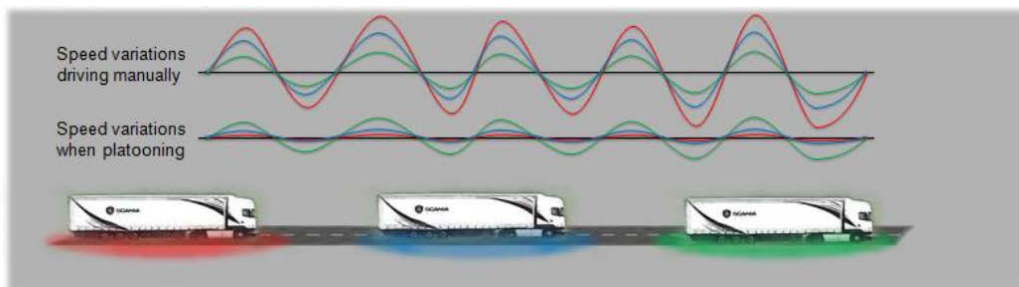
⁷ Magnus Adolfson, Group Manager Scania, intervju 2016-04-15

⁸ Steven Ashley, "Truck platoon demo reveals 15% bump in fuel economy", *SAE International*, 2013-05-10 <http://articles.sae.org/11937/>

stora vinsterna vad gäller infrastrukturens kapacitet uppnås dock först när alla fordon är självkörande. För personbilar visar beräkningarna att kapaciteten då kan öka med ca 70 till 100 procent.⁹

Bättre trafikflöde

Kommunikationen mellan fordon i en kolonn, innebär att alla lastbilar i den kommer att bromsa samtidigt och med samma kraft, vilket minskar, eller idealt eliminerar, dragspelseffekten med svängningar i hastigheten. Detta leder till ett förbättrat trafikflöde på vägarna och mindre köer.¹⁰ I Figur 3 illustreras hur hastighetsförändringarna ser ut per lastbil om de körs manuellt jämfört med om lastbilarna kör i kolonn.



Figur 3: Illustration av hur trafikflödet förbättras vid kolonnkörning till följd av att dragspelseffekten minskar, eftersom alla lastbilar bromsar och accelererar simultant. Källa: Gunnar Tornmalm, Scania

Ökad trafiksäkerhet

I Holland hävdar Veilig Verkeer Nederland, en organisation som arbetar för förbättrad trafiksäkerhet, att lastbilar som kör för nära andra fordon är en stor orsak till olyckor och ett problem för trafiksäkerheten.

Då en lastbil färdas i ett automatiserat fordonståg förhindrar teknologin lastbilen att köra in i lastbilen framför och bromssträckan kortas eftersom den mänskliga reaktionsförmågan elimineras, så reaktionstiden blir nära noll.¹¹ Detta förväntas leda till färre olyckor och ökad trafiksäkerhet. En återkommande bedömning från industrin är att fordon i en kolonn inte kommer att krocka med varandra eller med framförvarande bil.¹²

Det framhålls ofta att kolonnkörning och automation bör öka trafiksäkerheten eftersom 85 till 90 procent av alla trafikolyckor beror på "den mänskliga faktorn". Det är dock svårt att svara på om automation kommer att leda till motsvarande reduktion av olyckor, då automatisering i andra industrier (t.ex. processindustri, sjukvård, flyg och sjöfart) historiskt har visat sig skapa nya problem som varit svåra att förutsäga.¹³

⁹ Trafikanalys (2015) *Självkörande bilar – utveckling och möjliga effekter*, Trafikanalys 2015:6, Stockholm

¹⁰ Magnus Adolfson, Scania

¹¹ Anders Kellström, Volvo Group

¹² Jonas Gadolin, Manager Long Haul Solutions, Volvo Group Trucks Technology, intervju 2016-04-13

¹³ Jesper Sandin, Forskare, Förare och fordon, VTI: Statens väg- och transportforskningsinstitut, e-mail 2016-04-08

2.3 Utmaningar för införande av kolonnkörning

Lastbilstillverkare genomför således idag försök med kolonnkörning med goda resultat. Något som återstår är att säkerställa att tekniken fungerar i alla väder, t.ex. vid halka och snö. Det återstår också utveckling för att komma ned till riktigt korta avstånd mellan fordonen. I tillägg behöver ytterligare ett antal utmaningar hanteras innan kolonnkörning kan införas, framförallt rörande samverkan med omgivande trafikanter.

Innan konceptet kan lanseras kommersiellt krävs bl.a. förändringar av lagar och regler.

Själva teknikutvecklingen i sig har fordonstillverkarna stor tilltro till. Nedan följer en genomgång av andra utmaningar.

Infrastruktur

De infrastrukturella frågorna som lyfts berör främst vilka vägar kolonnkörning ska få förekomma på, samt huruvida det krävs infrastrukturella satsningar för att minska påverkan på övriga trafikanter. I Sverige ser Trafikverket främst möjligheter till kolonnkörning på fyrfiliga vägar, men inte på s.k. 2+1-vägar med trånga påfarter.¹⁴ I sådana miljöer befaras påverkan på övriga trafikanter bli för stor. Flera andra frågor som rör infrastrukturens utformning behöver utredas, t.ex. hur rondeller, trafikljus och på- respektive avfarter bäst bör utvecklas.¹⁵

Påverkan övriga trafikanter

Det är inte klarlagt hur övriga trafikanter påverkas av att lastbilar kör i kolonn. Det och inte minst relaterade effekter på trafiksäkerhet måste utvärderas vidare. Om lastbilar i ett fordonståg ligger mycket nära varandra är det inte möjligt för övriga trafikanter att köra in mellan fordonen, vilket kan vålla problem.

Det är främst trafik i anslutning till på- och avfarter som innebär utmaningar, då en kolonn med lastbilar kan hindra övriga fordon från att köra ut på eller av motorvägen om inga anpassningar i övrigt görs. För större flerfiliga vägar skulle detta kunna lösas genom att fordon i kolonn hänvisas till en specifik fil, samt att denna fil inte placeras längst till höger, där på- och avfartsfiler idag normalt ligger.¹⁶ Ett annat alternativ är att fordonen i en kolonn tillfälligt ökar avstånden vid på- och avfarter för att ge övriga fordon möjlighet att passera. Detta måste i så fall ske automatiskt, antingen vid alla på- och avfarter eller snarare vid behov baserat på information angående andra fordon i omgivningen, sannolikt genom direkt kommunikation med övriga fordon.¹⁷

Det är även osäkert hur kolonnkörning påverkar benägenheten för övriga trafikanter att köra om. Det kan påverka både trafiksituation och risk för olyckor. Fordonstillverkare behöver även klargöra hur kolonnkörning fungerar vid olika väderförhållanden, exempelvis hur halka ska hanteras för att bibehålla säkerheten.¹⁸ Det kan även uppstå problem med regnvatten vid omkörningar.¹⁹

¹⁴ Maria Krafft, måldirektör Trafikverket, seminarium 2016-03-18

¹⁵ Janssen et al, TNO

¹⁶ Björn Mårdberg, Research Engineer, Volvo Group Trucks Technology, intervju 2016-04-13

¹⁷ Gunnar Tornmalm, Scania

¹⁸ Gunnar Tornmalm, Scania

¹⁹ Ashley, Steven, "Robot truck platoons roll forward", BBC, 2014-11-18

<http://www.bbc.com/future/story/20130409-robot-truck-platoons-roll-forward>

Teknikutveckling

En stor del av tekniken för kolonnen finns redan idag. Viss teknikutveckling återstår för att lastbilar ska kunna köra med riktigt korta avstånd. Ett exempel är att inbromsning måste ske tillräckligt snabbt, så att en lastbil kan bromsa tillräckligt snabbt för att inte riskera att köra in i framförvarande lastbil, även vid korta tidluckor. Teknikutvecklingen på området går snabbt framåt och detta anses inte utgöra något avgörande hinder för kolonnkörning.²⁰

Det krävs även tillförlitlig uppkoppling längs vägen. Idag pågår försök mellan Scania och Ericsson om nyttjande av 5G för trådlös kommunikation mellan fordon i kolonn. Den nya tekniken innebär högre kommunikationshastighet och högre tillförlitlighet än tidigare. Eftersom kommunikationen mellan enheter via 5G kan fördelas till en särskild prioriterad kommunikationskanal, behöver inte fordonen konkurrera om hastighet med övriga användare.²¹

För att kolonnkörning ska få maximalt genomslag krävs att olika transportörer med olika fordonsfabrikat kan ingå i samma kolonn. På så sätt är sannolikheten större att fordonståg kan färdas tillsammans längre sträckor och att större besparingar kan uppnås. För att detta ska kunna ske krävs standardiserad kommunikationsteknik och utvecklad teknik som fungerar mellan olika fordonstillverkare. Projekt avseende gemensam teknik för skilda fordonstillverkare är redan planerade.²² Även EU har kommit med önskemål om att alla tillverkare ska samlas kring en gemensam standard för kommunikation.²³

IT-Säkerhet

Kolonnkörning med uppkopplade fordon och mer komplexa system ökar risken för intrång och sabotage. Fordonstillverkarna arbetar med att skydda fordonen genom bl.a. krypterad kommunikation och dubbla signaler i systemet. Förutom att skydda själva körningen handlar det även om att skydda ekipagen från stölder av lastbilar, släp och gods.²⁴ Redan för dagens bilar är dataintrång ett potentiellt hot. Förutom att arbeta med att förhindra dataintrång, arbetar man med att minimera påverkan, t.ex. genom att fordon programmeras att stanna om det blir hackat.²⁵

Lagstiftning

För att kolonnkörning ska kunna införas krävs förändringar vad gäller lagstiftning. Kolonnkörning får även konsekvenser vad gäller ansvarsfrågor, speciellt vid hög grad av automation.

Regeringen har också tillsatt en utredning för att ta fram den nya lagstiftning som behövs.²⁶ Utredningen har redovisat ett delbetänkande avseende lagstiftning som möjliggör fortsatt utveckling av självkörande fordon.²⁷ Utredningen ska slutredovisa sitt arbete i november 2017 och då också lägga fram förslag till en lagstiftning som fungerar långsiktigt.

²⁰ Jonas Gadolin, Volvo Group Trucks Technology

²¹ Anders Ställberg, projektledare City Automation, Pressmeddelande, 2016-05-25 <http://www.scania.com/group/en/scania-testar-5g-teknik-i-samarbete-med-ericsson/>

²² Magnus Adolfson, Scania

²³ Gunnar Tornmalm, Scania

²⁴ Eddie Pröckl, "Långt kvar till självkörande lastbil", *Ny Teknik*, 2016-04-06 <http://www.nyteknik.se/forдон/langt-kvar-till-sjalvkorande-lastbil-6538107>

²⁵ Gunnar Tornmalm, Scania

²⁶ Självkörande fordon, dir. 2015:114

²⁷ Vägen till självkörande fordon – försöksverksamhet, SOU 2016:28

Förarens roll

En utmaning med automatiserad kolonnkörning är inverkan på förarens arbetssituation. VTI har med hjälp av Scania forskat på hur förare upplever körning i kolonn. Förarna körde med tidlucka 1 till 3 sekunder till framförvarande lastbil och fick sedan utvärdera upplevelsen. Nackdelarna som studien främst fann var att det var långtråkigt att bara titta in i bilen framför, förarna vill veta vad som händer längre fram på vägen, samt att det blev något ryckigt i backar då teknologin som användes i testet var av äldre modell. Ryckigheten har sedan dess åtgärdats i nya generationens teknik. Resultatet visade även på positiva aspekter, upplevelsen var att körsättet fungerade utan problem och en oväntad bonus var den sociala biten då raster spenderades gemensamt.²⁸

Kolonnkörning med hög automationsgrad öppnar upp möjligheten att förändra förarens roll i fordon. Då fordonet kör sig självt kan föraren istället ägna tid åt exempelvis administrativa arbetsuppgifter eller nyttja tiden som vilotid.²⁹ Detta skulle kunna medföra att föraryrket blir mer attraktivt dock finns det även de som hävdar motsatsen. När tekniken fulländas behöver förare överhuvudtaget inte följa med, åtminstone inte i de fordon som inte leder kolonnen.

Affärsmodeller

Vid kolonnkörning kommer bränslebesparingen att fördela sig olika över fordonen beroende på var de befinner sig i kolonnen. Då fordonen tillhör olika operatörer kommer det troligen att krävas affärsmodeller som fördelar besparingen till de ingående operatörerna.³⁰ Detta kan dock följa som en naturlig del i framtidens "molntjänster" och bör inte utgöra något hinder för införande av kolonnkörning. Det kan ske en avräkning mellan operatörer i förhållande till fordons placering i gemensamma kolonner.

Logistik

Kolonnkörning måste svara upp mot varuägares krav och deras behov av att optimera transporter i förhållande till processer hos avsändare och mottagare. Krävs ett jämnt flöde av gods krävs sannolikt kolonnkörning med lastbilar som färdas i skilda relationer, men som kan färdas tillsammans i en kolonn på delar av sträckan. Det samma gäller för mindre och tillfälliga flöden.

2.4 Den tekniska utvecklingen

Fordonsteknisk utveckling går snabbt, i synnerhet avseende automatisering och "sakernas internet". Det är knappast meningsfullt att försöka prognosticera utvecklingen. I det här arbetet väljer vi istället att arbeta med scenarier som beskriver möjliga utvecklingsvägar. Som underlag för det finns det anledning att analysera relevanta utvecklingstrender. Vårt perspektiv är år 2030 – ca 15 år fram i tiden.

²⁸ Gunnar Thornmalm, Scania

²⁹ Torbjörn Holmström, Volvo Group

³⁰ Janssen et al, TNO

Vid sidan av teknisk utvecklingen kommer det också att spela stor roll hur arbetet med lagstiftning kring kolonnkörning och automation fortskrider, men också hur väl allmänheten accepterar kolonnkörning på vägarna.

