

CHALMERS



IKT för energieffektiva godstransporter – En förstudie för identifiering av behovet av framtida forskning och potential av energianvändning vid godstransporter

Slutrapport

PEHR-OLA PERSSON, WSP ANALYS & STRATEGI
KENT LUMSDEN, AVDELNINGEN FÖR LOGISTIK OCH
TRANSPORT, CHALMERS
PER JONSSON, WSP ANALYS & STRATEGI
SEBASTIAN BÄCKSTRÖM, WSP ANALYS & STRATEGI

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
Avdelningen för logistik och transport
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2009
Rapport Nummer 2009:002

Förord

Föreliggande rapport behandlar möjligheterna att med informations- och kommunikationsteknologi (IKT) reducera energianvändningen inom godstransportområdet. I rapporten har olika aspekter av transporter studerats för att på så sätt få fram den potential till framtida energibesparing som ligger inom transportindustrin olika element.

Projektet har genomförts av WSP Analys och Strategi i samarbete med avdelningen för logistik och transport vid Chalmers. Huvudsakligen har projektet utförts av Pehr-Ola Persson och Per Jonsson. Sebastian Bäckström har varit engagerad som expert inom området transporter och miljö.

Arbetet i detta projekt har varit upplagt i form av en förstudie vilket för med sig att de resultat som presenteras i rapporten ger en teoretisk bild över den potential till energibesparing vid nyttjande av IKT som ligger inom transportnäringen. Vidare studier får visa mer detaljerade resultat i form av kvantitativa beräkningar. Det råder dock ingen tvekan om att det finns en stor potentiell energibesparing i ökad planering och effektivare användning av tillgängliga resurser med hjälp av verktyg och metoder baserade på IKT.

Göteborg i juni 2009

Kent Lumsden
Professor
Avdelningen för logistik och transport
Chalmers tekniska högskola

Innehåll

SLUTRAPPORT	1
SAMMANFATTNING	7
SUMMARY IN ENGLISH	9
1 INTRODUKTION	11
2 SYFTE.....	14
3 METOD	15
3.1 Intervjuer	15
3.2 Litteraturundersökning	15
3.3 Kvantitativa beräkningar	15
3.4 Avgränsningar	15
4 NULÄGESBESKRIVNING	16
4.1 Allmänt	17
4.2 Gods och logistik	19
4.3 Miljö- och energiaspekter.....	22
4.4 Transporter och energieffektivitet.....	25
4.5 Transportavståndets inverkan.....	29
4.6 Informationssystem	34
4.7 IKT som ett verktyg att effektivisera godstransporter	36
4.8 Problem och åtgärder	41
4.9 Möjliga åtgärder för energieffektivisering	44
5 REFLEKTION OCH ÅTERKOPPLING.....	50
5.1 Transportintensitet.....	51
5.2 Gränssnitt mellan marknad och logistik.....	51
5.3 Fördelning mellan trafikslag	52
5.4 Nyttjandegrad av fordon	52
5.5 Energiintensitet.....	53
5.6 Prioritering av områden med störst energieffektiviseringspotential	54
6 POTENTIAL FÖR OLIKA LÖSNINGAR	56
6.1 Energibesparande åtgärder: fjärrtransporter och godsdistribution	56
6.2 Åtgärdernas utfall hos transportaktörer	59
6.3 Realiserbarhet	60
7 FÖRSLAG TILL FRAMTIDA STUDIER.....	61
7.1 Åtgärder för effektiva transporter	61
7.2 Fortsatt forskning.....	62
8 REFERENSER	65

Sammanfattning

Ett övergripande syfte med denna förstudie har varit att lyfta fram potentialen att med hjälp av informations- och kommunikationsteknologi, IKT, minska energianvändningen i logistiska system. En viktig del av arbetet har därför bestått i att ta fram ett ramverk för hur energianvändningen skall kunna studeras med avseende på de energieffektiviseringar som har möjlighet att kunna realiseras.

Energieffektiviseringar har bland annat studerats genom McKinnons ramverk för reduktion av CO₂ emissioner inom transportområdet men också genom mer generella modeller vilka beskriver förhållandet mellan branschens aktörer och de tjänster som utförs. Således har även branschens aktörer indelats efter de möjligheter till energieffektivisering som identifierats. Genom att separera på transport, trafik och logistik har också en distinktion kunnat göras beträffande de IKT lösningar som skulle kunna vara aktuella i respektive fall.

Utifrån McKinnons resonemang är den enskilt viktigaste åtgärden att öka kommunikationen mellan transportköpare och transportörer på ett sådant sätt att transportbehovet i grunden kan förändras. På så sätt ges även utrymme för att hitta alternativa transportlösningar och använda sig av alternativa trafikslag och på så sätt kan nyttja den transportlösning som är effektivast både ur ett ekonomiskt såväl som miljömässigt perspektiv.

I denna studie har främst landbaserade transporter studerats vilket innebär att några av de förslag till lösningar som diskuteras här ej kan appliceras på alla typer av transporter. Det gäller dock att direkt påverkan främst fås vid åtgärder i gränssnittet mellan fordon och infrastruktur. Genom att förändra körstil och tillgänglighet till infrastruktur kan stora effekter fås och energianvändningen kan i många fall reduceras märkbart. Ur ett IKT perspektiv kan de mest direkta insatserna hittas vid bibehållen behovsstruktur. Mest effektivt skulle dock en förändring av transportbehovet vara. På så sätt reduceras transportbehovet och därmed även godstrafiken.

Den typ av IKT-lösningar som mest effektivt bidrar till minskad energianvändning är de som syftar till att öka informationsutbytet mellan flödeskedjans aktörer. Det är dock svårt att värdera denna potential då den består av ett stort antal olika faktorer och därmed också olika typer av informationslösningar. Exempel på lösningar som bidrar till effektivare informationsutbyte och kommunikation är de e-handelslösningar som på senare tid vuxit fram. Det finns dock stor potential att utveckla dessa till att bättre fånga upp det handlingsutrymme för energieffektiviseringar som finns inom transportområdet.

Medan kommunikationslösningar är av mer generell karaktär och inte direkt kan knytas till något specifikt system finns det många exempel på informationslösningar och IKT-system som hanterar de operativa aspekterna inom trafiken. Ruttoptimering och samlastning tillhör de mer traditionella lösningarna. Då genomslaget för denna typ av system fortfarande är relativt låg finns en stor potential inom området. Tillkommer gör även andra, senare lösningar som på sikt har möjlighet att påverka energiförbrukningen i framtida transportsystem. En viktig del av dessa lösningar består av möjligheter kopplade till den trafiksituation som fordonet befinner sig i och de möjligheter som

finns att styra och ompositionera enheter som annars riskerar att fastna i ogynnsamma trafiksituationer.

Slutligen kan konstateras att energieffektiviseringar inom transportsektorn först och främst sker som en reaktion på samspelet mellan de involverade aktörerna, dvs. transportörer, transportköpare och avnämare, tillgången till vägar, järnvägar och annan infrastruktur.

Summary in English

The main purpose of this pre-study has been to focus on the potential of using information and communication technology, ICT, to reduce the use of energy in logistics systems. An important part of this study has therefore been to develop a framework for how the use of energy can be studied based on the potential energy savings that can be realized in transport management.

Energy saving has been studied, using the theoretical framework describes by McKinnon, reducing CO₂ emissions from traffic and transport but also by using more general models describing the relationship between the actors of the transport arena and the services they offer. The actors have been classified according to their respective potential to reduce their energy consumption. Separating transport, traffic and logistics, a distinction has been possible to make regarding applicable ICT solutions.

Based on the theories presented by McKinnon, the single most important action is to increase the communication between shippers and forwarders in a way that permits the fundamental need for transport to change. In that way, there will be an opportunity to find alternative transport solutions, using alternative modes of transport. As a consequence an environmentally and financially sustainable solution can be developed.

In this pre-study, mainly land-based transport has been studied. This delimitation implies that some of the proposed solutions being discussed in this report cannot be applied on all types of transport. Despite this delimitation, the fact that sea and rail transport have not been emphasized in the report is of limited importance. The pre-study has focused on the interface between vehicle and infrastructure. This implies that the solutions being discussed are independent on the mode of transport. The results of the study shows that by focusing on factors such as driving behavior and availability to infrastructure, significant changes can be made, reducing the use of energy in the transport sector. From an ICT perspective, some of the most direct contributions can be found within the current supply and demand structure. The most efficient way to reduce the energy use in transport can be realized when the supply and demand for transport services can be more efficiently matched. In that way, the demand for transport can be reduced and thus also the traffic situation caused by goods transport. Thus, the type of solutions that most efficiently contributes to a reduced use of energy is the ones that aim to increase the information exchange between the actors in the supply chain.

Due to the problems associated by information sharing, it is difficult to evaluate the potential of the proposed strategy as it consists of different factors and thereby also different types of information solutions. Examples of solutions that contribute to more efficient information exchange and communication are the e-commerce platforms that some internet retailers are using. There is a great potential in developing solutions where the demand for transport and supply can be combined in real-time. In such solution, focus can be set on reducing the use of energy or on any other given parameter such as CO₂ emissions or other hazardous emissions from goods transport.

While communication solutions are of a more general character and thus cannot be directly assigned to any specific system, there are many examples of information systems and ICT application that handle the operative aspects associated with traffic and fleet management. Route optimization and increased consolidation are two of the more

traditional solutions. As the penetration rate of this type of systems remains fairly low, there is still a great potential within the area. There are also other, more recent solutions, having a potential impact to influence the energy consumption in future transport systems. An important part of these solutions constitute of possibilities connected to the traffic situation the vehicle is a part of and the possibilities there are to manage and reposition the units that otherwise risk getting caught in unfortunate traffic situations.

Finally, it should be concluded that the reduction of energy in the transport sector mainly will be accomplished incorporating the interplay between the levels of the transport system, i.e. shippers, forwarders and haulers, the access to roads and other infrastructure.

1 **Introduktion**

Under många år har forskningen kring energieffektivisering av transporter varit inriktad på insatser som i första hand fokuserat på utveckling av fordon och fordonskomponenter. Svensk forskning är även känd för att fokusera på mjuka aspekter inom trafik och miljö, med exempel som forskning inom trafiksäkerhet, förarbeteende och individens handlande i trafiken. Satsningar har bland annat gjorts i form av förarutbildningar och sparsam körning samt satsningar på telematik, däribland mobila IT-lösningar.