Infrastruktur

I framtiden kommer troligen i princip alla (nya) fordon att vara uppkopplade och använda "molntjänster" för att kommunicera med varandra. Det är rimligt att tro att det vid någon tidpunkt kommer att införas krav på att fordon ska kunna kommunicera med andra fordon, med infrastrukturen eller med "molnet" för att tillåtas trafikera vissa vägar eller filer. Det finns då ett anpassat uppkopplat vägnät mellan stora logistikhubbar i Sverige och i Europa. Ett sådant vägnät kan mycket väl vara utrustat med en fil allokerad för kolonnkörning. På andra vägnät kanske kommunikation sker med övriga fordon för att hantera behov av tillfällig separering av fordonståg för att underlätta för andra fordon vid på- och avfarter.³¹ Ett scenario som idag kan förefalla troligt är att lastbilar kring år 2030 endast får färdas i kolonn på dubbelfilig motorväg eller motsvarande.³²

Tidluckor

Hur stor tidlucka mellan fordon kommer i framtiden betraktas som optimal? Aspekter som talar för korta avstånd är effekten på bränsleanvändningen, att det sker en snabb teknikutveckling på området samt att det redan idag tillämpas tidluckor på 0,5 till 1 sekund utan problem. Effektiv användning av infrastrukturkapacitet talar också för korta tidluckor. Den allmänna förväntan på utvecklingen i branschen är att tidluckorna kommer att vara ca 0,2 sekunder, vilket vid 80km/h ger ett avstånd på ca 4,5 meter mellan fordonen.³³

Det som talar för längre avstånd är att det krävs teknikutveckling både avseende kommunikationsteknik och bromsteknologi för att nå ner till mycket korta avstånd. Systemet måste säkerställa att fordon i kolonnen inte bromsar in snabbare än efterföljande fordon har möjlighet att hantera.³⁴

Automation

För automatisering spår Janssen et. al att långtgående automatisering är tillgänglig tidigast år 2030, och pekar på att det beror mycket på politisk vilja, teknisk utveckling samt allmänhetens acceptans.³⁵ EPoSS, sammanslutningen för europeiska teknikföretag och forskningsmiljöer, har tagit fram en färdplan för självkörande fordon som innebär att fordon år 2025 förväntas vara självkörande på motorvägar. År 2030 bedömer samma organisation att självkörande fordon ska vara tillåtna i stadsmiljö.³⁶

Det kan idag förefalla sannolikt att vi år 2030 fortfarande har en förare i första bilen av en fordonskolonn, medan övriga bilar är förarlösa. På sikt talar det mesta för att helt autonoma lastbilar blir verklighet, något som bör kunna skapa nya förutsättningar för logistik såväl som för trafikplanering.³⁷

³¹ Gunnar Thornmalm, Scania

³² Maria Krafft, Trafikverket

³³ Jonas Gadolin, Volvo Group Trucks Technology

³⁴ Gunnar Thornmalm, Scania

³⁵ Janssen et al, TNO

³⁶ Trafikanalys 2015:6 *Självkörande bilar – utveckling och möjliga effekter*

³⁷ Gunnar Thornmalm, Scania

Molntjänster

I framtiden spås uppkopplade fordon göra det möjligt att nyttja molntjänster för ruttoptimering och trafikplanering. De kommer t.ex. att kunna ta hänsyn till aktuell trafiksituation för att anpassa färdväg, samt hitta fordon som har rätt förutsättningar för gemensam körning. I den utsträckning även personbilar är uppkopplade kan dessa få information om när kolonner är på väg och anpassa hastigheten för att inte störas av dessa.³⁸

Lastbilarna kommer även att kunna ta hänsyn till väggeometri för att styra inbromsningar och accelerationer. Genom anpassning till framförvarande vägvagnsnitt uppnås större bränslebesparingar än genom att enbart accelerera eller bromsa för att anpassa till framförvarande fordonets hastighet. En sådan funktion har större potential i mer kuperad terräng såsom på många håll i Sverige jämfört med t.ex. Nederländerna. I framtiden spås molntjänster med flexibla farthållare finnas i de fordon som ingår i en kolonn. Eftersom hastigheten då kommer att anpassas efter backar och kurvor, kommer avstånden mellan fordonen att variera något för att optimera bränsleförbrukningen.³⁹

En kolonn skulle kunna formeras på olika sätt i framtiden. Det skulle kunna ske direkt hos avsändaren, förutsatt att samma operatör handhar alla fordonen. Det är högst troligt att standardiserad teknik gör att kolonnkörning kan ske oberoende av fordonstillverkare och vilket åkeri fordon tillhör. En kolonn kan då även formeras med hjälp av molntjänster. En möjlighet är att kolonner schemaläggs och att lastbilen kontaktar molnet för att få information om när en lämplig kolonn kommer att formeras eller dyka upp.⁴⁰ Då kan lastbilen anpassa avgångstid och hastigheten för att lagom ansluta till kolonnen när den kommer.⁴¹ Molntjänsten måste då ta hänsyn till vilka fordon som har rätt förutsättningar för att bilda en kolonn och fastställa bl.a. vilken acceleration och retardation som kan tillåtas för kolonnen. Det kan exempelvis kräva information om fordonens tyngd, deras tekniska prestanda och sätta det i relation till ruttens egenskaper, bl.a. till förekomst av backar.⁴²

Antal lastbilar

Sedan några år testar Scania kolonnkörning i egen regi för transporter mellan Södertälje och Zwolle, NL. Som mest har en kolonn bestått av tre lastbilar i dessa tester, det finns dock inga tekniska hinder för att köra fler fordon i en sådan kolonn. Begränsningen utgörs snarare av upplevelsen hos omgivande trafik. Det finns risk att omgivande trafikanter skulle uppleva det besvärligt med en väldigt lång kolonn. Ett hjälpmedel för att hantera detta i framtiden kan således vara uppkoppling av alla fordon, då personbilar skulle kunna få stöd för att inte störas av kolonner. Förutsatt att alla fordon är uppkopplade är det inte orimligt med upp till 10 fordon i en kolonn, men vid fler fordon än så, finns det fördelar med att snarare bilda fler kolonner.⁴³ Konflikterna med annan trafik kan bli mindre och trafikavvecklingen i systemet kan bli mer hanterlig.

³⁸ Gunnar Tornmalm, Scania

³⁹ Gunnar Tornmalm, Scania

⁴⁰ Janssen et al, TNO

⁴¹ Magnus Adolfson, Scania

⁴² Gunnar Tornmalm, Scania

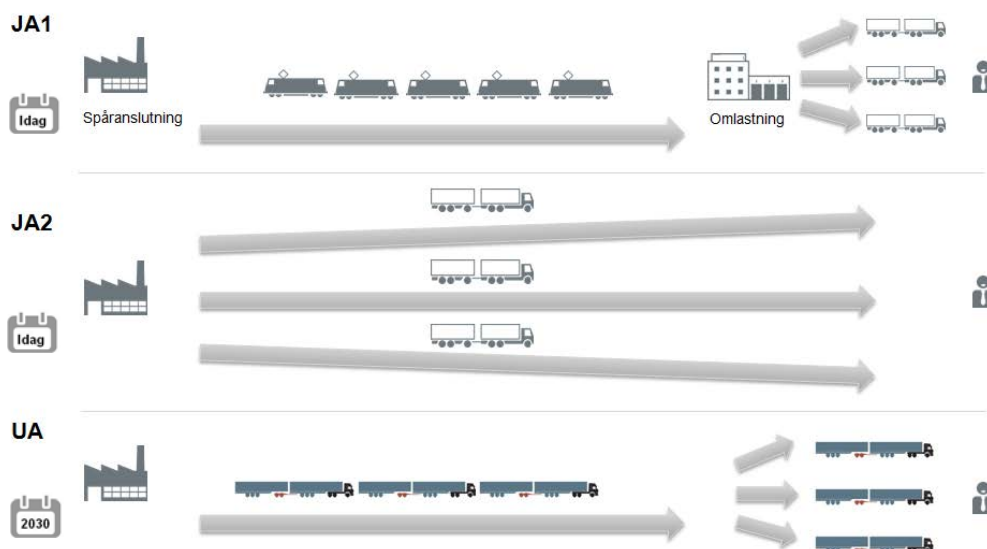
⁴³ Magnus Adolfson, Scania

3 Jämförelsescenarier

I detta kapitel följer en beskrivning av de tre scenarier som analyseras, liksom av vald sträcka som beräkningarna och analysen baseras på. Beräkningar redovisas mer i detalj i Appendix.

3.1 Beskrivning av scenarier

I rapporten jämförs således tre scenarier som benämns Jämförelsealternativ 1 (JA1), Jämförelsealternativ 2 (JA2), samt Utredningsalternativ (UA). Dessa illustreras schematiskt i Figur 4 nedan.



Figur 4: Schematisk bild över scenarier. JA1= järnväg idag, JA2 = lastbil med släp idag, UA = duo-trailers i kolonn år 2030

Analysen baseras på att en godsvolym motsvarande ett helt systemtåg ska transporteras, vilket motsvarar 614 ton.⁴⁴

I JA1 – dagens järnvägstransport – fraktas godset med ett tåg från en avsändare med spåranslutning till en mottagare utan spåranslutning med tillämpning av dagens teknik på järnväg. Omlastning sker och sista biten till mottagare går på väg. Scenariot utspelar sig således i nutid.

I JA2 – dagens vägtransportupplägg – fraktas godset på väg från en avsändare direkt till en mottagare med tillämpning av dagens teknik på väg. Scenariot utspelar sig liksom JA1 i nutid.

⁴⁴ Trafikverket (2016), ASEK 6.0 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*, www.trafikverket.se/asek, tabell 14.5

Scenario UA – utredningsalternativet – utspelar sig år 2030 och innebär kolonnkörning med lastbilar. Hänsyn tas till utveckling inom automation och fordonsteknik. Scenariot har givits en tekniskt sett ambitiös utformning för att söka fånga hela den potentiella potential som ett sådant logistikupplägg kan komma att ha.

Följande parametrar gäller för UA:

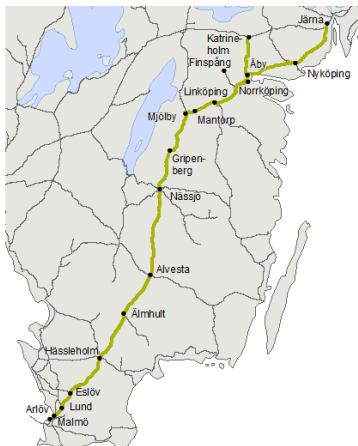
- Tidluckan för kolonnkörning är 0,2 sekunder.
- En och samma operatör kör hela kolonnen, dvs. det finns inte behov av någon samordningstjänst för kolonnkörning.
- Utvecklingen inom automation tillåter hög grad av automation, med enbart förare i första fordonet i kolonnen.
- Föraren får tillgodoräkna sig körtid på motorvägen som vilotid, vilket innebär att kör- och vilotidsregler inte måste beaktas.
- Kolonnkörning fungerar på hela motorvägssträckan, störningen för övriga trafikanter elimineras genom trådlös kommunikation.
- Den sista biten (5 km) till mottagare körs på mindre vägar där kolonnkörning inte fungerar (av tekniska eller logistiska skäl). Här körs istället varje lastbil av förare. Vid upplösningen av kolonnen utgår vi ifrån att det finns förare tillgängliga för att köra fordonen vidare de sista 5 km.

3.2 Transportväg

För beräkningar har sträckan Malmö till Stockholm (Järna) valts. Vid val av transportväg för jämförelsen har hänsyn tagits till följande krav:

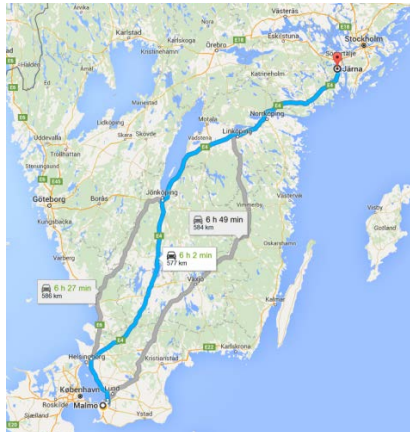
- Transporten ska vara rimlig att utföra med järnväg.
- Transporten ska omfatta fjärrtransporter och skulle även kunna omfatta distributionstransporter.
- Vägen ska ha tillräcklig bärighet för vald lastbil.
- Fjärrtransporten ska ske på motorväg eller 2-filig separerad väg för att tillåta kolonnkörning.

För järnvägsalternativet innebär valet av sträcka att Södra stambanan används, vilken är elektrifierad med dubbelspår. Sträckan beräknas bli 615 km lång. Detta är en av Sveriges viktigaste järnvägsförbindelser och används för både gods- och persontrafik, se Figur 5.²²



Figur 5: Södra stambanan. Källa: Trafikverket ⁴⁵

Motsvarande sträcka för vägtransport är E4, en motorväg med den högsta bärighetsklassen (BK1). Sträckan på motorväg är ca 580 km, se Figur 6. Det är idag motorväg hela sträckan förutom 32 km motortrafikled förbi Ljungby mellan Kånna och Toftaholm. Denna planeras dock byggas om till motorväg, ett projekt som beräknas vara klart år 2021,⁴⁶ dvs. i god tid till när scenario UA infaller. Sträckan föreslås av Trafikverket att ges bärighet 74 ton i framtiden, vilket innebär större bärighet än idag.⁴⁷



Figur 6: Illustration sträcka E4. Källa: Google Maps

⁴⁵ Trafikverket, "Södra stambanan", <http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/sveriges-jarnvagsnat/sodra-stambanan/>

⁴⁶ Trafikverket, "E4, Ljungby–Toftanäs", <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Kronoberg/projekt-i-kronobergs-lan/E4-Ljungby-Toftanas/>

⁴⁷ Trafikverket, "Delar av statliga vägnätet kan öppnas för tyngre fordon", <http://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/nationellt/2014-08/delar-av-statliga-vagnatet-kan-oppnas-for-tyngre-fordon/>

3.3 Fordon

Scenario JA1 Järnväg

För dagens järnvägsscenario JA1 baseras analysen på ett eldrivet systemtåg. Sista biten till mottagare transporteras godset på väg, för denna sträcka används lastbil med släp.

Scenario JA2 Lastbil

Dagens lastbilsscenario innebär frakt med lastbil med släp. Denna fordonskombination fraktar idag stora godsmängder på svenska vägar. Tillämpning av genomsnittlig vikt/volymsfaktor ger att godsvolymen totalt motsvarar 19 lastbilar med släp.

Scenario UA Kolonnkörning

För att uppnå ökad energieffektivitet i vägtransporter pågår sedan några år i Sverige försök med längre och tyngre fordon, High Capacity Transports (HCT-fordon). Det är olika typer av fordon som har högre lastkapacitet, och därmed kan frakta större volym och/eller större vikter.

För att dessa längre och tyngre fordon ska kunna användas krävs att regler för svenska vägnätet för maximal vikt och längd på lastbils ekipage förändras. Det pågår som nämnts utredningar angående möjligheter till och konsekvenser av sådana förändringar. Under tiden utredning pågår ges speciella tillstånd för vissa ekipage och sträckor, för att utföra tester och göra det möjligt att utvärdera sådana fordon. I detta scenario (år 2030) förväntas HCT fordon rulla på de aktuella vägarna, troligen med en max tillåten vikt på 74 ton snarare än 80 ton.⁴⁸

I tester av olika typer av HCT-fordon har duo-trailern nått bäst resultat vad gäller effektivitet och reduktion av utsläpp i förhållande till transportarbete.⁴⁹ Ett duo-trailerekipage består i princip av en dragbil och en dubbeltrailer, se Figur 7. I försök som genomförts har hela ekipage haft en längd på 32 meter, 66 pallplatser och en maximal bruttovikt på 80 ton.⁵⁰ Försöken med duo-trailers visar på en bränslebesparing på 27 procent jämfört med singeltrailers. Ekonomisk besparing uppstår även till följd av behov av färre dragfordon och färre förare.⁵¹ Jämfört med traditionell lastbil med släp innebär en duo-trailer en ökad bränsleförbrukning per fordonskilometer med ca 23 procent.⁵² Översatt till pallplatskapaciteten innebär detta en besparing på drygt 10 procent vid frakt med duo-trailer jämfört med lastbil med släp.

För detta scenario har också fordonstypen duo-trailer valts. Tillåten vikt har satts till 74 ton, vilket ligger i linje med Trafikverkets planer för uppgradering av den aktuella motorvägen. Det innebär att varje ekipage får lasta max 43,5 ton gods. För att få med en godsvolym motsvarande aktuellt systemtåg (614 ton) krävs 15 duo-trailers. Dessa ekipage delas in i 2 kolonner om vardera 7 respektive 8 fordon, där den första lastbilen i varje kolonn har en förare medan övriga fordon är automatiserade.

⁴⁸ Ida Jonsson, Konsult, expert inom HCT-området, DB Schenker Consulting, intervju 2016-03-24

⁴⁹ Ida Jonsson, DB Schenker Consulting

⁵⁰ Duo2-projektet, <http://duo2.nu/>

⁵¹ Ida Jonsson, DB Schenker Consulting

⁵² Rustan Eliasson, VD DB Schenker Equipment, intervju 2013-04-22



Figur 7: Duo-trailer bestående av en dragbil och en dubbeltrailer. Källa: DB Schenker.

Fordonskombinationen är flexibel då trailers vid behov kan nyttjas som singeltrailers. Merkostnader inkluderar något ökat underhåll samt ökat däckslitage eftersom en duo-trailer har 11 axlar, jämfört med 7 axlar för lastbil med släp. En duo-trailer innebär även ökad rangeringstid med ungefär en halv timme jämfört med lastbil med släp.⁵³

3.4 Scenarier i sammanfattning

Sammantaget är avståndet något längre för järnväg än för väg. Ledtiden skiljer sig mellan trafikslagen. För tåg bedöms körtiden vara 8 timmar. För lastbil räknas körtiden ut baserat på uppskattad genomsnittshastighet, 80 km/h på motorväg respektive 40 km/h på småvägar. För scenariot för dagens lastbilstrafik (JA2) innebär avståndet att föraren måste ta rast 45 minuter längs sträckan, vilket sammantaget ger en kör- och vilotid om 8 timmar och 4 minuter. Tabell 1 visar en sammanfattande sammanställning av förutsättningar för respektive scenario.

Tabell 1: Sammanställning av scenarier. JA1 = järnväg idag, JA2 = lastbil med släp idag, UA = duo-trailers i kolonn år 2030.

Scenario	Transportslag	Tid	Avstånd [km]	Last/fordon [ton]	Antal fordon	Kör-tid [h]	Vilo-tid [h]	Om-lastnings-tid [h]	Antal förare	Kolonn
Scenario JA1										
Delsträcka 1	Systemtåg	Idag	615	614	1	8		6	1	NEJ
Delsträcka 2	Lastbil med släp	Idag	5	32,5	19	0,1		1	19	NEJ
Scenario JA2										
Delsträcka 1	Lastbil med släp	Idag	582	32,5	19	7,32	0,75	1	19	NEJ
Scenario UA										
Delsträcka 1	Duo-trailer	2030	577	43,5	15	7,2		1,9	2	JA
Delsträcka 2	Duo-trailer	2030	5	43,5	15	0,12			15	NEJ

⁵³ Ida Jonsson, DB Schenker Consulting

4 Externa effekter och kostnader

Externa marginalkostnader definieras som den kostnad, avseende en extern effekt, ett (ytterligare) fordon ger upphov till när det är i trafik. De externa effekterna och kostnaderna som är viktiga i sammanhanget är slitagekostnader för infrastruktur, trafikolyckor, utsläpp av koldioxid och övriga emissioner, samt bullerkostnader.

I detta kapitel går vi igenom vilka externa marginalkostnader som används i respektive scenario. För jämförelsealternativen (JA1 och JA2) används befintligt fastställda (enligt källor som anges nedan) marginalkostnadsvärden, medan det för utredningsalternativet (UA) görs beräkningar för att få fram lämplig marginalkostnad. De totala externa kostnaderna per scenario presenteras sist i kapitlet.

Kostnader per delsträcka i valda scenarier tas fram för att sedan summeras till en totalkostnad för respektive scenario. Kostnadsuppskattningar för scenariot för år 2030 (UA) tar sin utgångspunkt i idag gällande kostnader. För utvecklingen av respektive marginalkostnad under den kommande 15-årsperioden görs en bedömning. En särskild bedömning görs av kostnaderna för en framtida duo-trailer, jämfört med dagens lastbil med släp och kolonnkörning. I detta ligger bl.a. bedömningen att bränslebesparing till följd av att längre och tyngre fordon (t.ex. duo-trailer) går att summera med den besparing som uppstår till följd av minskat luftmotstånd vid kolonnkörning.⁵⁴

De externa marginalkostnaderna baseras på Trafikanalys rapport 2016:2 *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader* samt bilagor till denna.⁵⁵ Kostnaden för slitage på infrastruktur beräknas med hjälp av den s.k. fjärdepotensregeln enligt en metod som tillämpats i VTI:s SAMKOST-projekt.⁵⁶ Till grund för allmän utveckling i framtidsscenarioet UA ligger rapport *Trafikens framtida externa effekter*, framtagen av WSP på uppdrag av Trafikanalys.⁵⁷ För antaganden, indatavärden och beräkningar hänvisas till Appendix kap 1.1 samt 1.2.

Kostnader för olyckor, koldioxid, övriga emissioner samt buller är relaterade till betalningsvilja. Dessa kostnader ökar reellt med realinkomst, och räknas därför enligt rekommendationer i ASEK6.0 upp med 1,5 procent per år till år 2030, vilket totalt blir ca 25 procent, om inte annat anges.⁵⁸

⁵⁴ Björn Mårdberg, Volvo Group Trucks Technology

⁵⁵ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader*

⁵⁶ Nilsson, J.-E. och Johansson, A. (2014). *SAMKOST - Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader*, sid 98

⁵⁷ WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*

⁵⁸ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, *Kalkylprinciper och generella kalkylvärden*, stycke 5.2.4

4.1 Infrastruktur

Järnväg

Externa marginalkostnader relaterade till infrastruktur för järnväg består av underhåll samt reinvesteringar. Här används de kostnader som finns återgivna i rapport 2016:2

”Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor”.⁵⁹

Lastbil med släp

Externa marginalkostnader relaterade till infrastruktur för vägtransporter utgörs av vägslitage. För lastbilar gäller att axeltrycket har stor inverkan på vägslitage från fordonet. För att beräkna slitaget används fjärdepotensregeln.⁶⁰ Enligt denna är lastbilens påverkan på slitaget proportionell med den fjärde potensen av axellasten.⁶¹ (se beräkningar i Appendix kap 1.2, som baseras på beräkningsmetodiken enligt Samkost 1⁶²). Det finns även värden för slitagekostnad i ASEK, men där anges endast en och samma genomsnittliga kostnad för alla tunga lastbilar med släp över 16 ton. Eftersom det används utpräglat stora fordon med släp i scenariot är ett sådant genomsnittligt värde inte lämpligt för dessa beräkningar. Den beräkning av slitagekostnaden som här görs med hjälp av fjärdepotensregeln ligger i linje med ASEK, men ger oss ett mer rättvisande värde för våra specifika fordon och aktuell last.⁶³

Scenario UA

Allmän utveckling

Det finns flera olika faktorer som kan påverka hur den marginella slitagekostnaden utvecklas. Krav på nya vägbeläggningar kan medföra att marginalkostnaderna för slitage kan komma att öka något. Samtidigt finns en trend mot minskat axeltryck till följd av ökat användande av långa fordon, något som tenderar att bidra till sänkta kostnaderna. Kostnaden för underhåll kan också komma att minska till följd av nya tillverkningsmetoder, vilket också det leder till minskade marginalkostnader. Den sammanvägda allmänna bedömningen är att de marginella slitagekostnaderna inom vägtrafiken i huvudsak kommer att förbli reellt konstanta framöver.⁶⁴

Duo-trailer

En duo-trailer har som nämnts fler axlar än en lastbil med släp. Den kan också bära mer last. Viktbegränsningen på ekipaget gör dock att axeltrycket blir lägre på en duo-trailer än på en lastbil med släp. En beräkning av slitagekostnaden med fjärdepotensregeln visar att en maxlastad duo-trailers slitagekostnad uppgår till 40 procent av slitagekostnaden för en maxlastad lastbil med släp.

Kolonnkörning

Vår bedömning är att kolonnkörning, jämfört med traditionell trafik med lastbil och släpvagn inte innebär någon nämnvärd påverkan på marginalkostnaden för infrastruktur. Detta är dock ett område där ytterligare forskning skulle behöva genomföras. Det är t.ex. oklart om mindre avstånd mellan fordon kan bidra till ökat slitage genom att infrastrukturen ”inte får vila” eller

⁵⁹ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, Trafikanalys PM 2016:2, Stockholm, tabell 2.4

⁶⁰ Mellin, Anna, och Ståhle, Johanna (2010), *Omvärlds- och framtidsanalys – längre och tyngre väg- och järnvägsfordon*, VTI rapport 676, Linköping

⁶¹ Nilsson, J.-E. och Johansson, A. (2014). *SAMKOST - Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

⁶² Nilsson, J.-E. och Johansson, A. (2014). *SAMKOST - Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

⁶³ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 6 *Investeringskostnad samt drift- och underhållskostnader*, stycke 6.3

⁶⁴ WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*. Rapport. (Framtagen på uppdrag av Trafikanalys).

hinner återhämta sig mellan fordonsrörelser. Risken för spårbildning kan öka, eftersom bilarna i en kolonn troligen kör i samma spår i större utsträckning än vid vanlig lastbilstrafik.⁶⁵ Å andra sidan skapar tekniken förutsättningar för att variera trafikens sidoläge systematiskt för att motverka att sådana effekter uppstår.

Sammanfattning

För framtidsscenario UA är vår sammanvägda bedömning att det marginella slitaget och infrastrukturkostnaderna förblir reellt konstanta i framtiden. Vi utgår med andra ord från att dagens infrastrukturkostnader i grunden även gäller för år 2030.

Extern marginalkostnad för infrastruktur beräknas sammanfattningsvis bli enligt Tabell 2.

Tabell 2: Marginalkostnad för infrastruktur. Kostnader i 2014 års penningvärde⁶⁶.

Extern marginalkostnad	JA1	JA2	UA
	Järnväg [kr/tonkm]	Lastbil med släp [kr/tonkm]	Kolonn Duo-trailer [kr/tonkm]
Infrastruktur	0,0356	0,0234	0,012

4.2 Olyckor

Generellt för trafikolyckor gäller att marginalkostnaden är beroende av dels den ökade risken som ytterligare fordonsekipage eller tåg medför, dels de samhällsekonomiska kostnader som en olycka medför.⁶⁷

Järnväg

För järnväg differentieras olyckskostnader normalt mellan olyckor som sker i plankorsningar från övriga olyckor. I scenario JA1 summeras olyckskostnaden för dessa två parametrar. Vi använder oss då av det lägre värdet för "övriga olyckor", som redovisats i rapporten Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader. Detta eftersom godståget på vald sträcka till stor del färdas genom landsbygd.⁶⁸

Lastbil med släp

För lastbilar är det stor spridning på marginalkostnaden för olyckor beroende på om det gäller landsbygds eller tätortstrafik.⁶⁹ I aktuellt scenario används landsbygdsvärden, då den största delen av transporten sker på landsbygd.

⁶⁵ Björn Mårdberg, Volvo Group Trucks Technology

⁶⁶ Lastbilskostnaden är omräknad från kr/fordonskm (enligt ASEK) till kr/tonkm för att vara direkt jämförbar med järnvägsalternativet. Vid omräkningen har antagits att lastbilen tar 32,5 ton.

⁶⁷ Trafikanalys (2016), Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader, Trafikanalys rapport 2016:2

⁶⁸ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 2.4

⁶⁹ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 1.4

Scenario UA

Allmän utveckling

Det har historiskt skett en positiv utveckling vad gäller olyckor, både trafiksäkerhet och sjukvård har förbättrats, och trenden förväntas bestå. Dessa trafiksäkerhetsförbättringar uppskattas kunna uppväga den högre värdering av olyckor som kan förväntas till följd av en ökad betalningsvilja med ökande inkomster. Den samlade bedömningen är att dessa trender tar ut varandra, vilket innebär att de externa marginalkostnaderna för olyckor bedöms förbli konstanta.⁷⁰

Duo-trailer

Vad gäller duo-trailers finns det flera studier som visar att HCT-fordon tenderar att ha lägre olycksrisk på motorvägar och på liknande flerfiliga, mittseparerade vägar. Det saknas dock fortfarande kunskap om säkerhetsprestandan för HCT-fordon i andra trafikmiljöer, dvs. på landsväg (t.ex. hur risken i samband med omkörning påverkas), i korsningar och cirkulationsplatser, samt vid interaktion med andra trafikant, inklusive oskyddade sådana.⁷¹

Eftersom duo-trailers har högre lastkapacitet kan man rent analytiskt förvänta sig en minskning av antalet mötesolyckor, eftersom det krävs färre tunga fordon på vägarna för att transportera en given mängd gods. Det finns dock ännu ingen empiri som kan bekräfta detta.

Frontalkollisioner mellan lastbil och personbil leder till de allvarigaste konsekvenserna. Vid dessa typer av kollisioner får lastbilens vikt mindre betydelse ju större viktskillnaden mellan lastbil och personbil blir. Det är då istället hastighetsförändringen vid kollisionsögonblicket som är mest avgörande för hur allvarlig skadan blir. På grund av lastbilars och personbilars utformning är det inte möjligt för en personbil att absorbera energin och därmed förhindra allvarliga skador. Sammantaget innebär detta att krockvåldet vid frontalkollisioner är dödligt redan vid en lastbilsvikt under 40 ton, och en högre vikt på lastbilen har därmed liten betydelse för krockvåldet.⁷²

Erfarenheter från pågående projekt "Duo2" visar att förare till duo-trailers är mer utbildade och kör säkrare. Duo-trailers har även mer avancerade styrsystem för att hålla ekipaget stabilt på väg, bättre bromssystem etc., vilket även det syftar till att minska olycksrisken. En duo-trailer har idag även krav på tätare regelbundna kontroller, vilket minskar risken för fel på fordonen.⁷³ Den samlade bedömningen är att användning av duo-trailers minskar olyckskostnaderna.