En bidragande orsak till komplexiteten inom transportbranschen kommer sig av att det denna består av ett stort antal olika aktörer som måste samarbeta för att en transport skall kunna genomföras. Branschen består således av ett flertal olika aktörer med olika förutsättningar. Beträffande godstransporter på väg kan konstateras att svenska åkerier till stor del består av enbilsåkare. Detta gäller speciellt inom bygg och anläggningstransporter. Inom marknaden för stycke gods är förhållandena i princip de motsatta. Här finns istället ett fåtal dominerande speditörer som tillsammans har en betydande del av marknaden. De åkerier som anlitas av dessa speditörer kan vara av varierande storlek men är i regel relativt stora, i några fall med över hundra fordon. Räknar man sedan in andra trafikslag än lastbil ökar antalet aktörer och därmed komplexiteten i den studerade lösningen.

Ser man till möjligheterna att påverka godstransporter generellt betyder detta att det måste till flera olika lösningar av olika karaktär för att kunna angripa problemet. Av de möjliga lösningar som erbjuds spelar IKT en betydande roll, inte minst för hur kommunikation och informationsdelning mellan marknads aktörer skulle kunna ske. IKT har även en betydande påverkan på framförandet av fordon och för att skapa incitament för ett effektivare resursutnyttjande vilket ger direkta resultat beträffande energianvändning i logistiska system. Detta återkommer senare i denna rapport.

Även kunderna, dvs. transportköparna, har en stor del i utformningen av framtida godstransportlösningar. Genom att ställa långtgående krav på transporternas utförande påverkas möjligheten att koordinera och genomföra de transporter som efterfrågas. Ur denna synvinkel är det extra viktigt att kunna koordinera kundernas önskemål med ett effektivt nyttjande av de resurser som finns tillgängliga. Det finns även möjligheter att följa upp och återrapportera väsentliga händelser av betydelse för kund eller mottagare.

Nationellt såväl som internationellt råder konsensus mellan politiker och forskare på att den negativa påverkan som transporter har på miljön bör minimeras. Detta har hittills inneburit att forskningen inom området intensifieras och att nya områden utforskas för att hitta lösningar som kan användas för att begränsa transporternas miljöpåverkan.

Fordonsutveckling och framställning av alternativa bränslen är två områden som ansetts vara strategiskt viktiga. För transportnäringen är det dock lika viktigt att ta fasta på det sätt som dessa resurser används och det sätt på vilket ökad resurseffektivitet kan bidra till att reducera transporternas miljöpåverkan. Genom att direkt påverka eller styra om behovet av transporter till mer resurseffektiva trafikslag och transportsystem finns möjligheten att påverka resursutnyttjandet och därmed energianvändningen inom logistiska aktiviteter och transporter.

I rapporten tas fasta på de samband som råder mellan transportmarknadens olika aktörer. Genom att göra en indelning utifrån marknad, logistik, transport och trafik tydliggörs att det ofta inte handlar om ett och samma gränssnitt som betraktas utan flera. Speciellt har detta visat sig vara av stor nytta vid en kategorisering av de möjliga IKT-lösningar som finns tillgängliga på marknaden. Dessa informationssystem kan endast hantera ett begränsat antal områden och är ofta inriktade på att lösa problem mellan eller inom ett av ovanstående områden. Samma resonemang gäller beträffande aktörer. De lösningar som finns tillgängliga inom IKT riktar sig i regel till en eller ett fåtal aktörer som genom att implementera en systemlösning kan dra nytta av de fördelar denna för med sig. De aktörskategorier som diskuteras i denna rapport är kunder (mottagare av godset), transportköpare (tillverkande företag), tjänsteföretag (transportörer) samt infrastrukturrhållare.

Utmärkande för många av de produkter och tjänster som erbjuds av transportföretagen är att dessa är utvecklade för att möta efterfrågan hos kunderna. Transportörerna har på egen hand mycket svårt att utveckla tjänster som av olika anledningar riskerar att inte få avsättning för. Konsumenter och transportköpare måste således vara villiga att betala för utvecklingen av de tjänster som tillförs. För lösningar som är beroende av stora investeringar har detta inneburit att projekt med korta återbetalningstider och lågt risktagande premieras framför längre och mer riskfyllda projekt.

Möjligheten att reducera energianvändningen i samband med godstransporter är stor. Framför allt gäller detta möjligheten att styra resursbehovet genom att direkt påverka de kunder som efterfrågar transporttjänsten. Konkret innebär det att den effektivaste godstransporten är den som kan undvikas och därmed aldrig äger rum. I andra hand kommer effektivare resursutnyttjande, dvs. faktorer som på olika sätt hanterar de negativa effekter som godstransporter medför på miljön. I och med att miljömedvetandet ökar inom industrin och genom att miljö numer utgör ett konkurrensmedel företag emellan ökar också intresset av att ta fram lösningar som främjar både ekonomi och miljö.

Det har forskats mycket i hur kopplingen mellan ekonomisk utveckling och ökande transportintensitet kan brytas, s.k. decoupling. I första hand behöver detta samband brytas men det är också viktigt att få fram på vilket sätt transportsystemet skulle kunna tillgodose det ökade transportbehovet på ett hållbart sätt, exempelvis genom ökad effektivisering av befintliga resurser.

Det är också viktigt att peka på de effekter som kan uppnås genom investeringar i informations- och kommunikationsteknologier och de resurseffektiviseringar detta medför. Generellt sett har dessa lösningar ej analyserats ur ett energi- och resursperspektiv. Det finns således inga analyser som ser till kopplingen mellan miljö/energi och IKT-lösningar inom logistik och transportområdet.

Möjligheten att påverka logistik- och transportsystemet via insatser inom IKT begränsas av en mängd faktorer. Av dessa är transportsystemets organisation och dess olika intressenter av stor vikt genom att dessa till stor del påverkar på vilket sätt möjligheten att påverka det sätt på vilket transporter och fysiska förflyttningsprocesser utförs.

Utgångspunkten i detta projekt är att undersöka på vilket sätt IKT möjliggör effektivare transporter. Det är därför viktigt att lyfta fram de möjligheter som finns, på kort och lång sikt, när det gäller systemets benägenhet till förändring som kan leda till

energieffektivisering. Denna rapport behandlar olika aspekter inom logistik, transport och trafik och försöker i samband med detta fokusera de möjligheter som finns till energieffektiviseringar inom respektive område.

2 Syfte

Syftet med denna studie är att analysera sambandet mellan potential att minska transportsektorns energibehov och ett ökad användande av informations- och kommunikationsteknologi (IKT). I rapporten kommer därför energianvändning studeras utifrån de effekter som kan åstadkommas genom att specifika IT-tjänster nyttjas. En diskussion kommer också att föras över vilken energibesparing dessa kan komma att leda till inom godstransportområdet. Detta innebär att rapporten främst kommer att behandla de utmaningar och möjligheter som en reduktion av transporterernas energianvändning innebär. På grund av studiens begränsade omfattning kommer endast ett fåtal specifika trafikslag att studeras. Då landbaserade transporter i regel är i majoritet till antalet sändningar och även har en nära relation till avsändare och mottagare förs den avgörande delen av diskussionen i relation till dessa.

3 Metod

För att ge en bild av de förutsättningar som idag råder inom transportbranschen och de speciella egenskaper som berör godstransporter, har en litteraturgenomgång gjorts. Specifikt har faktorer som branschens struktur, tillgängliga förbättringsmöjligheter och genomförbarhet studerats. För att mäta och analysera energianvändningen för de olika åtgärdsförslagen har ett antal olika scenarier satts samman vilka antas vara representativa för de transporter som genereras nationellt.

3.1 Intervjuer

I studien har utgångspunkten varit att kunskap om var besparingspotential avseende energi finns hos dem som utför transporterna. Bakgrunden till detta resonemang är att dagens höga bränslepriser medför att utförarna sannolikt redan har strategier för ett energisnålt företagande i branschen. Därför ställdes företag som på olika sätt arbetar med transporter inför ett antal olika scenarier där de gavs möjlighet att lämna synpunkter på olika åtgärder för effektivare transporter. Scenarierna är speciellt framtagna för att fånga de aspekter som framkommit som viktiga, både genom litteraturstudien och tidigare erfarenhet.

3.2 Litteraturundersökning

Den litteratur som söktes inom området IKT och godstransporter har främst gjorts på Internet bland berörda svenska myndigheter (Vägverket, SIKa, Energimyndigheten, VTI, Banverket) samt på deras europeiska motsvarigheter. Vidare har informationssökning efter vetenskapliga artiklar inom området gjorts i vetenskapliga sökdatabaser.

3.3 Kvantitativa beräkningar

I de fall storleken på energibesparingsåtgärder har varit möjliga att uppskatta har beräkningar gjorts i emissionsmodellen ARTEMIS avseende CO₂. I modellen finns möjlighet att simulera effekt av bland annat förändrad lastfaktor, hastighet, trafikflöde och motorstorlek på transporters energianvändning. Dessa beräkningar har syftat till att ge en indikation på vilken storlek utvalda åtgärder har och var ansträngningar bör koncentreras.

3.4 Avgränsningar

För att kunna hantera de möjligheter och samband som är kopplade till IKT på ett korrekt sätt har avgränsningar gjorts beträffande transportsystemet och dess egenskaper. Dessa begränsningar relaterar bland annat till trafikslag, geografisk utsträckning och typ av försändelser. På vilket sätt detta påverkar kommande analys beskrivs nedan.

Gällande trafikslag har avgränsningar gjorts till de landbaserade trafikslagen. Detta innebär att flygfrakt och sjöfrakt inte behandlas i denna rapport. Anledningen till detta är att de båda bortvalda trafikslagen representerar två områden som skiljer sig bjärt från de övriga. Flygtransporter innebär ofta utrikes transporter av expresskaraktär vilket ställer helt andra krav på faktorer som servicegrad, kostnadsläge och betalningsvilja. En stor del av det gods som fraktas är av stort värde vilket innebär att kostnadsandelen som

är kopplad till frakten utgör en mycket liten del av produktkostnaden. Sammantaget innebär uniciteten i flygtransporter att förutsättningarna är annorlunda för flyg än för resterande trafikslag. Vidare utgör den samlade flyggodstrafiken som de facto går med flyg inrikes endast en liten andel av den totala mängden gods.