Kolonnkörning

Eftersom fordon i kolonn använder avancerad adaptiv farthållare bör detta inverka positivt på trafiksäkerheten. En lastbil i en kolonn kommer inte att köra in i bilen framför.⁷⁴ Eftersom avståndet mellan fordonsekipagen är litet är sannolikheten för att något annat fordon eller fotgängare ska hamna mellan fordonen. Risken för frontalkollision eller andra olyckor där lastbilens front kör in i fordon eller fotgängare bör minska markant i förhållande till utfört transportarbete.

⁷⁰ WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*

⁷¹ Jesper Sandin, VTI: Statens väg- och transportforskningsinstitut

⁷² Jesper Sandin, VTI: Statens väg- och transportforskningsinstitut

⁷³ Ida Jonsson, DB Schenker Consulting

⁷⁴ Jonas Gadolin, Volvo Group Trucks Technology

Sammanfattning

I samtliga scenarier visar sig olyckskostnaderna vara en relativt liten post. Noterbart är emellertid att järnvägens olyckskostnad under dessa förutsättningar är hög jämfört med motsvarande kostnadskomponent för de bägge vägscenarierna. Om kostnadsposten varit större och mer utslagsgivande hade den förtjänat vidare analys också inom ramen för detta arbete.

Mot bakgrund av detta är den samlade bedömningen att kolonnkörning med duo-trailers reducerar den externa marginalkostnaden för olyckor med 50 procent, vilket illustreras i Tabell 3.

Tabell 3: Marginalkostnad för olyckor. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Extern marginalkostnad	JA1	JA2	UA
	Järnväg [kr/tonkm]	Lastbil med släp [kr/tonkm]	Kolonn Duo-trailer [kr/tonkm]
Olyckor	0,0025	0,0002	0,00008

4.3 Koldioxid

Järnväg

Eldrivna tåg ger av naturliga skäl upphov till lägre marginalkostnader för koldioxid än tåg som drivs av diesel. Eftersom södra stambanan är elektrifierad baserar vi analysen på värden för eldrivna godståg så långt som möjligt. I de fall värden inte finns specificerade för eldrivna godståg använder vi genomsnittliga värden för godståg.

Lastbil med släp

En lastbil med släp ger upphov till större marginalkostnader för koldioxid i tätort per km jämfört med vid körning på landsbygd. Eftersom vald sträcka till stor del körs på landsbygd, baseras kostnaden för koldioxid på landsbygdsvärderingen.⁷⁵

Scenario UA

Allmän utveckling

För tung lastbil prognostiseras koldioxidutsläppen att gå ned med 4 procent till år 2030. Denna prognos baseras på en utveckling av effektivare förbränningsmotorer och har restriktiva antaganden vad gäller övergången till alternativa drivmedel, såsom biodrivmedel och elektrifiering. En större övergång till alternativa drivmedel skulle således leda till ytterligare minskning av koldioxid.⁷⁶ Beräkningarna baserar på bedömningen att koldioxidutsläppen går ned med 4 procent till år 2030.

⁷⁵ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 1.4

⁷⁶ WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*

Kostnaden för koldioxidutsläpp är relaterad till betalningsvilja. Eftersom betalningsviljan förväntas öka med 1,5 procent per år, förutspås detta leda till en ökad värdering av koldioxidutsläpp med ca 25 procent till år 2030.⁷⁷

Duo-trailer

Duo-trailers kräver speciella styrsystem. Detta innebär att nya dragbilar införskaffas, dvs. vi kan utgå från att dragbilarna är av nyare euroklass än genomsnittsflottan.⁷⁸ Det är därmed rimligt att applicera förväntade besparingar vad gäller koldioxid listade under "Allmän utveckling" ovan på duo-trailers i scenario UA.

Användning av duo-trailer medför en ökning av bränsleförbrukningen per fordon med i snitt ca 23 procent jämfört med lastbil med släp sett till fordon, men eftersom kapaciteten är större innebär duo-trailers ändå en minskning av bränsleförbrukning i förhållande till transportarbete.⁷⁹ Direkt översatt till bränsle per pallplats ger det en minskning på ca 11 procent. I analysen sker beräkning av kostnader per fordon, och hänsyn tas till den ökade fordonskapaciteten genom att färre fordon krävs för att utföra den aktuella transporten.

Kolonnkörning

Bränslebesparingar till följd av kolonnkörning ger upphov till ytterligare koldioxidbesparing. I scenario UA med en tidslucka på 0,2 sekunder mellan fordonsekipagen antas en bränslebesparing på 15 procent per fordon, utom för första och sista fordonet som beräknas uppnå en besparing som är hälften så stor.⁸⁰ För aktuella kolonner på 7 respektive 8 fordon ger det en genomsnittlig besparing på ca 13 procent. Till detta adderas bränslebesparingarna för duo-trailer.⁸¹

Sammanfattning

Sammantaget bedömer vi att bränsleförbrukningen för scenario UA går ner med 4 procent till år 2030 till följd av allmän teknisk utveckling. Kolonnkörningen innebär minskat luftmotstånd som ger en bränslebesparing om 13. Genom att använda duo-trailer minskar bränsleförbrukningen med 11 procent jämför med lastbil med släp givet samma godsmängd. Utsläpp av koldioxid är direkt proportionell mot bränsleförbrukningen, vilket gör att utsläppen av koldioxid minskar i samma utsträckning. De olika parametrarna som påverkar bränsleförbrukningen kan adderas och påverkar sedan utsläppen proportionellt. Den med tiden ökade betalningsviljan och värderingen av koldioxid (om ca 25 procent) leder ändå sammantaget till att marginalkostnaden för koldioxidutsläpp ökar till år 2030.⁸²

⁷⁷ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, Kalkylprinciper och generella kalkylvärden, stycke 5.2.4

⁷⁸ Ida Jonsson, DB Schenker Consulting

⁷⁹ Rustan Eliasson, DB Schenker Equipment

⁸⁰ Gunnar Tornmalm, Scania

⁸¹ Björn Mårdberg, Volvo Group Trucks Technology

⁸² Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, Kalkylprinciper och generella kalkylvärden, stycke 5.2.4

Tabell 4: Marginalkostnad för utsläpp av koldioxid för JA1 och JA2 samt procentuell förändring för UA jämför med JA2. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Extern marginalkostnad	JA1	JA2	UA			
	Järnväg [kr/tonkm]	Lastbil med släp [kr/tonkm]	Allmänt 2030	Värdering 2030	Kolonn	Duo-trailer
Koldioxid	0,0018	0,0262	- 4 %	+25 %	- 13 %	- 11 %

4.4 Övriga emissioner

Järnväg

Enligt tidigare resonemang ger eldrivna tåg upphov till lägre marginalkostnader för övriga emissioner än dieseldrivna tåg. I de fall värden finns specificerade för eldrivna godståg används dessa, i övrigt används genomsnittliga värden för godståg.

Lastbil med släp

Liksom för koldioxid varierar utsläpp av övriga emissioner beroende på om lastbilen körs i tätort eller på landsbygd. Eftersom sträckan till stor del går på landsbygd, baseras vår analys på ett genomsnittligt landsbygdsvärde.⁸³

Scenario UA

Allmän utveckling

Vad gäller övriga emissioner har dessa minskat historiskt till följd av teknisk utveckling. Även framöver bedöms emissionerna minska kraftigt, då fordonsflottan förnyas. För tung lastbil förutses utsläppen av kväveoxider minska med 84 procent och partiklar med 86 procent till år 2030. Även dessa värden baseras på restriktiva antaganden om elektrifiering, och minskningen skulle således kunna bli ännu större. Ett förhållande som pekar i motsatt riktning dvs. på ökade marginalkostnader för övriga emissioner är även här att inkomsterna väntas öka, vilket leder till en ökad betalningsvilja för att undvika luftföroreningar.⁸⁴ Sammantaget gör vi bedömningen att kostnaden för övriga emissioner minskar med 85 procent till år 2030 samt ökar med 25 procent till följd av högre värdering.

Duo-trailer

Enligt tidigare resonemang (se 4.3 Koldioxid) ger en duo-trailer upphov till en bränslebesparing på ca 11 procent sett till bränsle per pallplats och därmed också motsvarande minskning av emissioner. Analysen baseras på kostnad per fordon, vilket

⁸³ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 1.4

⁸⁴ WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*

innebär att effekten av den ökade kapaciteten faller ut genom att färre fordon krävs för att förflytta godset.

Kolonnkörning

Kolonnkörning ger enligt ovan (se kap 4,3 Koldioxid) en bränslebesparing om i genomsnitt 13 %, vilket ger motsvarande minskning av övriga emissioner.

Sammanfattning

Den sammantagna bedömningen är att kostnaden för övriga emissioner i scenario UA går ned med 85 % till följd av allmän utveckling, 13 % till följd av kolonnkörning och ca 11 % till följd av användning av duo-trailer, illustreras i Tabell 5 nedan. Parametrarna adderas för att få total besparing. Kostnaden till år 2030 förväntas sedan öka med 25 procent p.g.a. ökad betalningsvilja.⁸⁵

Tabell 5: Marginalkostnad för övriga emissioner för JA1 och JA2 samt procentuell förändring för UA jämför med JA2. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Extern marginal-kostnad	JA1	JA2	UA			
	Järnväg [kr/tonkm]	Lastbil med släp [kr/tonkm]	Allmänt 2030	Värdering 2030	Kolonn	Duo-trailer
Övriga emissioner	0,0027	0,0068	- 85 %	+25 %	- 13 %	- 11 %

4.5 Buller

Värderingen av buller består av dels betalningsviljan för att undvika buller, dels av de negativa hälsoeffekterna kopplade till att utsättas för buller.⁸⁶

Järnväg

För värdering av buller används landsbygdsvärden för godståg enligt tidigare resonemang eftersom sträckan till stor del utgörs av landsbygd.

Lastbil med släp

Bullerkostnaden för lastbil skiljer sig liksom övriga marginalkostnader mellan landsbygd och tätort. Enligt tidigare resonemang baseras vår analys på landsbygdsvärden.⁸⁷

⁸⁵ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, *Kalkylprinciper och generella kalkylvärden*, stycke 5.2.4

⁸⁶ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 10, *Kostnad för buller*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

⁸⁷ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 1.4

Scenario UA

Allmän utveckling

En trend är ökad urbanisering, vilket förväntas leda till ökad marginalkostnad för buller i städer i framtiden. Denna trend förväntas dock inte påverka tung lastbilstrafik i samma utsträckning, då transporter till stor del sker på landsbygden.⁸⁸ Något som dock påverkar värderingen även här är ökad betalningsvilja.⁸⁹ Vår bedömning är därmed att marginalkostnaden enligt tidigare resonemang ska räknas upp med 25 procent för år 2030 till följd av ökad betalningsvilja.

Duo-trailer

För duo-trailers används nya dragbilar med nya motorer, vilka bör generera något lägre buller än äldre. Rent analytiskt resulterar även högre lastkapacitet i att det krävs färre fordon för transport av en viss mängd gods.⁹⁰ Vid högre hastigheter är det dock däckens samt vägens egenskaper som påverkar bullernivån.⁹¹ Duo-trailers är längre samt har fler däck än en lastbil med släp, och det är därmed möjligt att ett enskilt ekipage bullrar något mer än ett konventionellt ekipage.⁹² Vår bedömning är sammantaget att bullerkostnaden för en duo-trailer ökar med 10 procent.

Kolonnkörning

Kolonnkörning innebär ett mjukare körsätt vad gäller inbromsningar och accelerationer. Dock har inte bullernivån studerats vid hittills genomförda tester.⁹³ Då marginalkostnaden utgör kostnaden för en extra bil och effekten av kolonnkörning skulle bli att lastbilar koncentreras till enstaka tåg jämfört med att köra i ett jämnt flöde, kan det dock argumenteras för att konsekvensen skulle bli att marginalkostnaden ökar eftersom enstaka högre bullertoppar kan upplevas mer störande än ett jämnt flöde. Effekten på buller till följd av kolonnkörning är svårbedömd, i detta fall görs bedömningen att en ökning på 20 procent är rimlig.

Sammanfattning

Sammantaget bedöms scenario UA innebära en ökning av bullerkostnaden med 20 % till följd av kolonnkörning och 10 % till följd av duo-trailer, se Tabell 6 nedan. Till detta kommer uppräknings om totalt ca 25 % till följd av ökad betalningsvilja.

Tabell 6: Marginalkostnad för buller för JA1 och JA2 samt procentuell förändring för UA jämför med JA2. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Extern marginal-kostnad	JA1	JA2	UA		
	Järnväg [kr/tonkm]	Lastbil med släp [kr/tonkm]	Allmänt 2030	Värdering 2030	Kolonn Duo- trailer
Buller	0,0036	0,0043	-	+25 %	+20 % +10 %

⁸⁸ WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*

⁸⁹ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, Kalkylprinciper och generella kalkylvärden, stycke 5.2.4

⁹⁰ Ida Jonsson, DB Schenker Consulting

⁹¹ WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*

⁹² Ida Jonsson, DB Schenker Consulting

⁹³ Magnus Adolfson, Scania

4.6 Resultat externa kostnader

I Tabell 7 nedan återges externa kostnader per scenario. Kostnaderna anges i kr, 2014 års penningvärde. Kostnaderna redovisas för år 2015 och 2030, vilket innebär att för 2015 appliceras framtidens teknik (UA) till dagens kostnader och värdering, medan 2030 anger kostnader och värderingar av dagens teknik (JA1 och JA2) år 2030.

Tabell 7: Externa kostnader, i kr, per scenario. JA1= järnväg idag, JA2 = lastbil med släp idag, UA = duo-trailers i kolonn år 2015 respektive år 2030. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Externa kostnader 2015	JA1	JA2	UA	UA vs JA1	UA vs JA2
Infrastruktur	13 515	8 404	3 405	-75 %	-59 %
Olyckor	945	55	22	-98 %	-60 %
Koldioxid	760	9 399	7 951	946 %	-15 %
Övriga emissioner	1 040	2 433	2 058	98 %	15 %
Buller	1 410	1 548	1 611	14 %	4 %
Total extern marginalkostnad	17 671	21 840	15 046	-15 %	-31 %
Externa kostnader 2030	JA1	JA2	UA	UA vs JA1	UA vs JA2
Infrastruktur	13 515	8 404	3 405	-75 %	-59 %
Olyckor	945	55	22	-98 %	-60 %
Koldioxid	947	11 281	9 543	908 %	-15 %
Övriga emissioner	1 279	456	386	-70 %	-15 %
Buller	1 763	1 936	2 014	14 %	4 %
Total extern marginalkostnad	18 448	22 132	15 370	-17 %	-31 %

Slutsatser

Vid jämförelse mellan UA (duo-trailers i kolonn) och JA1 (järnväg idag) blir den totala externa marginalkostnaden 15 procent lägre. En mycket stor del av skillnaden ligger i lägre infrastrukturkostnad, som är drygt 10 000 kr lägre vid kolonnkörning än vid järnvägstransport. Anledningen till detta är att kostnader för infrastruktur på väg är lägre än för järnväg generellt samt det minskade vägslitaget som duo-trailers ger upphov till p.g.a. lägre axeltryck.

Marginalkostnaderna för koldioxid är markant högre för UA än för JA1. Den främsta anledningen till detta är vägtransporten fortsatt använder diesel som drivmedel vilket ger högre koldioxidutsläpp jämfört med ett eldrivet systemtåg.

En jämförelse mellan UA (kolonnkörning år 2030) och JA2 (lastbil med släp idag) visar sammantaget på marginalkostnader som är dryga 30 procent lägre för kolonnkörnings-scenariot. Kostnadsskillnaderna är främst kopplade till infrastruktur, följt av olyckor. Kostnaden för koldioxid och övriga emissioner är 15 procent lägre för scenario UA, till följd av bränslebesparingar. Buller ökar marginellt i scenario UA jämfört med JA2.

Sammanfattningsvis visar detta på att kolonnkörning av duo-trailers medför sänkta marginalkostnader för infrastruktur. Järnvägsalternativet är förknippat med relativt höga infrastrukturkostnader och skillnaden mot lastbilstransporter ökar ytterligare när lastbilarna får lägre axeltryck.

Vidare ses att kostnaderna för koldioxid för kolonnkörnings-scenariot UA är väldigt höga jämfört med järnvägsalternativet. Kostnaden för övriga emissioner är dock lägre för kolonnkörning jämfört med järnväg, till stor del beror detta på mer miljövänliga lastbilmotorer, i takt med att lastbilsflottan byts ut. Kolonnkörning har mindre betydelse i sammanhanget.

Totalt sett är scenario UA, kolonnkörning av duo-trailers, det mest fördelaktiga scenariot när man ser till summan av de externa marginalkostnaderna. Samtidigt är det viktigt att påminna om att vi då jämför traditionell järnvägsteknik med framtida vägfordon och att dessa scenarioräkningar därför naturligtvis inte ska användas för att jämföra de bägge trafikslagets framtida potential.

Vilka beräkningsantagande som valts och hur beräkningarna riggats påverkar naturligtvis utfallet. Ett exempel på det är att det i scenario UA i denna analys används 15 duo-trailers trots att det teoretiskt sett skulle ha räckt med 14,1 sådana ekipage. Om något av de antaganden som påverkar volymen hade justerats något kunde det ha räckt med 14 duo-trailers. Exempelvis om bärigheten på sträckan hade varit 80 ton, om godset hade haft en annan vikt/volymp-faktor, eller om den totala mängden gods hade varit 609 ton istället för 614 ton. Om 14 duo-trailers hade använts istället hade detta sänkt den externa marginalkostnaden för UA med ca 6 procent.

5 Företagsekonomiska kostnader

De företagsekonomiska kostnaderna kan delas in i avståndsberoende kostnader, t.ex. drivmedel och däck, och tidsberoende kostnader, t.ex. förarlön eller försäkringar.

I detta kapitel redovisas beräkningar av de företagsekonomiska kostnaderna för respektive scenario. För järnväg samt lastbil med släp baseras analysen på driftskostnader i ASEK6 kap 14 *Operativa kostnader för godstransporter*,⁹⁴ samt på Trafikanalys rapport 2016:2 *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader* samt bilagor till denna.⁹⁵ Då duo-trailer är en ny fordonstyp finns det ej kostnadsuppgifter för denna på samma sätt i ASEK6. Företagsekonomiska kostnader har för detta fordon tagits fram baserat på intervjuer med deltagare i nämnda Duo2-projekt.⁹⁶

Järnväg

Driftskostnaderna för järnväg baseras således på ASEK6⁹⁷ och banavgifterna på en rapport från Trafikanalys.⁹⁸

Lastbil med släp

Även driftskostnader för lastbil med släp baseras som nämnts på ASEK6.⁹⁹ Driftskostnader utgörs dels av avståndsbaseerade komponenter och tidsberoende komponenter. Till de förstnämnda räknas drivmedel, service och reparationer, däck, avståndsberoende värdeminskning. Tidsberoende komponenter utgörs av förarlön, försäkring och skador, skatter, övriga tidsberoende kostnader (garage, tvätt, IT-utrustning etc.), tidsberoende värdeminskning och ränta.

Duo-trailer

Intervjuer med deltagare i Duo2-projektet ger som tidigare nämnts att en duo-trailer förbrukar i genomsnitt 23 procent mer bränsle än en lastbil med släp, samt har ökad kostnad för däck till följd av ekipagets fler axlar. Duo-trailern är även ca 5 till 10 procent dyrare i inköp än en lastbil med släp. I övrigt kan kostnadskomponenterna enligt föreliggande bedömningar likställas med lastbil med släp.¹⁰⁰

Alla kostnader förutom drivmedel (inkl. drivmedelsskatter) antas reall oförändrade fram till år 2030. Kostnaden för drivmedel för en duo-trailer fram till 2030 bedöms följa samma bana som drivmedelskostnaden för en lastbil med släp.

⁹⁴ Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*

⁹⁵ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader*

⁹⁶ Duo2-projektet, <http://duo2.nu/>

⁹⁷ Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*, tabell 14.8 samt tabell 14.9

⁹⁸ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 2.2

⁹⁹ Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*, tabell 14.3

¹⁰⁰ Rustan Eliasson, DB Schenker Equipment

Drivmedelskostnaden bedöms allmänt öka till följd av ökning av produktpris och skatter enligt nedan¹⁰¹:

- Produktpriset för diesel antas öka med i genomsnitt 0,8 procent per år under perioden 2014-2040.
- Hänsyn tas till redan beslutade höjningar av drivmedelsskatter, dvs. höjd energiskatt med 53 öre/liter diesel år 2016 och därefter en real ökning av drivmedelsskatterna med 2 procent per år.

En uppräknig med dessa antaganden ger en ökning av drivmedelskostnader om 28 procent till år 2030.

Eftersom en duo-trailer har fler axlar jämfört med en lastbil med släp bedöms däckkostnaden öka i samma proportion vilket innebär en kostnadsökning med knappt 60 procent för denna kostnadskomponent. Eftersom en duo-trailer bedöms bli ca 5 till 10 procent dyrare än en lastbil med släp i inköp kommer kostnadskomponenter härrörande till kapitalkostnad öka något för duo-trailern. Vi räknar i scenariot med en ökning med 7,5 procent för de kostnadskomponenter som är relaterade till kapital. För övriga kostnadskomponenter används värden för lastbil med släp.¹⁰²

Kolonnkörning och automation

Kolonnkörning innebär en bränslebesparing, vilket reducerar drivmedelskostnaden. Förarlönen reduceras i scenario UA till följd av hög grad av automation (ej förare i alla bilar). Kostnadsänkningen beror även på att den totala ledtiden minskar, då föraren kan tillgodoräkna sig färdtid som vilotid. Tester har visat att själva körsättet i sig, vid kolonnkörning, inte har resulterat i något större slitage på bromsar etc., snarare har lastbilarna utsatts för en mjukare behandling vad gäller inbromsningar och accelerationer.¹⁰³ Mot den bakgrunden bedömer vi att ingen påverkan sker på kostnadskomponenter härrörande till service, reparationer eller slitage.

För att kunna använda sig av kolonnkörning kommer ny teknik att krävas. Det är dock mycket svårt att estimera hur mycket extra en sådan teknik kan komma att kosta. Det är också beroende på viken affärsmodell som utvecklas.¹⁰⁴ I framtiden kommer troligen delar av tekniken, t.ex. uppkoppling och radar, att vara standard i lastbilarna. Det som skulle kunna vara speciellt för kolonnkörning är exempelvis om säkerhetskrav gör att det krävs dubbla kommunikationskanaler.¹⁰⁵ TNO bedömer att kostnaden för den teknik som behövs kommer att uppgå till EUR 2 000 per lastbil.¹⁰⁶ Detta låter dock högt estimerat jämfört med vad som framkommit i intervjuer med lastbilstillverkare, som menar att utrustningen skulle kunna komma att prissättas motsvarande dagens adaptiva farthållare.¹⁰⁷ Då denna kostnad är en mycket liten del av lastbilskostnaden idag är vår bedömning att extrakostnaden för kolonnkörning blir försumbar och därmed inte påverkar kostnaden för värdeminskning.

¹⁰¹ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*

¹⁰² Rustan Eliasson, DB Schenker Equipment

¹⁰³ Gunnar Tornmalm, Scania

¹⁰⁴ Jonas Gadolin, Volvo Group Trucks Technology

¹⁰⁵ Magnus Adolfson, Scania

¹⁰⁶ Janssen et al, TNO

¹⁰⁷ Jonas Gadolin, Volvo Group Trucks Technology

5.1 Resultat företagsekonomiska kostnader

Resultat

I Tabell 8 nedan återges företagsekonomiska kostnader per scenario. Kostnaderna anges i kr. med 2014 års penningvärde. Notera att järnvägsscenario JA1 innehåller både tågstämplat och lastbilstämplat, eftersom godset transporteras de sista 5 kilometrarna med lastbil med släp. Kostnaderna redovisas för år 2015 och 2030, vilket innebär att för 2015 appliceras framtidens teknik (UA) till dagens kostnader och värdering, medan 2030 anger kostnader och värdering av dagens teknik (JA1 och JA2) år 2030.

Tabell 8: Företagsekonomiska kostnader, i kr, per scenario för år 2015 och 2030. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Företagsekonomiska kostnader [kr] 2015		JA1	JA2	UA
Tågstämplat	Operativa kostnader (kr/tonkm)	8 672		
	Spåravgift	3 523		
	Emissionsavgift	551		
	Tåglägesavgift	2 760		
	Operativa kostnader (kr/tontimme)	26 144		
	Kostnad lossning/lassning av tåg	16 578		
Lastbilstämplat	Drivmedel (inkl. drivmedelsskatter)	630	73 315	61 980
	Service & reparationer	95	11 058	8 730
	Däck	107	12 496	15 452
	Avståndsberoende Värdeinsänkning (kapitalkostnad, slitage)	178	20 678	17 547
	Förelön	5 100	42 072	4 886
	Försäkringar och skador, IT-utrustning och mobiler, övriga fasta kostnader	59	4 736	3 392
	Skatter och vägavgifter (årliga fordonsberoende skatter)	14	1 169	837
	Värdeinsänkning, fast del (kapitalkostnad, allmän värdeinsänkning)	54	4 400	3 387
	Ränta (kostnad, kapitalbindning)	34	2 763	2 127
Total företagsekonomisk kostnad 2015		64 500	172 687	118 339

Företagsekonomiska kostnader [kr] 2030		JA1	JA2	UA
Tågstämplingar	Operativa kostnader (kr/tonkm)	8 672	-	-
	Spåravgift	3 523	-	-
	Emissionsavgift	551	-	-
	Tåglägesavgift	2 760	-	-
	Operativa kostnader (kr/tontimme)	26 144	-	-
	Kostnad lossning/lassning av tåg	16 578	-	-
Lastbilsstämplingar	Drivmedel (inkl. drivmedelsskatter)	808	94 104	79 547
	Service & reparationer	95	11 058	8 730
	Däck	107	12 496	15 452
	Avståndsberoende Värdeinsparing (kapitalkostnad, slitage)	178	20 678	17 547
	Förlön	5 100	42 072	4 886
	Försäkringar och skador, IT-utrustning och mobiler, övriga fasta kostnader	59	4 736	3 392
	Skatter och vägavgifter (årliga fordonsberoende skatter)	14	1 169	837
	Värdeinsparing, fast del (kapitalkostnad, allmän värdeinsparing)	54	4 400	3 387
	Ränta (kostnad, kapitalbindning)	34	2 763	2 127
Total företagsekonomisk kostnad 2030		64 678	193 476	135 906

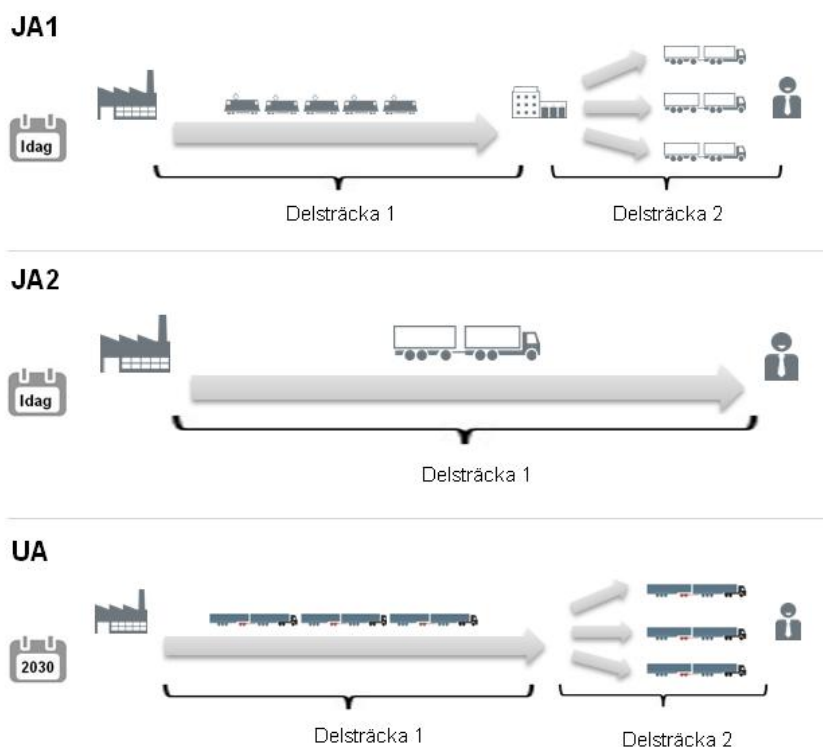
Slutsatser

Scenario UA (duo-trailers i kolonn) innebär ungefär dubbelt så hög företagsekonomisk kostnad jämfört med scenario JA1 (järnväg). Enbart drivmedelskostnaden för UA motsvarar ungefär hela kostnaden för JA1. Det bör dock noteras att vi antagit att omlastning mellan tåg och lastbil kan ske parallellt, utan väntetid. Denna punkt utgör en osäkerhet. Om väntetid uppstår ökar den företagsekonomiska kostnaden för järnvägsscenarioet; en timme i väntetid skulle innebära en ökning av kostnaden för förlön med ca 4 600 kr för analyserad godsmängd. Det skulle samtidigt innebära att även kostnaden för tidsberoende värdeinsparing ökar. Det kan emellertid samtidigt konstateras att järnväg innebär lägre företagsekonomiska kostnader även om flera timmars väntetid skulle tillkomma.

Jämfört med scenario JA2 (lastbil med släp idag) innebär scenario UA en total besparing om ca 30 procent. Den största besparingen utgörs av förlön, en kostnadspost som sänks med nästan 90 procent till följd av att en hög grad av automation antas i valt framtidsscenario. Även om bränslebesparingar till följd av kolonnkörning bidrar till sänkt totalkostnad visar detta tydligt att de stora potentiella besparingarna i framtiden är kopplad till automatisering och därmed till möjligheten att reducera antal förare.