Beträffande sjötransporter råder delvis motsatta förhållanden. Det gods som fraktas per båt är ofta av lågt värde, volymerna är stora samtidigt som transporttiden är av mindre betydelse. För att uppnå lönsamhet kräver sjöfarten idag stora volymer och därmed också stora samordningsinsatser. Huruvida detta förhållande kommer att bestå är till stor del beroende på kostnadsstrukturen för övriga trafikslag. Det finns idag ingen anledning att tro att betydelsen konsolidering kommer att förändras på grund av godsstrukturen drastiskt skulle förändras i närtid. En del av sjöfrakten i Sverige är nationell men de stora volymerna berör internationell frakt där import och export utgör de stora flödena.

I detta fall innebär ovanstående faktorer att även denna typ av frakt skiljer sig så pass mycket från landbaserade godstransporter att de avgränsas bort från denna första studie. Det finns många anledningar till att närmare studera sjöfartens roll, speciellt beträffande storskaliga transporter vilket i stor utsträckning kan tolkas som ett planerings- och kommunikationsproblem.

En ytterligare avgränsning som gjorts i denna rapport är inriktningen mot nationella transporter. Det huvudsakliga skälet till detta beslut är att internationella godstransporter i stor utsträckning skiljer sig från nationella transporter, bland annat utifrån de trafikslag som är aktuella, vilket kunnat konstateras ovan. Vidare så finns underlaget beträffande nationella transporter tillgängligt i betydligt större grad än för internationella transporter vilket underlättar informationsinsamling och kontakter med industrin.

För att ytterligare kunna studera effekterna av olika typer av transporter har även en indelning gjorts beträffande transporternas längd och omfattning. Detta främst för att transporternas längd påverkar valet av trafikslag och de förutsättningar som finns för att respektive trafikslag skall bli lönsamt. För övriga typer av transporter kommer endast ett generellt resonemang att föras.

4 Nulägesbeskrivning transporter och energi-användning

Den forskning som hittills bedrivits har varit ett viktigt bidrag till att öka konkurrenskraften i de svenska företag som är verksamma inom fordonsindustrin, och då speciellt kopplat till motorutveckling och fordonsdesign. Viktiga resultat har uppnåtts, bland annat renare motorer med låga emissioner av skadliga ämnen. Andra områden som på senare tid också varit i fokus är bland andra säkerhet och arbetsmiljö. Via satsningar, bland annat från Vägverket och Vinnova, bedrivs idag en betydande forskning kring dessa frågor, både på universiteten och inom industrin. Det finns också en god bild över de insatser som krävs för att föra utvecklingen framåt. För finansörer och aktörer som verkar ur ett samhällsperspektiv gäller det nu att i ökande takt verka för att de forskningsresultat som framkommit genom denna forskning kommer berörda organisationer till del och därmed omätts i praktiskt bruk. I detta arbete är det viktigt att ta reda på hur tillgänglig teknik kan användas för att göra transport- och logistiksystemen effektivare. I följande kapitel ges en översikt av transporter, gods och logistik samt aspekter på miljö och energi. Tillsammans leder dessa faktorer fram till

hur IKT kan tillämpas inom godstransportsektorn för att lösa de problem som identifierats.

4.1 Allmänt

Stora skillnader finns mellan de olika trafikslagen. Sjötransporter skiljer sig till stor del från järnvägstransporter som i sin tur har andra förutsättningar än vägtransporter. Något som utmärker alla delar är dock att samtliga tjänster som erbjuds kunderna är lätta att kopiera. Därmed får varje förändring i kostnadsbilden direkta konsekvenser för de involverade företagens lönsamhet. Det är därför speciellt viktigt för dessa företag att fokusera på lösningar som är såväl effektivitets- såväl som produktivitetshöjande. Detta innebär även att åtgärder som är effektiva ur ett företagsperspektiv även innebär reducerad energianvändning och en effektivisering av verksamheten ur ett samhällsperspektiv. Konkret innebär detta även att finansiell hållbarhet i flertalet fall kan likställas med miljömässig hållbarhet i den mån det är företagets långsiktiga välbefinnande som åsyftas.

Sjötransporter

Sjötransporter skiljer sig från landbaserade transporter på ett flertal områden. Tidigare har nämnts behovet av konsolidering och kraven på samordning för att de stordriftsfördelar som föreligger skall kunna uppnås. Fysiskt innebär också denna typ av transporter att stora ytor måste finnas tillgängliga i närhet till hamnen för att gods och lastbärare skall kunna mellanlagras i väntan på transport. Vidare innebär detta att flaskhalsar kan uppstå vid lastning och lossning, då lastbärare och gods snabbt skall flyttas från ett område till ett annat. Tillgängligheten i hamnen och möjligheten att ta emot och lämna ut gods är en mycket viktig faktor som styr hamnarnas konkurrenskraft gentemot varandra. För Göteborgs Hamn, Norra Europas största hamn, innebär tillgängligheten en betydande konkurrensfördel och en möjlighet att konkurrera med de större hamnarna i Europa beträffande direktanlöp av oceangående fartyg. På samma sätt innebär tillgängligheten i de mindre hamnarna i Sverige en betydande konkurrensfördel gentemot exempelvis Göteborgs Hamn.

Ett modernt containerfartyg lastar idag mellan 4000 TEU upp till 11 000 TEU (Emma Maersk). För att lastning och lossning skall kunna ske effektivt krävs att stor kapacitet finns tillgänglig och att godset finns på kaj för snabb hantering. Det ställer också krav på spårbarhet och effektiv identifiering av lastbärare och gods. För transporter till och från hamnen gäller det också att dessa kan ske så att tiden som varje lastbärare behöver stå och vänta i hamnen minimeras. Detta gör man i regel på grund av plats och kostnadsskäl men också för att den stora mängden lastbärare ofta skapar praktiska problem. Detta är en bidragande orsak till varför många hamnar har avancerade system för att hålla reda på gods och lastbärare. Situationen kompliceras ytterligare av att många hamnar hanterar gods som skall tullas och därmed skall administreras även av tullmyndigheterna.

Energianvändningen inom sjötransporter är till stor del beroende av faktorer som är direkt kopplade till framförande av fartygen, till exempel fart, drift, konsolideringsgrad och val av fartyg. I anslutning till detta finns även andra faktorer som har anknytning till hur fartygen hanteras den tid man inte är ute, exempelvis frågor angående energiförsörjning vid kaj. Då detta projekt i första hand behandlar frågor som har direkt koppling till godset har vi valt att för tillfället utelämna dessa frågor för att istället fokusera på gränssnittet mellan de olika aktörerna i landbaserade transporter.

Järnvägstransporter

Andelen järnvägstransporter i Sverige har i stort sett varit konstant under de senaste åren (SIKA, 2009). Totalt sett har en liten ökning av godsmängden således skett vilken dock ej svarar upp till motsvarande utveckling inom godstransporter på väg. Sett till totalt transporterad godsmängd på järnväg har utvecklingen varit positiv de senaste fem åren (SIKA, 2009), detta gäller även det trafikarbete som lagts ned.

Det anses dock inte vara inom renodlade järnvägstransporter som den stora framtida utvecklingspotentialen ligger. Ökande marknadsandelar har noterats för järnvägslösningar där lastbil och järnväg kombineras, så kallade kombitransporter. Potentialen inom dessa transporter ligger till stor del i att transportavstånden för vilka järnvägstransporten är lönsam kan kortas ned i jämförelse med renodlade järnvägstransporter i och med att hanteringen av godset kan göras effektivare. Kombitransporter har uppvisat en stadig ökning allt sedan järnvägens avreglering 2001. Det senare beror till viss del på att järnvägstransporter blivit ett alltmer konkurrenskraftigt alternativ för till och från omlastningshamnarna men också på att ett flertal nya aktörer tillkommit på marknaden. Containervolymer ökar snabbt och kontinuerligt, vilket beror på en tillväxt i den globala handeln, men även till viss del en fortsatt containerisering av fler godssegment. Containervolymer ökade med ca 20 procent mellan 2001 och 2005 och uppgick 2005 till ca tio miljoner ton gods (VTI, 2007)¹.

Järnvägs- och kombitransporter är liksom sjötransporter beroende av att lastbärare och gods kan konsolideras i en utsträckning så att de stordriftfördelar som finns inom järnvägen kan utnyttjas optimalt.

Vägtransporter

För ett område som transportbranschen är det även viktigt att skilja på vad som fraktas och vilka tjänster som utförs av de involverade företagen. Det råder stora skillnader mellan ett företag som Schenker eller DHL jämfört med lokala lastbilscentraler och mindre åkerier. Branschen är extremt heterogen beträffande företagets storlek, antal fordon och tillgång till infrastruktur i form av terminaler och annan service. DHL och Schenker har en bakgrund i lokala lastbilscentraler vilka samarbetar för att uppnå en nationell täckning med terminaler för samlastning och ett betydande nätverk för samlastning av gods. Idag är dessa en del i stora internationella nätverk och har tappat en del av den lokala förankringen. Dock påverkar den historiska bakgrunden dessa företag i och med att verksamheten till stor del fortfarande är uppbyggd kring de tjänster som terminalnätverket möjliggör. Trots att de är de mest namnkunniga aktörerna inom transportbranschen så representerar DHL, DSV och Schenker inte majoriteten av företagen inom åkeribranschen. Istället utgörs flertalet åkerier av fåmansföretag där man i första hand fraktar gods på en lokal marknad. Dessa åkerier är i allmänhet anslutna till en lastbilscentral men kan också vara helt fristående. År 2001 fanns enligt SCB 15 200 åkeriföretag med 51 200 anställda och 43 000 lastbilar. Åkeribranschen omsatte 57 miljarder år 2001.

Beträffande branschens sammansättning och struktur så består mer än hälften av åkerierna av enbilsåkare. Bland dessa är över 40 % registrerade som personliga företag. Enligt SCB statistik så kommer drygt 80 % av rörelseintäkterna från

¹ Underlag till hamnstrategiutredningen, VTI, 2007

åkerier med färre än 50 anställda (SCB, 2004)². Det kan också konstateras att Sveriges åkerier transporterar en mängd olika typer av gods. Störst del utgörs av skogstransporter, anläggningstransporter och bulktransporter vilka står för en mycket stor del av det totala transportarbetet. Distributionstrafik, som är en stor del av de synliga transporterna i stadsmiljö, står således endast för en begränsad del av de totala godsvolymererna.

Generellt sett skulle en uppdelning kunna ske med avseende på den mån ett åkeri är anslutet till en viss speditör eller ej. Medan många av de större åkerierna är anslutna till någon av de större aktörerna till största delen hanterar staplat gods (paket, styckegods och partigods) hanterar de mindre åkerierna en större andel bulk och entreprenadmaterial (grus, oljor, mm.). Ur hållbarhetssynpunkt innebär den stora spridningen inom transportindustrin betydande skillnader i de möjligheter som finns för att påverka de olika företagen i sitt arbete mot ökad hållbarhet och energieffektivitet.

4.2 Gods och logistik

Utifrån den heterogena verksamhet som transportbranschen står för kan flera kännetecknande särdrag urskiljas. Dessa kännetecken är starkt kopplade till det faktum att många aktörer är små och att de är utsatta för mycket hård konkurrens från andra aktörer som vill in och konkurrera på samma marknad. Transportindustrin kan här kännetecknas enligt följande:

- Heterogen industri med varierande erbjudande till kund
- Stora skillnader beträffande storleken på åkerier och vad som transporteras
- Många små aktörer och ett fåtal riktigt stora
- Lågt insteg för nya aktörer
- Låga vinstmarginaler

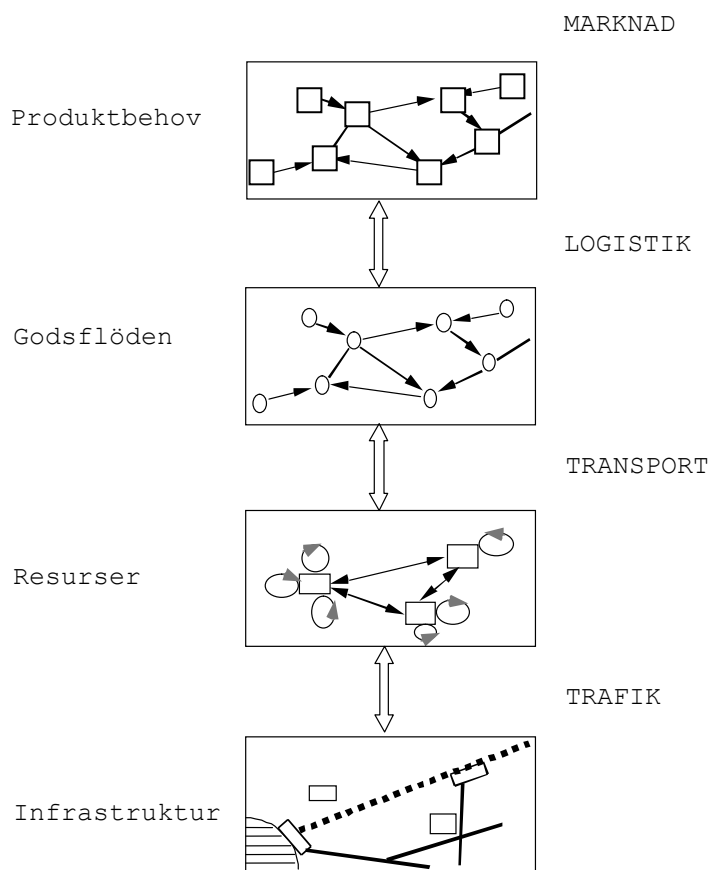
Att industrin är heterogen innebär inte minst att det finns utrymme för många små aktörer som genom lokal närvaro och unik kompetens har möjlighet att skapa sig en egen nisch på marknaden. Dessa företag agerar ofta på en lokal marknad och agerar nära kunden. Samtidigt är tillgången till nationell och internationell täckning allt viktigare ur en konkurrenssynpunkt då en mycket stor del av transporterna är en del i ett internationellt godsflöde. Det senare har bland annat inneburit en koncentration till ett fåtal stora, internationella aktörer. De två största aktörerna inom parti- och styckegods, Bilspedition och ASG, köptes båda upp av Deutsche Bahn respektive Deutsche Post. Även det tredje största privata åkeriet, DSV, tillhör en stor internationell koncern vilket till stor del påverkar verksamhetens inriktning och förändringsbenägenhet.

Utmärkande för transportindustrin som sektor, till stor del som en följd av den konkurrens som råder mellan företag inom branschen, är att man är hänvisad till vad marknaden efterfrågar. Låga instegskostnader för nya aktörer i kombination med låga vinstmarginaler innebär att aktörerna är tvingade till att ta ut eventuella kostnadsökningar direkt från kunderna i den mån större förändringar i kostnadsbilden sker. Möjligheterna att genomföra förändringar som inte tillför kundnytta och ökad betalningsvilja är därför begränsade. Ur ett perspektiv där syftet är att reducera transportindustrins energianvändning och miljöpåverkan är det därmed av stor vikt att ta hänsyn till både transportörens, såväl som transportköparens motiv, till att förändra det sätt transporterna hanteras idag.

2

Godstransporter är inte en ensam homogen företeelse utan ett resultat av en mosaik av processer. Det är därför lämpligt att dela in godstransporter beroende på vilka delar av logistik och transportsystemet som påverkas. För detta ändamål finns ett stort antal modeller vilka alla visar de ingående moment som tillsammans utgör förflyttningsprocessen. I den modell som beskrivs här (se Figur 1 nedan) gestaltas transportsystemet i form av fyra fysiska nivåer med mellanliggande gränssnitt. Genom att göra denna indelning kan sambandet mellan logistik, transport och trafik tydliggöras utifrån infrastruktur och de fysiska resurser som krävs i förflyttningsprocessen.

Gränssnitten mellan de fysiska nivåerna utgörs så av Marknad, Logistik, Transport och Trafik, vilka utgör möjligheterna (se Figur 1), vilket är det sätt vi har att hantera de krav och möjligheter som gränssnittet mellan varje delsystem innebär. Modellen visar också på svårigheterna som ligger i att planera satsningar på infrastruktur för att få marknaden att förändras på önskat sätt. Tillgång på fordon, tillgänglig infrastruktur, transporttjänster och logistiska processer påverkar alla det sätt en tjänst eller vara kan göras tillgänglig på marknaden och nyttjas av tilltänkta kunder.



Figur 1 Nivåer för fysisk hantering av gods i transportnätverk (Efter Wandel och Ruijgrok, 1992)

De fyra nivåerna: Produktbehov, Godsflöden, Resurser och Infrastruktur är nära knutna till varandra genom kausala samband. Detta innebär att aktiviteter som utförs är tid- och funktionsmässigt beroende av varandra genom att en åtgärd leder till en annan. Ett förtydligande av de olika nivåerna och dess mellanliggande gränssnitt finns beskrivna i Tabell 1 nedan.

Tabell 1 Nivåer i transportsystemet och mellanliggande gränssnitt, exempelvis sker trafik i samspel i samspelet mellan infrastruktur och resurser

Infrastruktur	Infrastrukturen består, förutom vägar, järnvägar, terminaler och andra fysiska installationer även av informationssystem och den infrastruktur som omger dessa.
<i>Trafik</i>	Trafik består av de aktiviteter som bedrivs i gränssnittet mellan den fysiska infrastrukturen och de resurser som nyttjar den (personbilar och lastbilar).
Resurser	Utgörs av de resurser som finns tillgängliga för att fysiskt hantera transportbehovet kopplat till infrastruktur och tjänsteutövare. I vägtransportnätet innebär detta terminaler och lastbilar medan det i järnvägsnätet även innefattar spårkapacitet och tillgång till lok och vagnar.
<i>Transport</i>	Transport är nästa nivå och står för sammansättningen av sändningar och försändelser till fulla laster. En transport är per definition något som endast existerar under förflyttning av personer och gods vilket gör det till ett abstrakt begrepp.
Godsflöden	Godsflöden är de flöden av råvaror och färdiga produkter som uppkommer efter beslut har tagit om på vilket sätt en tillverkningsprocess eller kundbehov skall tillfredsställas.
<i>Logistik</i>	Begreppet logistik innebär i detta fall en hantering av det behov av fysisk förflyttning som uppstår i produktionsprocessen och som ger upphov till godsflöden. Logistik handlar till stor del om planering och säkerställande av kapacitet hos de operatörer som hanterar godset. Logistikbegreppet innefattar även processer som inte har med fysisk förflyttning att göra.
Produktbehov	Produktbehov är i detta sammanhang mötet mellan utbud och efterfrågan. I detta steg avgörs huruvida en vara skall transporteras eller ej samt i vilket utsträckning detta skall ske.
<i>Marknad</i>	Marknadskrafterna styr en mycket stor del av de förutsättningar som råder inom systemet som helhet. Detta gäller inte bara vilka produkter som produceras utan även på vilket sätt dessa skall finnas tillgängliga på marknaden.

För att ytterligare lyfta fram de möjligheter som ges till förändring kan, i analogi med ovanstående resonemang, en indelning göras med avseende på de olika aktörernas möjlighet att påverka ingående processer.

4.3 Miljö- och energiaspekter

Skillnaden mellan begreppen miljö- och energiaspekter i detta sammanhang är inte stor. Energi används för att driva trafiksystemen och miljöeffekter uppstår längs hela kedjan, från utvinning av energiråvara till slutlig omsättning i fordonens framdrivningssystem. Användning av energi bör således reduceras, oavsett var den kommer ifrån.

Godstransporternas miljöpåverkan

Bland politiker och forskare, nationellt såväl som internationellt, råder konsensus om att transporters negativa påverkan på miljön bör minimeras. Både inom EU som Sveriges Riksdag har man utsett transportområdet till ett av de prioriterade områdena för vilka finansiella medel bör tillsättas med avseende på framtida utveckling och forskning. Konkret innebär detta att forskningen inom området intensifieras och att nya områden utforskas för att hitta lösningar som reducerar transporternas miljöpåverkan. Detta kan antingen ske genom att öka effektiviteten i det befintliga transportsystemet eller genom nya fordonslösningar där drivlinor, alternativa bränslen eller andra typer av tekniska lösningar rörande fordonen diskuteras.

I litteraturen och i samband med de forskningsprojekt som bedrivs inom området har ett antal olika åtgärder diskuterats. Fordonsutveckling och framställning av alternativa bränslen är två områden som är strategiskt viktiga, inte minst för framtida utvecklingen och produktionen av fordon i Sverige. För transportnäringen är det dock lika viktigt att ta fasta på det sätt som dessa resurser används och det sätt på vilket ökad resurseffektivitet kan bidra till att minska transporternas miljöpåverkan. Genom att direkt påverka behovet av transporter eller styra om transporterna till mer resurseffektiva trafikslag finns möjligheten att drastiskt påverka resursutnyttjandet och därmed energianvändningen inom logistiska aktiviteter och transporter.