6 Godstidsvärden

De olika scenarierna kommer att innebära olika ledtid för transporten av godset. Faktorer som påverkar den totala ledtiden är lastnings- och lossningstid, transporttid, vilotid samt eventuell mellanlagring av godset. Den totala ledtiden motsvarar den summerade ledtiden för dessa faktorer för olika delsträckor, se Figur 8 nedan.



Figur 8: Schematisk bild över valda scenarier, indelat per delsträcka. JA1 = järnväg idag, JA2 = lastbil med släp idag, UA = duo-trailers i kolonn år 2030

I valda scenarier har följande antaganden gjorts:

- Lastning och lossning av flera bilar kan ske parallellt, dvs. resurser finns tillgängliga vid lastnings-/omlastningsplatser och ingen väntetid uppstår.
- Ingen mellanlagring sker, dvs. godset skickas direkt vidare.
- Genomsnittshastigheten för lastbil är 80 km/h på motorväg och 40 km/h på annan väg.
- För godståg bedöms transporttiden vara 8 timmar.¹⁰⁸
- Lastnings- och lossningstider enligt ASEK6.0 tillämpas.¹⁰⁹

¹⁰⁸ Peter Ström, Tågfrakt, intervju 2016-04-27

¹⁰⁹ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*

- För duo-trailer används samma lastnings- och lossningstid per pallplats som för lastbil med släp, sedan adderas 0,5 timmar extra för rangering.
- I scenario UA antas föraren av kolonnen få lov att nyttja restid som vilotid.
- Det tillkommer inte tid för att lösa upp kolonner i UA, dvs. det är ingen inställningstid för de extra förare som krävs för delsträcka 2.

Tabell 9 visar ledtid per delsträcka och scenario. Ledtiden för järnvägstransporten (JA1) blir 15,1 tim, för lastbil med släp (JA2) 9,1 tim och för framtidsscenarioet med kolonnkörning av duo-trailers (UA) 9,2 tim.

Tabell 9: Total ledtid per scenario. JA1 = järnväg idag, JA2 = lastbil med släp idag, UA = duo-trailers i kolonn år 2030.

Ledtid per scenario		Sträcka	Transport-tid	Vilotid	Lastning & Lossning	Summa
		[km]	[h]	[h]	[h]	[h]
JA1	Delsträcka 1	615	8	-	6	14
	Delsträcka 2	5	0,1	-	1	1,1
Summa JA1						15,1
JA2	Delsträcka 1	582	7,325	0,75	1	9,075
	Summa JA2					
UA	Delsträcka 1	577	7,2	-	1,875	9,075
	Delsträcka 2	5	0,125	-	-	0,125
Summa UA						9,2

En kortare ledtid är av värde för transportköparen då en kort transporttid bl.a. innebär att kapital är bundet kortare tid, det möjliggör lägre lagernivåer och det är en konkurrensfördel vid försäljning till kund. Värderingen av förändrad ledtid är beroende av godsets varuvärde. I ASEK redovisas godstidsvärden för olika varugrupper.¹¹⁰ Beräkningarna i föreliggande arbete tillämpar den värdering som gäller för varugruppen "Färdiga produkter".

6.1 Resultat godstidsvärden

I nedan Tabell 10 åskådliggörs kostnader för godstidsvärden vid värdering med hjälp av ASEK6-värden för färdiga produkter.¹¹¹ Värden gäller för valda scenarier, dvs. förflyttning av godset vid ett tillfälle en gång.

¹¹⁰ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 7, *Värdering av kortare restid och transporttid*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

¹¹¹ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 7, *Värdering av kortare restid och transporttid*, tabell 7.13

Tabell 10: Godstidsvärden för valda scenarier. JA1 = järnväg idag, JA2 = lastbil med släp idag, UA = duo-trailers i kolonn år 2015 och år 2030. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Kostnader godstidsvärden	Ledtid [h]	Kostnad 2015 [kr]	Kostnad 2030 [kr]
JA1	15,1	68 423	78 621
JA2	9,075	41 122	47 251
UA	9,2	41 688	47 902

Slutsatser

Kostnader för godstidsvärden är betydligt lägre för UA än för JA1 eftersom järnväg innebär längre ledtid för godset. Det högre värdet för UA jämfört med JA2 beror på den något längre tid det krävs för extra rangering.

Ledtiden baseras på att resurser finns tillgängliga för lastning/lossning, samt att ingen mellanlagring eller väntetid uppstår. Järnvägsscenario JA1 innebär en omlastning från tåg till lastbil och i denna punkt är det som tidigare nämnts en särskild risk att väntetid uppstår, vilket i så fall skulle öka kostnaden scenario.

7 Slutsatser

Tabell 11 nedan visar en sammanställning av de kostnader som beräknats per scenario, samt jämförelse i procent. Kostnaderna redovisas för år 2015 och 2030, vilket innebär att för 2015 appliceras framtidens teknik (UA) till dagens kostnader och värdering, medan 2030 anger kostnader och värderingar av dagens teknik (JA1 och JA2) år 2030.

Tabell 11: Sammanfattning kostnader per scenario i kr, 2014 års penningvärde. JA1 = järnväg idag, JA2 = lastbil med släp idag, UA = duo-trailers i kolonn år 2015 och år 2030. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Sammanfattning kostnader [kr] 2015	JA1	JA2	UA	UA vs JA1	UA vs JA2
Extern marginalkostnad	17 671	21 840	15 046	-15 %	-31 %
Företagsekonomiska kostnader	64 500	172 687	118 339	83 %	-31 %
Godstidsvärden	68 423	41 122	41 688	-39 %	1 %
Summa kostnader	150 594	235 649	175 073	16 %	-26 %
Sammanfattning kostnader [kr] 2030	JA1	JA2	UA	UA vs JA1	UA vs JA2
Extern marginalkostnad	18 448	22 132	15 370	-17 %	-31 %
Företagsekonomiska kostnader	64 678	193 476	135 906	110 %	-30 %
Godstidsvärden	78 621	47 251	47 902	-39 %	1 %
Summa kostnader	161 748	262 859	199 177	23 %	-24 %

En jämförelse av summerade totala kostnader per scenario ger att kostnaderna för scenario UA (duo-trailers i kolonn) beräknas vara 16 procent högre än JA1 (järnväg), men däremot drygt 25 procent lägre jämfört med JA2 (lastbil med släp). Den största andelen av kostnaderna utgörs av de företagsekonomiska kostnaderna, följt av godstidsvärden. Externa marginalkostnader utgör 8 till 12 procent av de totala kostnaderna.

Eftersom valda scenarier utspelar sig vid olika tidpunkter (nutid i scenario JA1 och JA2 och 2030 i scenario UA) har vi valt att redovisa resultaten för år 2015 och 2030, vilket innebär att för 2015 appliceras framtidens teknik (UA) till dagens kostnader och värdering, medan 2030 anger kostnader och värderingar av dagens teknik (JA1 och JA2) år 2030. Vid en direkt jämförelse av JA1 och JA2 (år 2015) med UA (år 2030) påverkar vissa allmänna trender kostnadsutvecklingen på ingående parametrar. Särskilt tydligt är detta för kostnader relaterade till bränsleförbrukning, då drivmedelskostnaden i framtiden förväntas gå upp med nästan 30 procent till följd av ökat produktpris samt ökade skatter. I tillägg kommer värderingen av koldioxidutsläpp och övriga emissioner, vilka också relaterar till bränsleförbrukningen, öka med ca 25 procent till följd av ökad betalningsvilja.

Automatiserad kolonnkörning har i framtiden således potential att minska såväl de företagsekonomiska kostnaderna som kostnaderna för externa effekter jämfört med dagens traditionella vägtransporter. Detta till trots når kostnadsminskningarna för automatiserad kolonnkörning inte ner till järnvägens kostnadsnivå.

8 Referenser

- Ashley, Steven, "Truck platoon demo reveals 15% bump in fuel economy", *SAE International*, 2013-05-10 <http://articles.sae.org/11937/>
- Ashley, Steven, "Robot truck platoons roll forward", *BBC*, 2014-11-18 <http://www.bbc.com/future/story/20130409-robot-truck-platoons-roll-forward>
- Baltscheffsky, Susanna, "Självkörande bilar inte bara teknik och juridik", *Ny Teknik*, 2016-04-07 <http://www.nyteknik.se/opinion/sjalvkorande-bilar-inte-bara-teknik-och-juridik-6538437>
- Brundin, Sverker, "Ledarbilen styr självkörande konvojen till kontinenten", *Ny Teknik*, 2016-03-17 <http://www.nyteknik.se/nyheter/ledarbilen-styr-sjalvkorande-konvojen-till-kontinenten-6535005>
- Duo2-projektet, <http://duo2.nu/>
- European Truck Platooning, <https://www.eutruckplatooning.com>
- Kellström, Anders, projektledare för Volvokoncernens deltagande i EU Truck Platooning Challenge, Volvo Group, pressmeddelande <http://news.cision.com/se/volvo/r/lastbilar-pa-europaturne-for-platooning,c9937054>
- Mellin, Anna, och Ståhle, Johanna (2010), *Omvärlds- och framtidsanalys – längre och tyngre väg- och järnvägsfordon*, VTI rapport 676, Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut
- Nilsson, J.-E. och Johansson, A. (2014). *SAMKOST - Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Pröckl, Eddie, "Långt kvar till självkörande lastbil", *Ny Teknik*, 2016-04-06 <http://www.nyteknik.se/fordon/langt-kvar-till-sjalvkorande-lastbil-6538107>
- SARTRE, D4.3 Report on Fuel Consumption, Applus+ IDIADA, Davila, http://www.sartre-project.eu/en/publications/Documents/SARTRE_4_003_PU.pdf
- Ställberg, Anders, projektledare City Automation, Pressmeddelande, 2016-05-25 <http://www.scania.com/group/en/scania-testar-5g-teknik-i-samarbete-med-ericsson/>
- Trafikanalys (2015), *Självkörande bilar – utveckling och möjliga effekter*, Trafikanalys 2015:6, Stockholm
- Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader*, Trafikanalys rapport 2016:2, Stockholm
- Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, Trafikanalys PM 2016:2, Stockholm
- Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, *Kalkylprinciper och generella kalkylvärden*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek
- Trafikverket, ASEK 6 kap 6, *Investeringskostnad samt drift- och underhållskostnader*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

Trafikverket, ASEK 6.0 kap 7, *Värdering av kortare restid och transporttid*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

Trafikverket, ASEK 6.0 kap 10, *Kostnad för buller*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

Trafikverket, ASEK 6.0 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

Trafikverket, "Delar av statliga vägnätet kan öppnas för tyngre fordon", <http://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/nationellt/2014-08/delar-av-statliga-vagnatet-kan-oppnas-for-tyngre-fordon/>

Trafikverket, "E4, Ljungby–Toftanäs", <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Kronoberg/projekt-i-kronobergs-lan/E4-Ljungby-Toftanas/>

Trafikverket, "Södra stambanan", <http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/sveriges-jarnvagsnat/sodra-stambanan/>

WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*. Rapport. (Framtagen på uppdrag av Trafikanalys).

Intervjuer

Adolfson, Magnus, Group Manager, Scania, intervju 2016-04-15

Berntsson, Håkan, Affärsområdeschef Fjärr DB Schenker Åkeri, intervju 2016-04-14

Bångman, Gunnel, Samhällsekonom, Trafikverket, e-mail 2016-04-21, 2016-04-26 samt telefon 2016-05-18

Eliasson, Rustan, VD DB Schenker Equipment, intervju 2013-04-22

Gadolin, Jonas, Manager Long Haul Solutions, Volvo Group Trucks Technology, intervju 2016-04-13

Holmström, Torbjörn, CTO Volvo Group & Executive Vice President Group Trucks Technology, seminarie 2016-03-18

Janssen, Robbert et al, "Truck platooning driving the future of transportation", TNO, Rapport TNO 2014 R11893, Delft Nederländerna, 2015

Jonsson, Ida, Konsult, expert inom HCT-området, DB Schenker Consulting, intervju 2016-03-24

Krafft, Maria, måldirektör Trafikverket, seminarie 2016-03-18

Mårdberg, Björn, Research Engineer, Volvo Group Trucks Technology, intervju 2016-04-13

Sandin, Jesper, Forskare, Förare och fordon, VTI: Statens väg- och transportforskningsinstitut, e-mail 2016-04-08

Ström, Peter, Tågfrakt, intervju 2016-04-27

Tornmalm, Gunnar, Head of Predevelopment, Systems Development Scania, intervju 2016-04-13

9 Appendix

9.1 Antaganden och förutsättningar

Generella antaganden och förutsättningar som ligger till grund för vår analys listas nedan. Specifika antaganden och uträkningar per fordonstyp och kostnadskomponent återges i respektive kapitel.

- Valda scenarier baseras på att frakta en mängd gods motsvarande ett systemtåg mellan Malmö och Järna (Stockholm). Mängden gods baseras på ASEK:s värden för ett genomsnittligt godståg; 614 ton.¹¹²
- Godset som fraktas är av typen "Övrigt gods" i ASEK, dvs. ej bulk. Det antas ha en genomsnittlig vikt/volymfaktor om 677 kg/ppl.¹¹³
- Alla kostnader anges exkl. moms men inkl. skatter och avgifter.
- Externa marginalkostnader för olyckor, koldioxid, övriga emissioner samt buller baseras på bilagor till Trafikanalys rapport 2016:2 Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader, prisnivå 2015.¹¹⁴
- Kostnaden för infrastruktur beräknas med fjärdepotensregeln enligt metod i SAMKOST.¹¹⁵
- Företagsekonomiska kostnader baseras på driftskostnader i ASEK6 samt intervjuer för de fall då information ej finns ASEK6. Hänsyn tas ej till marknadsekonomisk prissättning. Basår för priser och kalkylvärden (generell prisnivå) är år 2014, i enlighet med rekommendationer i ASEK6.¹¹⁶
- Analysen baseras på värden för eldrivna godståg så långt som möjligt. I de fall värden ej finns specificerade för eldrivna godståg används genomsnittliga värden för godståg.
- Lastning och lossning för lastbil inkluderas i analysen genom tillämpning av generella lastnings-/lossningstider redovisade i ASEK6.¹¹⁷
- Lastning och lossning för järnväg inkluderas i analysen genom tillämpning av kostnad för lastning/lossning av systemtåg (27 kr/ton) redovisade i ASEK6.¹¹⁸
- Enl. ASEK6 används ett generellt momspåslag om 21 %. Undantaget drivmedel, där moms är på 25 %.¹¹⁹

¹¹² Trafikverket, ASEK 6.0 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*, tabell 14.15

¹¹³ Håkan Bertsson, Affärsområdeschef Fjärr DB Schenker Åkeri, intervju 2016-04-14

¹¹⁴ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader*

¹¹⁵ Nilsson, J.-E. och Johansson, A. (2014). *SAMKOST - Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader*, sid 98

¹¹⁶ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, Kalkylprinciper och generella kalkylvärden, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

¹¹⁷ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*,

¹¹⁸ Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*,

¹¹⁹ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, Kalkylprinciper och generella kalkylvärden, stycke 5.7.4

- Järnvägskostnader antas reall oförändrade över tid.