Godstransporter och dess energianvändning i Sverige

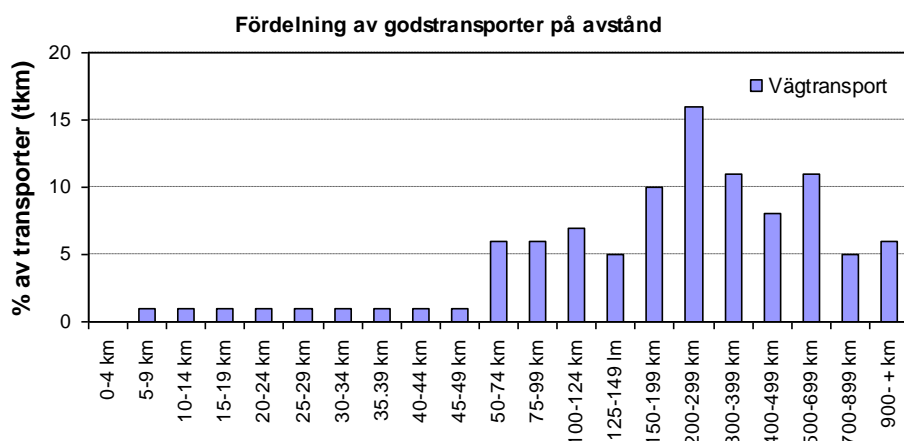
Sedan början av 1970-talet har godstransportarbetet på väg i Sverige ökat med 30 %. Trenden är att transportvolymerna minskar medan transportavstånden ökar, dvs. att gods transporteras längre sträckor. Detta kan förklaras med att marknaderna växer geografiskt samt att distribution av varor centraliseras (SOU 2008:25). Till skillnad från persontransporter är godstransporter relativt väl fördelade på trafikslag; 40 % av godstransportarbetet utfördes 2004 på väg, medan sjöfart stod för 38 % och järnväg för 22 %. Om endast de landbaserade trafikslagen beaktas utgjorde järnvägstransporterna mer än hälften av transportarbetet i slutet av 1960-talet. Idag utgör andelen järnvägstransporter ca 35 % av de landbaserade trafikslagens transportarbete (VTI, 2007).

Statens Institut för kommunikationsanalys har prognostiserat godstransporternas utveckling till 2020 (SIKA, 2005:9) på väg, järnväg och till sjöss. Mellan 2001–2020 nästan fördubblas godstransporterna i Sverige mätt i godsets värde. Mätt i antal ton ökar godstransporterna med 17 %. Särskilt stål-, kemikalie- och högvärdiga produkter förutspås öka väsentligt mer än genomsnittet. De långväga inhemska transporterna beräknas öka liksom transportavstånden. Godstransporter på väg tros öka 31 %, på järnväg 18 % och till sjöss 12 %.

Särskilt tillväxten i den varuproducerande sektorn har stor påverkan på godstransporternas utveckling. Vid en långsammare omställning från den varuproducerande sektorn till tjänstesektorn, än vad beräkningen ovan bygger på, skulle

godstransportarbetet komma att öka ännu kraftigare (SIKA 2004:7). Inte heller godstransporterna påverkas märkbart av världsmarknadspriset, transportarbetet med lastbil beräknas minska med 2,8 procent om dieselkostnaderna för åkarna ökar med 12 procent. En viss överflyttning kan ske mellan trafikslagen vid prisförändringar men den beräknas vara måttlig.

Alla typer av lastbilar (lätta och tunga fordon) transporterade gods knappt 11 miljarder km 2006. Den enskilt största karosstypen utgjordes av flakbil (för transport av exempelvis grus) följt av skåpbilar, timmerbilar och tankbilar. Ungefär hälften av transportarbetet utfördes i Stockholms, Västra Götalands och Skåne län (SIKA, 2007:11).



Figur 2 Fördelning av godstransporter på väg efter sträcka inom Sverige 2005 (Källa: SIKA, 2005)

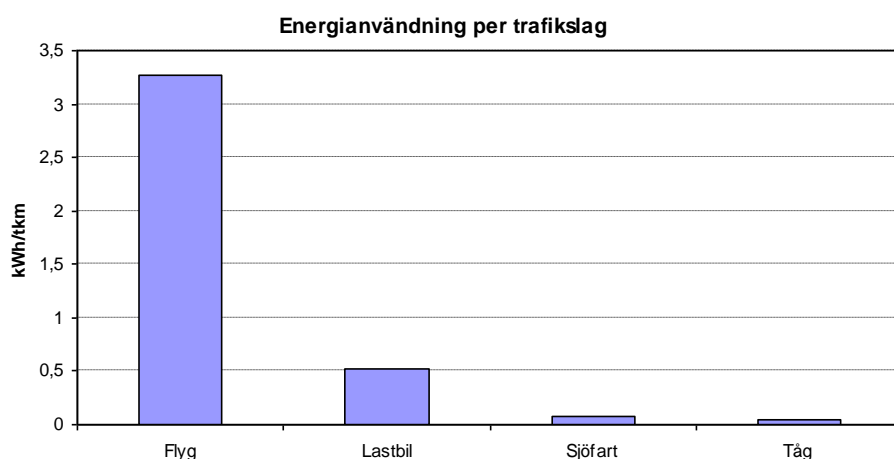
Ovanstående diagram (Figur 2) visar hur godstransporter på väg fördelas på olika avstånd 2005. Transporter kortare än 10 km utgör ca 10 procent av transportarbetet uttryckt i tonkm. Den vanligaste sträckan som godstransporter på väg sker på är mellan 200–300 km (SIKA, 2005). På godstransporternas längd visar statistiken att det har skett vissa strukturförändringar. Bland annat så har volymen gods som transporteras under 25 km minskat med 50 procent under åren 1980 till 2001. Under samma period ökade volymen gods som transporteras över 25 km med 35 procent. Det indikerar en strukturförändring inom handel, produktion och transporter. Man förväntar sig att denna utveckling kommer att fortsätta enligt SIKA:s prognos till 2020 (SIKA, 2005). Det är framförallt andelen högvärdigt, förädlad gods som transporteras över längre sträckor som förväntas öka.

Trenden är att en allt större del av vägtransportarbetet utförs på längre sträckor. De korta sträckorna utgörs främst av grus och obearbetade mineraliska ämnen (Vägverket, 2007). Även för år 2007 är fördelningen på transportavstånd snarlik. Dessvärre har motsvarande data om godstransporter på tåg inte hittats.

Den geografiska fördelningen av vägtransportarbetet i Sverige visar att en tydlig övervikt finns i Västra Götaland och Skåne, vilket påverkas av den betydande transittrafiken via dessa län. Om transportarbetet relateras till värdet av all produktion av varor och tjänster i respektive region blir bilden en annan. Transportarbetet med lastbil ställt i relation till bruttoregionprodukt (BRP), det samlade värdet av produktionen av varor och tjänster i en region, visar på en hög transportintensitet för

Halland/Småland och norra Sverige, vilket är naturligt med tanke på lokaliseringen av tung industri och skogsbruk. Situationen i Stockholm och Uppsala län avviker, då dessa län har låg transportintensitet i förhållande till BNP, vilket kan förklaras med att tjänstesektorn är så dominerande i dessa län (SCB, 2008).

Huvuddelen av allt gods transporteras med lastbil, tåg eller fartyg. Flyg transporterar bara en mindre del av allt gods beroende på de höga kostnaderna. Energianvändningen för flygtransporter är också överlägset högst Figur 3. Vad gäller de övriga trafikslagen kräver godstransporter på lastbil 10 gånger så mycket energi för att utföra samma arbete som transporter på järnväg eller med sjöfart (Vägverket, 2007).



Figur 3 Energianvändning för respektive trafikslag (IVA, 2002).

Enligt en undersökning som WSP genomfört under 2008 kan dock konstateras att det inom intermodala transporter finns en energieffektiviseringspotential beträffande hanteringen i terminaler (SIR-C, 2009³). Undersökningen visar att terminalhanterings andel av energibehovet i transportkedjan kan vara betydande. Energianvändningen inom intermodala transporter består av lyft och omflyttningar av containers och andra typer av lastbärare. Skulle en sådan effektivisering inte ske skulle en del av fördelarna med en överflyttning av gods mellan trafikslagen ätas upp av andra effekter. En stor del av hanteringen beror dessutom på bristande information och dåliga rutiner inom transporthanteringen vilket innebär att många av de förflyttningar som görs på intermodala terminaler ofta är onödiga och därmed skulle kunna undvikas.

Godstransporter och dess energianvändning inom EU

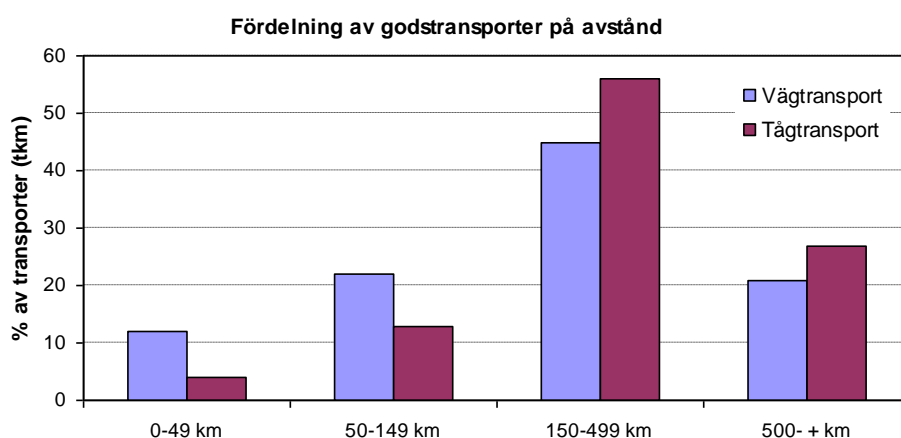
Ur ett internationellt perspektiv förändras bilden en aning. Framför allt beror detta på att transportavstånden förändras beroende på vilket land denna utförs i och utifall transporterna är gränsöverskridande eller ej. Allmänt sett, ur ett europeiskt perspektiv, har godstransporterna ökat under senare decennier. Förutom att godstransporter bidrar till ekonomisk tillväxt orsakar den också en ökande miljöpåverkan, olyckor samt energiförluster (EU, 2006). Logistik har potential att öka effektiviteten hos godstransporter, både enskilda och kombinerade transporter. Enligt EU (2006) är en

³ En undersökning som gjordes inom det intermodala forsknings-, utvecklings- och demonstrationscentret, SIR-C (www.sir-c.se), och som syftade till att ge beräkningsunderlag till kalkylmodeller för transporter.

sådan utveckling en uppgift för branschen, medan myndigheternas uppgift är att föra upp frågan på den politiska agendan.

Mellan 1995 och 2005 ökade transportarbetet inom EU 25 31 procent, från 3 000 miljarder tonkm till drygt 3 900 miljarder tonkm. Detta motsvarar att ett ton gods dagligen förflyttas 23 km per EU-invånare (Eurostat, 2007). Av transportarbetet 2005 stod vägtransporter för 44 % och sjötransporter 39 %. Den största delen av ökningen stod också väg- och sjötransporterna för, medan flygtransporterna kom på tredje plats, om än en liten del av den totala godsmängden förflyttades på detta sätt. Tågtransporter ökade bara 9 % under perioden. Trots att alla trafikslag ökade blev fördelningen sådan att väg- och sjötransporter tog andelar på bekostnad av järnvägsbundna transporter. Eurostat (2007) beskriver att tågtransporter i Europa lider av olika standarder och dålig koordination av bland annat IT-system mellan länder. Problemet med att göra godstransporter mer energieffektiva kan bland annat härledas till att trenden går mot minskade sändningsstorlekar och ökade tidskrav. Energieffektiva godstransporter å andra sidan kännetecknas av stora fulla laster med stora enheter.

Sett till medelsträckan som gods transporteras på väg och järnväg är det tydligt att långa sträckor (>150 km) är viktigare för järnvägstransporter än för vägtransporter (Figur 4). Detta reflekterar att visst gods, såsom tunga råmaterial, transporteras långa sträckor i större länder med väl utbyggda spår (t ex Finland och Tyskland) (Eurostat, 2007). Diagrammet visar också att lastbilar är det ändamålsenligaste transportsättet för korta transporter (<50 km).



Figur 4 Fördelning av godstransporter på väg och järnväg efter sträcka inom EU-25 2005 (Källa: Eurostat, 2007)

Inom EU-25 utgjorde samtliga transporter 31 % av den totala energianvändningen 2004. Av denna energi används 82,5 % inom vägtransporter, 13,5 % inom flyget och 2,6 % inom tågtrafik. Resterande del utgörs av sjötrafik i inlandet. Detta gäller i stora drag även för Sverige med skillnaden att vägtransporterna använder något mer energi, medan järnvägsbunden trafik använder något mindre (Eurostat, 2007).

4.4 Transporter och energieffektivitet

Möjligheten att reducera energianvändningen i samband med godstransporter är stor. Framför allt gäller detta möjligheten att styra resursbehovet genom att direkt påverka de kunder som efterfrågar tjänsten. Konkret innebär det att den effektivaste

godstransporten är den som kan undvikas och därmed aldrig äger rum. I andra hand kommer faktorer som på olika sätt hanterar de negativa effekter som godstransporter medför på miljön. I och med att miljömedvetandet ökar inom industrin och genom att miljö numer utgör ett konkurrensmedel företag emellan ökar också intresset av att ta fram lösningar som främjar både ekonomi och miljö.

Det täta samband som finns mellan godstransporter och energianvändning innebär att det finns ett stort intresse för forskning inom transporter och energi. Ur ett nationellt såväl som ett internationellt perspektiv ökar också trycket på att ta fram energieffektiva såväl som miljömässigt hållbara lösningar för logistik och transporter. Alan McKinnon, professor på Herriot-Watt universitetet i Edinburgh och en av de ledande forskarna inom området, pekar ut fem områden som kan anses speciellt viktiga i analysen av resursanvändningen och nyttjandet av fossila bränslen i godstransportsektorn. I korta drag kan dessa sammanfattas som:

1. Minskad godstransportintensitet (minska behovet av att flytta gods)
2. Fördelning mellan trafikslagen (mer godstransporter med tåg och sjöfart)
3. Ökad nyttjandegrad av de fordon som används (högre lastfaktor, lokala råvaror och marknadern, småskalig drift)
4. Bättre energieffektivitet (stora enheter som kör långsamt)
5. Reducerad CO₂-intensitet (mindre andel fossila bränslen).

McKinnons forskning pekar tydligt på att det är av stor betydelse att hitta energieffektiva lösningar som inte enbart härstammar från utveckling av motorer och drivlinor utan även forska på hur dessa resurser används optimalt ur ett logistiskt perspektiv. Utan att påverka grunden till problemet blir lösningarna både svåra att hantera såväl som mindre effektiva.

Det är också viktigt att peka på de effekter som kan uppnås genom investeringar i informations- och kommunikationsteknologier, IKT, och de resurseffektiviseringar detta medför. Generellt sett har dessa lösningar tidigare ej analyserats ur ett energi- och resursperspektiv. Det finns således inga analyser som ser till kopplingen mellan miljö/energi och IKT-lösningar inom logistik och transportområdet.

Genom att direkt påverka behovet av transporter eller styra om transportererna till mer resurseffektiva trafikslag finns möjligheten att drastiskt påverka energianvändningen inom logistik och transporter. Detta framhålls från flera håll. I rapporten "Ett energieffektivare Sverige" (SOU 2008:25) pekar man specifikt ut fyra åtgärder såsom varandes speciellt viktiga för att reducera energianvändningen inom logistik och transporter (Tabell 2).

Tabell 2 Föreslagna åtgärder för ökad effektivitet inom transportsektorn (Ett energieffektivare Sverige, SOU 2008:25)

Strategier för ökad energieffektivitet (SOU 2008:25)
Minska efterfrågan på transporter
Byte av transportslag inom vägsektorn och mellan andra transportslag
Effektivare fordon
Effektivare transporter

Det finns ett brett stöd för dessa åtgärder inom forskningen, och likheten med McKinnon och de åtgärder som nämndes tidigare i rapporten, är tydlig vilket visas i Tabell 3 nedan.

Tabell 3 Strategier och parametrar för ökad energieffektivitet och minskade CO₂-utsläpp

Områden för minskade CO ₂ -utsläpp (McKinnon)	Strategier för ökad energieffektivitet (SOU 2008:25)
Godstransportintensitet	Minska efterfrågan på transporter avseende antal, volymer, sträcka
Fördelning på transportslag	Byte av transportslag inom vägsektorn och mellan andra transportslag
Nyttjandegrad av fordon	Effektivare fordon
Energieffektivitet	Effektivare transporter
Kolintensitet	

Medan McKinnon fokuserar miljö och hållbarhet fokuseras energi i SOU 2008:25 vilket ger uttryck i att McKinnon specifikt nämner energibehovet i form av fossil energi, *kolintensiteten*. Att komma ifrån användandet av fossila bränslen är idag en av våra största utmaningar och ett led i att komma ifrån det oljeberoende som finns inom transportområdet. Kolintensiteten, som nämns i modellen är sedan ett mått på användningen av fossila bränslen inom transportbranschen. Att minska oljeberoendet och reducera emissionerna av CO₂ är ett strategiskt mål inom EU vilket väl speglas i dessa riktlinjer.

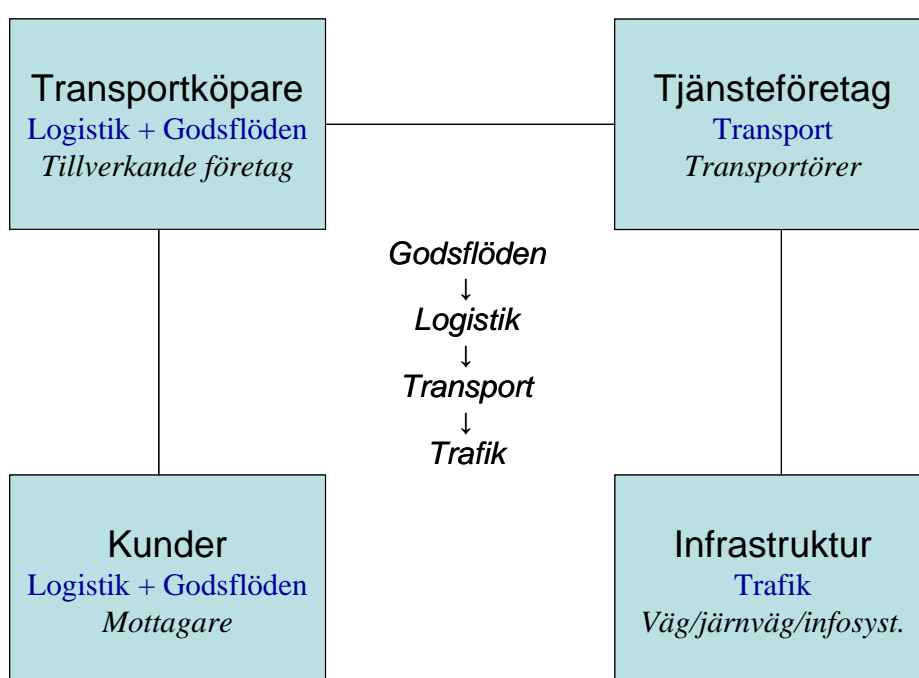
Genom att eliminera ”onödigt” transportarbete reduceras godstransportintensiteten och därmed behovet av att transportera gods vilket är den mest effektiva formen av energibesparande åtgärder. Vidare, om det mest energieffektiva trafikslaget konsekvent används där det är praktiskt möjligt i varje given situation, skulle detta innebära stora effektiviseringar avseende energianvändning och effektivitet. Till detta kommer även graden av utnyttjande inom de enskilda trafikslagen samt resursutnyttjande som bidrar till nyttjandegrad och energieffektiviteten i systemet. Brister avseende kapacitet finns dock, exempelvis inom järnvägstransporter.

Det har forskats mycket i hur kopplingen mellan ekonomisk utveckling och ökande transportintensitet kan brytas, s.k. decoupling. I första hand behöver detta samband brytas men det är också viktigt att få fram på vilket sätt transportsystemet skulle kunna tillgodose det ökade transportbehovet på ett hållbart sätt, exempelvis genom ökad effektivisering av befintliga resurser. Det är i detta sammanhang som informationssystemet inom logistik och transport bedöms ha störst potential. Osäkerhet i efterfrågan, planering och produktstyrning och bristande kommunikation mellan beställare och utförarorganisation leder till att den tillgängliga kapaciteten i transportsystemen måste hållas på en högre nivå än den egentliga efterfrågan. Transportföretagen måste alltså ha fler fordon än nödvändigt i trafik för att täcka en osäker efterfrågan. Kan denna osäkerhet reduceras innebär således detta att resursbehovet inom transportbranschen sjunker och att godshanteringen kan effektiviseras genom ökat kapacitetsutnyttjande.