9.2 Externa marginalkostnader

Värden för dagens scenario för fordonstyperna Systemtåg, Lastbil med släp och Lastbil utan släp återfinns i bilagor till Trafikanalys rapport 2016:2.¹²⁰

För både tåg och lastbil används landsbygdsvärden, då en stor del av transporten utgörs av landsbygd. Betalningsviljebaserade värden antas öka reall med ökad realinkomst, i enlighet med rekommendationer i ASEK6.¹²¹ Dessa kalkylvärden räknas därmed upp till år 2030 med 1,5 % per år, vilket totalt medför en ökning om 25 %. De värden som detta berör är värderingen av utsläpp av koldioxid, luftföroreningar och buller.

För lastbil görs bedömningar för hur marginalkostnaderna kommer att påverkas i framtiden. Till grund för denna bedömning ligger främst WSP:s rapport *Trafikens framtida externa effekter*¹²² samt intervjuer.

Kostnaderna sammanfattas per trafikslag i Tabell 1 och Tabell 2 sist i kapitlet.

Infrastruktur

För godståg baseras infrastrukturkostnaden på kostnader för underhåll och reinvesteringar. Dessa uppgår för godståg till 0,0186 kr/tonkm respektive 0,0170 kr per tonkm.¹²³ Kostnaden antas reall oförändrad till 2030.

För lastbilar har slitaget på infrastruktur beräknats med fjärdepotensregeln, som beskriver hur vägförslitningen påverkas av axeltrycket. Beräkningsmetoden som används återfinns i SAMKOST. Kostnader utgörs av 0,71 kr per ESAL-km, där ESAL = 0,83, samt därtill 0,04 kr per fordonskm.¹²⁴

Lastbil med släp

En lastbil med släp har i vårt scenario 7 st. axlar och en maxvikt på 60 ton. Dessa fördelar sig på dragbilen (3 axlar) med 26 ton och släpet (4 axlar) med 34 ton.

Vald vikt/volymfaktor för vårt gods gör att lastbilarna i vårt scenario är lastade med 32,5 ton, vilket ger en bruttovikt om 55 ton. Ett antagande har gjorts om att godset fördelas ut jämnt över antalet axlar på bilen. När sedan vikten för dragbilen (12 ton) samt för släpet (10,5 ton) adderas ger det en total lastfördelning om 26 ton på dragbilen och 29 ton på släpet.

Marginalkostnaden för slitage räknas då ut genom:

$$0,71 \text{ kr} * ((26/3:10)^4/0,83 + (29/4:10)^4/0,83) = 0,71 \text{ kr} * (0,5642/0,83) + (0,2763/0,83) = 0,72$$

$$0,72 + 0,04 = \mathbf{0,76 \text{ kr}} \text{ per fordonskm}$$

¹²⁰ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*

¹²¹ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, Kalkylprinciper och generella kalkylvärden, stycke 5.2.2

¹²² WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*

¹²³ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 2.4

¹²⁴ Nilsson, J.-E. och Johansson, A. (2014). *SAMKOST - Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader*, sid 98

Duo-trailer

En duo-trailer har i vårt scenario 11 st. axlar och en maxvikt på 74 ton. Dessa fördelar sig på dragbilen (6 axlar) med 40 ton och släpet (5 axlar) med 34 ton.

I scenario UA är duo-trailern lastad med 43,5 ton, vilket ger en bruttovikt om 73,5 ton. Även här har det antagits att godset fördelas ut jämnt över antalet axlar på bilen. När sedan vikten för dragbilen (19 ton) samt för släpet (11,5 ton) adderas ger det en total lastfördelning om 43 ton på dragbilen och 31 ton på släpet. Marginalkostnaden för slitage räknas då ut genom:

$$0,71\text{kr} * ((43/6:10)^4/0,83 + (31/5:10)^4/0,83) = 0,71\text{ kr} * (0,2638/0,83) + (0,1478/0,83) = 0,35 \\ 0,35 + 0,04 = \mathbf{0,39\text{ kr}} \text{ per fordonskm}$$

Kolonnkörning bedöms ej påverka den externa marginalkostnaden för infrastruktur.

Olyckor

För värdering av olyckor används landsbygdsvärden för godståg samt lastbil med släp. Dessa uppgår idag till 0,0025 kr per tonkm för godståg samt till 0,005 kr per fordonskm för lastbil med släp¹²⁵. För scenariot med duo-trailers i kolonn görs en samlad bedömning att olyckskostnaden sänks med 50 % till följd av lägre risk för olyckor. Värderingen av olyckor hålls konstant från år 2015 till år 2030 för både godståg och lastbilar (även duo-trailers).¹²⁶

Koldioxid samt övriga emissioner

För koldioxid uppgår värderingen för godståg till 0,0018 kr per tonkm och för övriga emissioner till 0,0027 kr per tonkm. För lastbil med släp uppgår värderingen för koldioxid till 0,8373 kr per fordonskm och för övriga emissioner till 0,2167 kr per fordonskm.¹²⁷

En duo-trailer förbrukar ca 23 % mer bränsle än en lastbil med släp. Dock är kapaciteten högre (66 pallplatser för duo-trailer jämfört med 48 pallplatser för Lastbil med släp), vilket leder till en reducerad bränsleförbrukning per pallplats. Direkt översatt till bränsle per pallplats ger det en minskning om ca 11 %. I analysen beräknas förbrukningen per fordon (dvs. ökning med 23 %), sedan tar godsberäkningarna hänsyn till hur många fordon som krävs.

Till framtidsscenario år 2030 är bedömningen för lastbilar att koldioxidutsläppen sänks med 4 % och övriga emissioner med 85 %.¹²⁸ Värderingen av koldioxidutsläpp räknas upp med 1,5 % per år enligt ASEK:s rekommendationer för både godståg och lastbilar.¹²⁹

Bränslebesparingen för kolonnkörning sätts till 13 % per fordon i en kolonn, enligt beräkning baserat på att besparingen är 15 % per fordon utom för första och sista fordonet som beräknas uppnå en besparing om 7,5 %.¹³⁰

Buller

För värdering av buller används landsbygdsvärden för godståg, 0,0037 kr per tonkm samt för lastbil med släp, 0,1379 kr per fordonskm.¹³¹ För duo-trailers bedöms bullerkostnaden öka med 10 % jämfört med lastbil med släp. Vid kolonnkörning bedöms den externa

¹²⁵ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 2.4 samt tabell 1.4

¹²⁶ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, Kalkylprinciper och generella kalkylvärden, stycke 5.2.4

¹²⁷ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 2.4 samt tabell 1.4

¹²⁸ WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*

¹²⁹ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, Kalkylprinciper och generella kalkylvärden, stycke 5.2.4

¹³⁰ Gunnar Tornmalm, Scania

¹³¹ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 2.4

marginalkostnaden för buller öka med ytterligare 20 %. Värderingen av buller räknas upp med 1,5 % per år enligt ASEK:s rekommendationer för både godståg och lastbilar.

Sammanfattning per trafikslag

Tabell 12: Indata för externa marginalkostnader nuläge, kr per trafikslag. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Indata externa marginalkostnader nuläge				
Transportslag	Marginalkostnad	Värde	Enhet	Källa
Systemtåg	Infrastruktur	$0,017+0,0186 = 0,356$	kr/tonkm	Trafikanalys PM 2016:2 Bilagor, tabell 2.4
Systemtåg	Olyckor	$0,0011+0,0014 = 0,0025$	kr/tonkm	Trafikanalys PM 2016:2 Bilagor, tabell 2.4, lägre värdet
Systemtåg	Koldioxid	0,0018	kr/tonkm	Trafikanalys PM 2016:2 Bilagor, tabell 2.4
Systemtåg	Övriga emissioner	0,0027	kr/tonkm	Trafikanalys PM 2016:2 Bilagor, tabell 2.4
Systemtåg	Buller	0,0037	kr/tonkm	Trafikanalys PM 2016:2 Bilagor, tabell 2.4, lägre värdet
Lastbil med släp	Infrastruktur	0,76	kr/fordonskm	Uträkning enl. SAMKOST, se separat stycke om axeltryck
Lastbil med släp	Olyckor	0,005	kr/fordonskm	Trafikanalys PM 2016:2 Bilagor, tabell 1.4
Lastbil med släp	Koldioxid	0,85	kr/fordonskm	Trafikanalys PM 2016:2 Bilagor, tabell 1.4
Lastbil med släp	Övriga emissioner	$(0,3-0,14)/2+0,14 = 0,22$	kr/fordonskm	Trafikanalys PM 2016:2 Bilagor, tabell 1.4
Lastbil med släp	Buller	0,14	kr/fordonskm	Trafikanalys PM 2016:2 Bilagor, tabell 1.4
Duo-trailer	Infrastruktur	0,39	kr/fordonskm	Uträkning enl. SAMKOST, se separat stycke om axeltryck
Duo-trailer	Olyckor	$0,005*0,9 = 0,0045$	kr/fordonskm	Bedömning: Minskning med 10 % jämfört med lastbil med släp
Duo-trailer	Koldioxid	$0,85*1,23 = 1,0455$	kr/fordonskm	Bedömning: Ökning med 23 % jämfört med lastbil med släp per fordon
Duo-trailer	Övriga emissioner	$0,22*1,23 = 0,2706$	kr/fordonskm	Bedömning: Ökning med 23 % jämfört med lastbil med släp per fordon
Duo-trailer	Buller	$0,14*1,1 = 0,154$	kr/fordonskm	Bedömning: Ökning med 10 % jämfört med lastbil med släp

Tabell 13: Indata för externa marginalkostnader år 2030, kr per trafikslag. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Indata externa marginalkostnader 2030					
Transportslag	Marginalkostnad	Uppräkningsfaktor till år 2030	Värde 2030	Enhet	Källa
Systemtåg	Infrastruktur	-	0,0356	kr/tonkm	Järnvägskostnader antas reall oförändrade över tid
Systemtåg	Olyckor	-	0,0025	kr/tonkm	Värdet för 2015 hålls konstant
Systemtåg	Koldioxid	25,023%	0,00225	kr/tonkm	Värdet för 2015 räknas upp med 1,5 % per år enl. ASEK
Systemtåg	Övriga emissioner	25,023%	0,003376	kr/tonkm	Värdet för 2015 räknas upp med 1,5 % per år enl. ASEK
Systemtåg	Buller	25,023%	0,004626	kr/tonkm	Värdet för 2015 räknas upp med 1,5 % per år enl. ASEK
Lastbil med släp	Infrastruktur	-	0,76	kr/fordonskm	Bedöms reall oförändrade till 2030
Lastbil med släp	Olyckor	-	0,005	kr/fordonskm	Värdet för 2015 hålls konstant
Lastbil med släp	Koldioxid	25,023%	1,020188	kr/fordonskm	Bedömning att värdet för 2015 sänks med 4 %, samt räknas upp med 1,5 % per år enl. ASEK
Lastbil med släp	Övriga emissioner	25,023%	0,041258	kr/fordonskm	Bedömning att värdet för 2015 sänks med 85 %, samt räknas upp med 1,5 % per år enl. ASEK
Lastbil med släp	Buller	25,023%	0,175032	kr/fordonskm	Värdet för 2015 räknas upp med 1,5 % per år enl. ASEK
Duo-trailer	Infrastruktur	-	0,39	kr/fordonskm	Bedöms reall oförändrade till 2030
Duo-trailer	Olyckor	-	0,0025	kr/fordonskm	Värdet för 2015 hålls konstant, samt sänks med 50 % för duo-trailers i kolonn (hela 50%-sänkningen inräknad i detta värde)
Duo-trailer	Koldioxid	25,023%	1,091703	kr/fordonskm	Bedömning att värdet för 2015 sänks med 4 %, räknas upp med 1,5 % per år enl. ASEK, samt sänks med 13 % för kolonn (sänkning pga. ökad fordonskapacitet ej inräknad i detta värde)
Duo-trailer	Övriga emissioner	25,023%	0,04415	kr/fordonskm	Bedömning att värdet för 2015 sänks med 85 %, räknas upp med 1,5 % per år enl. ASEK, samt sänks med 13 % för kolonn (sänkning pga. ökad fordonskapacitet ej inräknad i detta värde)
Duo-trailer	Buller	25,023%	0,192535	kr/fordonskm	Värdet för 2015 räknas upp med 1,5 % per år enl. ASEK

9.3 Företagsekonomiska kostnader

Företagsekonomiska poster som tas upp baseras på driftskostnader i ASEK6¹³². Kostnadsposterna skiljer sig av naturliga skäl mellan järnväg och lastbil. I ASEK har värden för HGV60 använts för att motsvara lastbil med släp i denna analys. Kostnaderna sammanfattas per trafikslag i Tabell 6, Tabell 7, Tabell 8 samt Tabell 9 sist i kapitlet.

Järnväg

Driftskostnader för järnväg är uppdelade i en avståndsberoende komponent kr/tonkm samt en tidsberoende komponent kr/tontimme. De är baserade på ASEK 6.1, vilken rekommenderas att användas för genomsnittståg, och tåget antas vara eldrivet systemtåg, STAX 22,5.¹³³ Dessa värden inkluderar både kostnad för rullande material (lok och vagnar), bränsle och personal (lokförare), men inte banavgifter.¹³⁴ Kostnaderna antas oförändrade över tid.

Tabell 14: Driftskostnader för godståg, exkl. banavgifter. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Transporttyp	Avståndsberoende operativa kostnader [kr per tågkm]	Tidsberoende operativa kostnader [kr per tågtimme]
Systemtåg, exkl. moms	14,1	2 827 + 441 = 3 268

För tillämpning av tidsberoende parametrar används transport-tid som bas för beräkningar enligt rekommendation från Trafikverket¹³⁵. För tåg innebär det ledtiden för tåget A→B, dvs. 8h, men ej lastning/lossningstid.

I banavgifter inkluderas spåravgift, emissionsavgift och viktad tåglägesavgift enligt nedan.¹³⁶ Även dessa kostnader antas oförändrade över tid.

Tabell 15: Banavgifter för godståg, kr per tonkm. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Banavgifter	2014	2030
Spåravgift	0,00933	0,00933
Emissionsavgift	0,00146	0,00146
Viktad tåglägesavgift	0,00731	0,00731
Summa banavgifter	0,01810	0,01810

¹³² Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*

¹³³ Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*, tabell 14.8 samt tabell 14.9

¹³⁴ Gunnel Bångman, Samhällsekon, Trafikverket, e-mail 2016-04-21

¹³⁵ Gunnel Bångman, Trafikverket, 2016-05-18

¹³⁶ Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, tabell 2.2

Lastbil

Lastbilarna i valda scenarier drivs på diesel. Beräkningen av drivmedelskostnaden baseras på ASEK:s värden.¹³⁷ Dessa räknas sedan upp med prognosen över hur dieselpriiset förändras i framtiden, för att få drivmedelskostnaden år 2030. Nedan förändring spås för dieselpriiset i framtiden¹³⁸:

- Produktpriiset för diesel antas öka med i genomsnitt 0,8 % per år under perioden 2014-2040.
- Hänsyn tas till redan beslutade höjningar av drivmedelsskatter. dvs. höjd energiskatt med 53 öre/liter diesel år 2016 och därefter en real ökning av drivmedelsskatterna med 2 % per år.