Mängden godstransporter vars energibehov kan påverkas genom planering och utförande

Transportköpare och konsumenter styr tillsammans genom marknadskrafterna vilka produkter som skall finnas tillgängliga på marknaden och den efterfrågan som råder. På detta sätt styrs den fysiska hanteringen av gods och de möjligheter som finns till att samordna och leverera godset enligt de krav som ställs.

Beroende på vilken aktör som betraktas skiftar fokus, både i form av hur man ser på den fysiska hanteringen av gods men också i vilken mån man har möjlighet att påverka den situation man befinner sig i (se Figur 5). Transportköpare, kunder, tjänsteföretag och infrastrukturförhållare har alla olika perspektiv vilket också påverkar valet av informationssystem och systemlösning. Det är således i dessa fyra kategorier som energibesparingar kan göras. Gemensamt för de fyra är att de i varierande utsträckning påverkar godsflöden, logistik, transport och trafik.



Figur 5 Indelning av tillgängliga IKT-lösningar ur ett aktörsperspektiv

I likhet med tidigare figur (Figur 1) görs här en uppdelning med avseende på hur de olika nivåerna i transportsystemet påverkar varandra och vilka aktörer som är aktiva i respektive gränssnitt. Nedan följer en kort genomgång av respektive kategori.

Kunder i systemet är mottagare till godset, dvs. aktörer vars krav och önskemål leder till att en vara eller tjänst levereras inom en viss tidsram eller under givna förutsättningar på en bestämd plats. Kundkraven varierar stort och skiljer sig beroende på typ av produkt och den verksamhet som bedrivs i den mottagande enheten. Generellt sett är kunderna priskänsliga och styrs till stor del av det erbjudande som bjuder bäst villkor i form av pris och kvalitet.

Transportköpare är i detta fall producenter och tillverkande företag som ansvarar för hantering av transporter och i regel är de som lägger beställningar till transportföretagen. För stora multinationella företag med fokus på inköp där försörjningsstrategin även innefattar transporter gäller detta även för icke-producerande

företag. Transportköparna påverkar i första hand det övergripande godsflödet vilket i samband med att detta sätts samman i form av sändningar påverkar de logistiska processerna, dvs. produktionsplanering, lagring och distributionsprocesser.

Tjänsteföretag är företag som erbjuder transporttjänster. Dessa tjänster erbjuds av företag som specialiserat sig på att planera och utföra transporttjänster. Ofta innebär detta att transportköparen har möjlighet att använda sig av någon av de fördefinierade produkter som transportföretagen erbjuder. Att man ofta erbjuder olika produkter (med avseende på ledtider, prioritet, upphämtning och leveranstider) är ett sätt att begränsa utbudet av tjänster samtidigt som man ökar möjligheten att koordinera de resurser som finns tillgängliga. Tjänster är oftast annars indelade efter vikt, volym, sträcka och ledtid men kan även baseras på ytterligare aspekter.

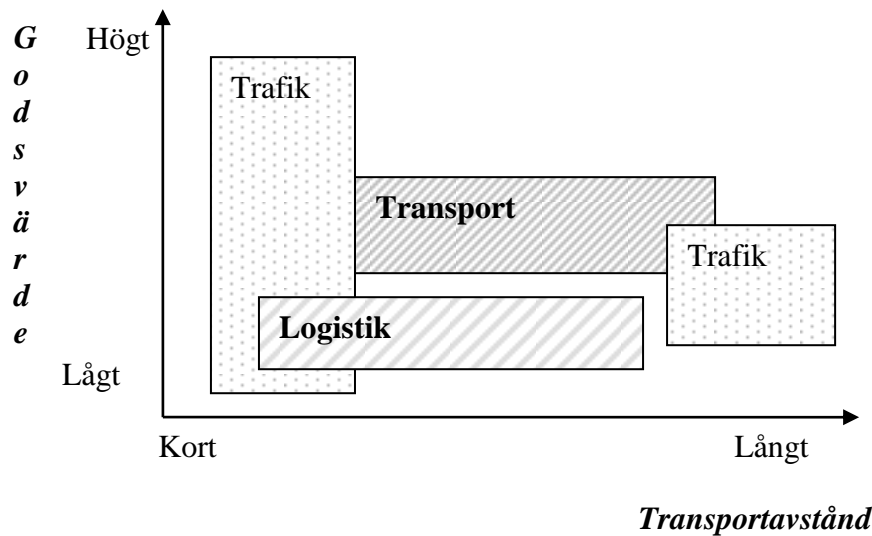
Utmärkande för många av de tjänster som utförs av transportföretagen är att dessa är beroende av en efterfrågan hos kunderna. Transportörerna har på egen hand mycket svårt att utveckla tjänster som av olika anledningar riskerar att inte få avsättning för. Kunderna måste således vara villiga att betala för de tjänster som utvecklas. För lösningar som är beroende av stora investeringar innebär detta att projekt med korta återbetalningstider och lågt risktagande premieras framför längre och mer riskfyllda projekt.

Infrastrukturen står för de grundläggande förutsättningarna och de förhållningsorder som ligger till grund för transportsystemet i sin helhet. Tillgången på förbindelser i form av vägar, järnvägar och infrastruktur för informationssystem är avgörande för effektiviteten i transportsystemet.

Det är således återigen av stor betydelse att dra sig till minnes att olika insatser kommer att generera olika resultat. Åtgärder som riktar sig till aktörer inom ett område kommer nödvändigtvis inte ha någon större påverkan för helheten i systemet. Viktigast är dock att inse att möjligheten att förändra energieffektiviteten för de olika nivåerna kommer att te sig på olika sätt. Målbilden för respektive aktör skiljer sig väsentligt utifrån den situation man har att hantera och således även de möjligheter som står till buds, både inom IKT och generellt inom området.

4.5 Transportavståndets inverkan

Det är uppenbart att väg- och järnvägstransporter har olika användningsområden och inte konkurrerar med varandra på ett självklart sätt. För att hitta de gränssnitt där energibesparingspotential finns kan det därför vara illustrativt att dela in transportbehovet efter den distans som godset tillryggalägger i form av långa och korta godstransporter (Figur 6).



Figur 6 Schematisk bild över betydelsen av logistik, transport och trafik relaterat till transportavstånd och godsvärde

Till grund för detta resonemang ligger en fördelning av godset som baserar sig på att de produkter som fraktas är olika priskänsliga och därmed ställer olika krav på transportsystemets utformning. Lågvärdigt gods ställer krav på samordning och transporter som kan utföras till en så låg kostnad som möjligt medan mer högvärdigt gods har möjlighet att ta en större del av transportkostnaden. Det senare innebär att högvärdigt gods är mer beroende på att de logistiska grundförutsättningarna skall uppfyllas. Med detta menas att kommunikationen mellan aktörerna i flödeskedjan, exempelvis mellan leverantör, transportör och mottagande enhet, måste fungera tillfredsställande.

På samma sätt har godsets värde stor betydelse relaterat till transportavstånd. Medan högvärdiga produkter fortfarande är relativt okänsliga så blir lågvärdigt gods starkt beroende av att det mest effektiva trafikslaget kan väljas. Därmed ökar också betydelsen av stordrift och nyttjande av stordriftsfördelar relativt faktorer som fysisk hantering och kommunikation. Från tidigare diskussion angående skillnaden mellan de olika begreppen logistik, transport och trafik kan följande samband urskiljas:

Inom logistikområdet har utvecklingen gått mot tätare samarbete mellan branschens aktörer. Samarbetet mellan speditörer och tjänsteleverantörer har på senare år utvecklats till att bli mer långsiktigt. Detta samarbete innefattar även organisatoriska frågor och IT vilket i sin tur gynnar transportkedjor som historiskt sett begränsats av administrativa och operationella problem (EU, 2006).

I samband med att tillgängligheten ökar och att de organisatoriska frågorna löses inser allt fler företag att det finns konkurrenskraftiga alternativ till godstransporter på väg. Intermodalitet främjas på så sätt genom att IT-systemen förbättras.

Här, i denna rapport, har transporter definierats som fordonets utnyttjande kontra transportbehovet vilket innebär att en effektiv transporthantering direkt relateras till fordonens fyllnadsgrad och utnyttjande. Genom att öka fyllnadsgraden i de befintliga resurserna kan behovet av ytterligare resurser minskas. Beräkningar visar att, även om effekterna av en högre fyllnadsgrad är i de närmaste försumbara, så lönar de sig genom att ytterligare resurser inte behöver tillföras. Trafikens betydelse, dvs. gränssnittet

mellan fordon och infrastruktur är som viktigast när avstånden är korta (distribution) och när de är långa (fjärrtransporter). Vid dessa båda tillfällen har valet av fordon samt hur dessa framförs stor betydelse. Som exempel kan ges ruttning och val av väg vid distribution samt val av trafikslag för långa transporter. Dock är dimensionerna mellan de båda kategorierna av olika karaktär. För långväga transporter handlar det om att nyttja befintlig infrastruktur som järnvägar och terminaler för att i största möjliga mån åstadkomma ett byte av trafikslag. För distribution och korta transporter handlar det istället om att minimera transportavståndet och optimera användandet av tillgängliga resurser. Infrastruktursatsningar inom detta område är, för långväga transporter, tillgängliggörande av järnväg och intermodala transporter, och för korta transporter, exempelvis att se till att trafiken flyter jämnare.

Något som studerats inom ramen för effektivare distribution är trafiksignalernas inverkan på den tunga trafiken. I och med att dessa fordon förlorar mycket energi vid inbromsning kan en bättre planering och integration mellan fordonens framförande och infrastrukturen generera betydande effekter beträffande energianvändningen för dessa fordon. Enligt en utvärdering kan bränsleanvändning reduceras 10–20 % med effektiva och väl fungerande trafikljus (Vägverket, 2000). Ett sätt där trafikljus kan medverka till att uppnå energieffektiva godstransporter i stadstrafik är att ge dessa större fordon prioritet vid trafikljus i större utsträckning.

Kortväga transporter

Fokus på lösningar som huvudsakligen handlar om gods (samdistribution, val av effektiva fordon, jämnare trafikflöde).