Detta ger ett dieselpriis inkl skatter men exkl. moms om 10,53 kr/liter år 2014, och om 13,51 kr/liter år 2030. Det innebär en ökning med 28,3% vs 2014.

För att få drivmedelskostnad år 2030 ökas därmed kostnadsposten för drivmedel upp med 28,3%. Detta ger en drivmedelskostnad för Lastbil med släp år 2030 om $6,63 \times 1,283 = 8,51$ kr per fordonskm. Förutom drivmedel antas driftskostnaderna vara reellt oförändrade till 2030.¹³⁹

Tabell 16: Dieselpriis i kr år 2014 samt år 2030. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Dieselpriis	2014	2030
Dieselpriis, exkl. drivmedelsskatter och moms, kr/liter	5,73	6,51
Dieselpriis, exkl. drivmedelsskatter inkl moms (25 %), kr/liter	7,16	8,14
Drivmedelsskatter, inkl moms, kr/liter	6,00	8,75
Dieselpriis inklusive alla skatter	13,16	16,88
Dieselpriis inkl skatt, exkl. moms	10,53	13,51

För duo-trailer finns ej statistik i ASEK, här görs bedömningar av hur respektive kostnadskomponent påverkas baserat på intervjuer med deltagare i Duo2-projektet. När det gäller drivmedel bedöms en Duo-trailer förbruka 23 % mer bränsle än en lastbil med släp, vilket innebär motsvarande ökning av drivmedelskostnaden.¹⁴⁰ Eftersom en duo-trailer har fler axlar (11st.) jämfört med en lastbil med släp (7st.) bedöms däckkostnaden öka med motsvarande axelökning, dvs. 57 %. En duo-trailer är något, ca 5-10%, dyrare än en lastbil med släp, vilket innebär att kostnadskomponenter härrörande till kapitalkostnad ökar något. Ett antagande för scenario UA ger ökning med 7,5 %. För övriga kostnadskomponenter kan värden för lastbil med släp användas.¹⁴¹

¹³⁷ Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter, tabell 14.1*

¹³⁸ Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*

¹³⁹ Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*

¹⁴⁰ Ida Jonsson, DB Schenker Consulting

¹⁴¹ Rustan Eliasson, DB Schenker Equipment

Då kolonnkörning innebär en bränslebesparing sänks kostnaderna för drivmedel med motsvarande besparing (13 % enligt tidigare motivering). Vid kolonnkörning med hög automatiseringsgrad antas föraren kunna tillgodoräkna sig vilotid under färd, vilket innebär att total ledtid reduceras.¹⁴²

För tillämpning av tidsberoende parametrar används transporttid som bas för beräkningar enligt rekommendation från Trafikverket¹⁴³. För vägszenario JA1 och UA innebär det den totala tiden för körtid samt vilotid.

För lastbil beräknas kostnaden för lastning/lossning som förarlön x lastnings/lossningstid. För Lastbil med släp används tiden 1h enligt ASEK.¹⁴⁴ Lastnings/lossningstiden för en duo-trailer beräknas genom att anta samma förhållande i tid per pallplats som lastbil med släp och sedan addera 0,5 h för extra rangeringstid. Detta ger en lastnings/lossningstid om $1 / 48 \times 66 + 0,5 = 1,875$ h.

¹⁴² Gunnar Tornmalm, Scania

¹⁴³ Gunnel Bångman, Trafikverket, 2016-05-18

¹⁴⁴ Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter, tabell 14.8*

Sammanfattning per trafikslag

Tabell 17: Indata företagsekonomiska kostnader, nuläge, kr per trafikslag. Transportslag Systemtåg samt Lastbil med släp. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Indata företagsekonomiska kostnader nuläge				
Transportslag	Företagsekonomisk kostnad	Värde	Enhet	Källa
Systemtåg	Operativa avståndsberoende kostnader kr/tågkm	14,1	kr/fordonskm	ASEK 6.1 Tabell 14.8 Systemtåg stax 22,5
Systemtåg	Spåravgift	0,00933	kr/tonkm	Tabell 2.2 PM 2016:2
Systemtåg	Emissionsavgift	0,00146	kr/tonkm	Tabell 2.2 PM 2016:2
Systemtåg	Tåglägesavgift	0,00731	kr/tonkm	Tabell 2.2 PM 2016:2
Systemtåg	Operativa tidsberoende kostnader kr/tågtimme	3 268	kr/fordonstimme	ASEK 6.1 Tabell 14.9 Systemtåg stax 22,5
Systemtåg	Kostnad lossning/lassning av tåg	27	kr/ton	ASEK6.1 Tabell 14.10 Systemtåg Övrigt gods
Lastbil med släp	Drivmedel (inkl drivmedelsskatter)	6,63	kr/fordonskm	ASEK6.1 Tabell 14.3, HGV60
Lastbil med släp	Service & reparationer	1,00	kr/fordonskm	ASEK6.1 Tabell 14.3, HGV60
Lastbil med släp	Däck	1,13	kr/fordonskm	ASEK6.1 Tabell 14.3, HGV60
Lastbil med släp	Avståndsberoende Värdeminskning (kapitalkostnad, slitage)	1,87	kr/fordonskm	ASEK6.1 Tabell 14.3, HGV60
Lastbil med släp	Förlön	244,00	kr/fordonstimme	ASEK6.1 Tabell 14.3, HGV60
Lastbil med släp	Försäkringar och skador, IT-utrustning och mobiler, övriga fasta kostnader	30,87	kr/fordonstimme	ASEK6.1 Tabell 14.3, HGV60
Lastbil med släp	Skatter och vägavgifter (årliga fordonsberoende skatter)	7,62	kr/fordonstimme	ASEK6.1 Tabell 14.3, HGV60
Lastbil med släp	Värdeminskning, fast del (kapitalkostnad, allmän värdeminskning)	28,68	kr/fordonstimme	ASEK6.1 Tabell 14.3, HGV60
Lastbil med släp	Ränta (kostnad, kapitalbinding)	18,01	kr/fordonstimme	ASEK6.1 Tabell 14.3, HGV60

Tabell 18: Indata företagsekonomiska kostnader, nuläge, kr per trafikslag. Transportslag Duo-trailer. Kostnader i 2014 års penningvärde.

Indata företagsekonomiska kostnader nuläge				
Transportslag	Företagsekonomisk kostnad	Värde	Enhet	Källa
Duo-trailer	Drivmedel (inkl drivmedelsskatter)	8,15	kr/fordonskm	23 % mer än Lastbil med Släp
Duo-trailer	Service & reparationer	1,00	kr/fordonskm	Samma som Lastbil med släp enl. intervjuer
Duo-trailer	Däck	1,77	kr/fordonskm	11 axlar på duo-trailer vs 7 axlar ger ökning på 57 %
Duo-trailer	Avståndsberoende Värdeminskning (kapitalkostnad, slitage)	2,01	kr/fordonskm	+ 7,5 % mer än Lastbil med släp enl. intervjuer
Duo-trailer	Förelön	244,00	kr/fordonstimme	Samma som Lastbil med släp enl. intervjuer
Duo-trailer	Försäkringar och skador, IT-utrustning och mobiler, övriga fasta kostnader	30,87	kr/fordonstimme	Samma som Lastbil med släp enl. intervjuer
Duo-trailer	Skatter och vägavgifter (årliga fordonsberoende skatter)	7,62	kr/fordonstimme	Samma som Lastbil med släp enl. intervjuer
Duo-trailer	Tidsberoende värdeminskning (kapitalkostnad, allmän värdeminskning)	30,83	kr/fordonstimme	+ 7,5 % mer än Lastbil med släp enl. intervjuer
Duo-trailer	Ränta (kostnad, kapitalbindning)	19,36	kr/fordonstimme	+ 7,5 % mer än Lastbil med släp enl. intervjuer

Tabell 19: Indata företagsekonomiska kostnader år 2030, kr per trafikslag. Transportslag Systemtåg samt Lastbil med släp. Kostnader i kr, 2014 års penningvärde.

Indata företagsekonomiska kostnader 2030				
Transportslag	Företagsekonomisk kostnad	Värde	Enhet	Källa
Systemtåg	Operativa avståndsberoende kostnader kr/tågkm	14,1	kr/fordonskm	Enl. ASEK realt oförändrad till 2040 och 2060
Systemtåg	Spåraggift	0,00933	kr/tonkm	Antagande realt oförändrad över tid
Systemtåg	Emissionsavgift	0,00146	kr/tonkm	Antagande realt oförändrad över tid
Systemtåg	Tåglägesavgift	0,00731	kr/tonkm	Antagande realt oförändrad över tid
Systemtåg	Operativa tidsberoende kostnader kr/tågtime	3 268	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad till 2040 och 2060
Systemtåg	Kostnad lossning/lassning av tåg	27	kr/ton	Enl. ASEK realt oförändrad
Lastbil med släp	Drivmedel (inkl drivmedelsskatter)	8,51	kr/fordonskm	Uppräkning med ASEK:s antaganden ger ökning med 28,3%
Lastbil med släp	Service & reparationer	1,00	kr/fordonskm	Enl. ASEK realt oförändrad
Lastbil med släp	Däck	1,13	kr/fordonskm	Enl. ASEK realt oförändrad
Lastbil med släp	Avståndsberoende Värde minskning (kapitalkostnad, slitage)	1,87	kr/fordonskm	Enl. ASEK realt oförändrad
Lastbil med släp	Förelön	244,00	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad
Lastbil med släp	Försäkringar och skador, IT-utrustning och mobiler, övriga fasta kostnader	30,87	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad
Lastbil med släp	Skatter och vägavgifter (årliga fordonsberoende skatter)	7,62	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad
Lastbil med släp	Värde minskning, fast del (kapitalkostnad, allmän värde minskning)	28,68	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad
Lastbil med släp	Ränta (kostnad, kapitalbindning)	18,01	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad

Tabell 20: Indata företagsekonomiska kostnader år 2030, kr per trafikslag. Transportslag Duo-trailer. Kostnader i kr, 2014 års penningvärde.

Indata företagsekonomiska kostnader 2030				
Transportslag	Företagsekonomisk kostnad	Värde	Enhet	Källa
Duo-trailer	Drivmedel (inkl drivmedelsskatter)	10,46	kr/fordonskm	Uppräkning med ASEK:s antaganden ger ökning med 28,3%
Duo-trailer	Service & reparationer	1,00	kr/fordonskm	Enl. ASEK realt oförändrad
Duo-trailer	Däck	1,77	kr/fordonskm	Enl. ASEK realt oförändrad
Duo-trailer	Avståndsberoende Värde­minskning (kapitalkostnad, slitage)	2,01	kr/fordonskm	Enl. ASEK realt oförändrad
Duo-trailer	Förlön	244,00	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad
Duo-trailer	Försäkringar och skador, IT-utrustning och mobiler, övriga fasta kostnader	30,87	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad
Duo-trailer	Skatter och vägavgifter (årliga fordonsberoende skatter)	7,62	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad
Duo-trailer	Värde­minskning, fast del (kapitalkostnad, allmän värde­minskning)	30,83	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad
Duo-trailer	Ränta (kostnad, kapitalbindning)	19,36	kr/fordonstimme	Enl. ASEK realt oförändrad

9.4 Godstidsvärden

Ledtider för valda scenarier återfinns i huvudrapporten, tabell 9. En kvantifiering av godstidsvärden återfinns i ASEK6. I valda scenarier används godstidsvärden för "Färdiga produkter". För 2014 är värdet 7,38 kr per tontimme exkl. moms, och för 2040 är värdet 9,57 kr per tontimme.¹⁴⁵

Enligt Trafikverket ska inte godstidsvärden räknas upp med 1,5 % per år under kalkylperioden. Att godstidsvärden ändras över tiden beror på att godstransporterna och det transporterade godsets sammansättning och värde ändras över tiden. Dessa värden baseras på de trafikprognoser som gjorts för godstransporter och därför finns det bara punktskattningar gjorda för år 2014 och för 2040.¹⁴⁶

För 2030 måste alltså en skattning göras som antagande. I denna analys antas att förändringarna är mindre i början av perioden. Därmed används ett medelvärde av 2014 och 2040 års värden, dvs. 8,48 kr per tontimme, för år 2030.

¹⁴⁵ Trafikverket, ASEK 6.0 kap 7, *Värdering av kortare restid och transporttid*, tabell 7.14

¹⁴⁶ Gunnel Bångman, Samhällsekonom, Trafikverket, e-mail 2016-04-26

9.5 Referenser

Nilsson, J.-E. och Johansson, A. (2014). *SAMKOST - Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.

Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader*, Trafikanalys rapport 2016:2, Stockholm

Trafikanalys (2016), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader – bilagor*, Trafikanalys PM 2016:2, Stockholm

Trafikverket, ASEK 6.0 kap 5, *Kalkylprinciper och generella kalkylvärden*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

Trafikverket, ASEK 6 kap 6, *Investeringskostnad samt drift- och underhållskostnader*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

Trafikverket, ASEK 6.0 kap 7, *Värdering av kortare restid och transporttid*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

Trafikverket, ASEK 6.0 kap 10, *Kostnad för buller*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

Trafikverket, ASEK 6.1 kap 14, *Operativa kostnader för godstransporter*, Trafikverket 2016, www.trafikverket.se/asek

WSP (2015), *Trafikens framtida externa effekter*. Rapport. (Framtagen på uppdrag av Trafikanalys).

Intervjuer

Berntsson, Håkan, Affärsområdeschef Fjärr DB Schenker Åkeri, intervju 2016-04-14

Bångman, Gunnel, Samhällsekonom, Trafikverket, e-mail 2016-04-21, 2016-04-26 samt telefon 2016-05-18

Eliasson, Rustan, VD DB Schenker Equipment, intervju 2013-04-22

Jonsson, Ida, Konsult, expert inom HCT-området, DB Schenker Consulting, intervju 2016-03-24

Tornmalm, Gunnar, Head of Predevelopment, Systems Development Scania, intervju 2016-04-13



Trafikanalys är en kunskapsmyndighet för transportpolitiken. Vi analyserar och utvärderar föreslagna och genomförda åtgärder inom transportpolitiken. Vi ansvarar även för officiell statistik inom områdena transporter och kommunikationer. Trafikanalys bildades den 1 april 2010 och har huvudkontor i Stockholm samt kontor i Östersund.