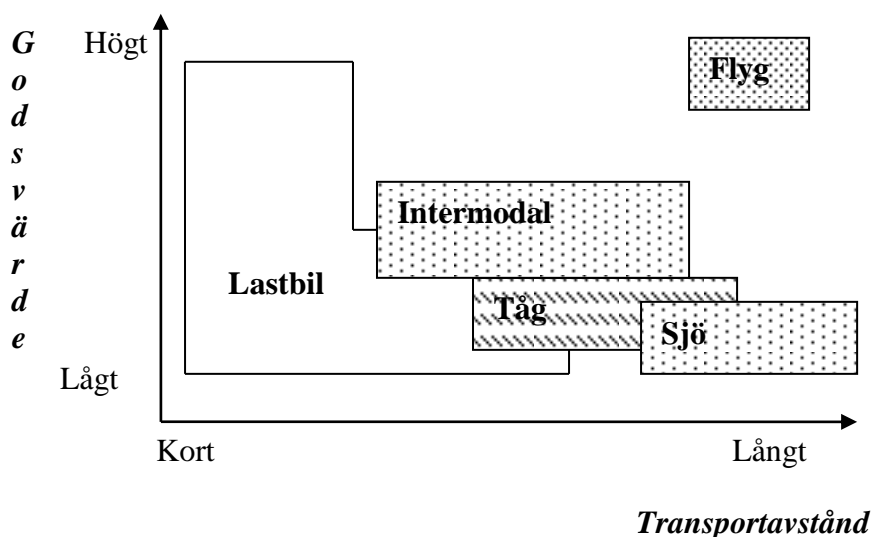
Enligt tidigare resonemang kan effektiviteten i kortväga transporter och distribution relateras till faktorer som i första hand går ut på att få godset till slutkund på ett så effektivt sätt som möjligt. Lösningar som tar hänsyn till befintlig infrastruktur och samverkan med övrig trafik, såsom ruttning och nyttjande av fordon, får då större genomslag än ökade lastningsgrader. Med detta sagt är det inte oviktigt att se till övriga faktorer, samlastning och effektiv hantering med hjälp av logistiska stödprocesser är nog så viktiga för ett effektivt genomförande. Således är även samlastning och konsolidering av sändningar av stor betydelse för att energianvändningen skall bli så effektiv som möjligt. Beräkningar visar dock att energibesparingar är som störst vid begränsningen av antalet fordonskilometer och framförandet av fordonet. Störst energieffektivisering fås då fordon kan undvika att tas i trafik vilket direkt kan hänföras till bättre planering av godsflödet tillika effektivare logistiska stödprocesser.

Beträffande möjligheten att nyttja alternativa trafikslag så är denna mycket begränsad. Utförandet av denna typ av transporter har få alternativ och utförs nästan uteslutande per lastbil. Därmed ligger den främsta potentialen för kostnadseffektivisering i nyttjandet av de lastbilar respektive transportoperatörer som används. Vissa försök har genomförts med avsikt att utreda möjligheterna för spårbunden distributionstrafik (WSP, 2009). Det finns bland annat exempel på transportlösningar ute i Europa där spårvagnsnätet används för att frakta gods inom begränsade områden. Dessvärre visar de flesta försök på att möjligheterna är tämligen begränsade i skala och omfattning och att alternativet måste avfärdas och de försök som varit på en i det närmaste rudimentär nivå. Ju längre transporter blir desto mer betydelse får valet av trafikslag. I och med att intermodala transportlösningar blir ekonomiskt lönsamma ökar också förutsättningarna för mer energieffektiva transporter. Rena järnväglösningar och intermodala transporter förutsätter båda transportavstånd som motiverar de fysiska

omlastningar som måste ske för att nyttja järnvägen. I och med den extra omlastning krävs också tillgång till terminaler vilket påverkar möjligheterna till en omläggning mellan trafikslagen.

Långväga transporter

För de längre transporter ligger tyngdpunkten på ett effektivt utnyttjande av fordon och lastbärare samt energieffektiv framdrift. I och med att avstånden växer ökar betydelsen av att nå de stordriftsfördelar som kännetecknar fjärrtransporter, speciellt för sjö- och tåg. Valet av trafikslag, men även framförandet av fordonen, har stor betydelse för energieffektiviteten. För internationella transporter har sjöfarten en betydande roll där man hanterar stora mängder gods. Sjötransporter är i jämförelse med de flesta andra trafikslag energieffektiva i och med de stora volymer gods som kan fraktas med moderna fartyg. Ökade hastigheter inom RoRo- och containertrafik har dock lett till en minskad effektivitet. För nationella transporter minskar sjöfartens betydelse men är fortfarande ett alternativ för de transporter där det finns till hamn och där matartransporterna kan göras effektiva. Även om många andra Europeiska länder har betydligt större andel inrikes sjötransporter så finns näringen även i Sverige som kan erbjuda alternativ till landtransporter.



Figur 7 Generell bild över transportavståndets och godsvärdets påverkan vid val av trafikslag

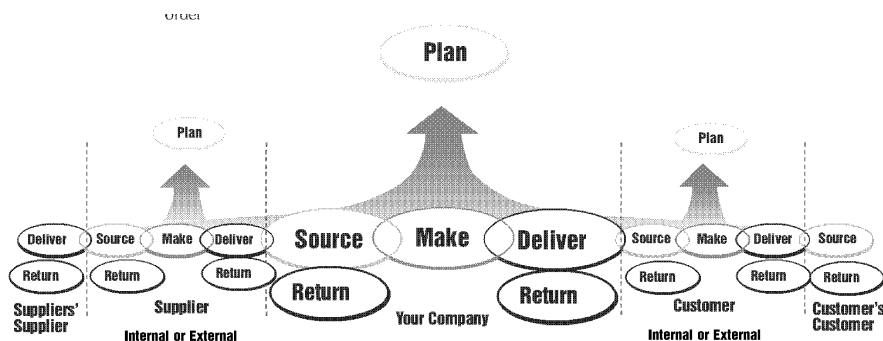
Vanligaste alternativet till lastbilstransporter är järnvägsbaserade transporter. Medan rena tåglösningar blir allt mer ovanliga ökar andelen kombitransporter, dvs. transporter som innefattar både tåg, lastbil eller fartyg och där godset fraktas obrutet i enheter mellan avsändare och mottagare. Sedan järnvägens avreglering 2000 är detta den typ av transporter som ökat mest procentuellt sett. Speciellt framgångsrika har de lösningar varit där Göteborgs Hamn knutits samman med terminaler i inlandet, så kallade godspendlar. Förutom att dessa erbjuder energieffektiva lösningar för transporter till och från hamnen bidrar dessa också aktivt till att avlasta Göteborgs Hamn och effektivisera transporter till och från hamnen.

Utöver hamnpendlarna är det många traditionella transportföretag som utvecklar tjänster där intermodala transporter är en viktig komponent. Bland annat uppger både DHL och Schenker i Sverige att man köper mycket stora volymer hos de intermodala

järnvägsoperatörerna, och samma utveckling kan ses i Europa. Både DHL och Schenker använder sig av intermodala transporter för längre transporter, inte sällan i någon form av kombinationslösning där en del av godset skickas intermodalt medan resterande delar körs på landsväg. På så sätt kan det bästa av respektive lösning användas för att tillhandahålla den servicenivå som kunderna efterfrågar. Nackdelen med intermodala transporter är att dessa kräver snävare marginaler och att en del av flexibiliteten i tidigare upplägg går förlorad vid en överflyttning mellan väg och järnväg (Lundberg, 2006).

Speciella hänsynstaganden

En övergång till transporter med volymmässigt högre kapacitet som exempelvis intermodala transporter innebär att en ökad fokusering på planering och lastning. Effektiv konsolidering krävs för att effektivisera de godssändningar som systemet har att hantera. Således behövs det informationssystem som stödjer dessa moment, exempelvis genom att integrera de olika interna processer som berörs: planering, tillverkning, försörjning, leverans och eventuellt även retur, här gestaltade genom den så kallade SCOR-modellen (se Figur 8). I modellen betonas speciellt betydelsen av returtransporter och balansering av flöden. Returer utgör en betydande av moderna logistikkedjor, inte minst då godset som hanteras även omfattar stora mängder emballage. Vid leverans till produktion kan även annan hanteringsutrustning innefattas, t ex racks som används inom bilindustrin eller vanliga Europapallar och kragar till dessa, en vanlig hantering inom svensk industri.



Figur 8 Modell över processer inom godsflödeskedjan (SCOR, 2009)

För att en logistiklösning skall kunna vara effektiv krävs att både uttransporter och returer kan organiseras så effektivt som möjligt. Det är en förutsättning för alla typer av transporter att fyllnadsgrad och resursutnyttjande kan hållas så höga som möjligt. Samtidigt är balanserade flöden också den viktigaste faktorn för hur transportörerna skall kunna få lönsamhet och bedriva sin verksamhet effektivt. Information kring aktuella flöden, kapacitet i olika relationer och statusinformation angående fordonets position och läge är därmed viktiga komponenter i den information som utväxlas mellan parterna i flödeskedjan.

För transporter där flera aktörer är delaktiga i transportens utförande ökar kravet på informationssystemet. En övergång till intermodala transporter, med ett stort antal involverade aktörer, ökar också betydelsen av en effektiv kommunikationslösning. Detta gäller inte minst betydelsen av standardiserade gränssnitt och rutiner vilka förenklar informationsutbytet mellan parterna, det gäller ur ett operativt såväl som ett strategiskt och taktiskt perspektiv.

4.6 Informationssystem

Utifrån de ansatser som definierats inom transportområdet som syftar till att minska energianvändning och resursutnyttjande kan olika typer av informations- och kommunikationslösningar härledas. I tabellen nedan (Tabell 4), har en indelning gjorts med avseende på den roll som respektive informationslösning har och de möjligheter som finns beträffande aktiviteter som kan bidra till att reducera energianvändningen i transportsystemet. Horisontell information som beskrivs i tabellen, och de system som finns tillgängliga för denna typ av data, är affärsdrivande och påverkar bland annat valet av transportlösning. Vertikal information, å andra sidan, relaterar till driften och det operativa utförandet av transporten. Beroende på vilken av typerna som skall hanteras blir fokus på lösningen annorlunda liksom informationssystemens utformning och funktion.

Tabell 4 Tillgängliga informationssystem utifrån dess funktion och inriktning

Horisontell information (Affärsdrivande)	I första hand eliminering av transporter som inte tillför värde för involverade parter.		
	<i>Typ av system</i>	Problemområde	Uppgift
	<i>Relationer</i>	Transportbehov Hanteringsbehov	Tillse att det underliggande behov beträffande produkter och tjänster som finns kan tillgodoses
	<i>Kommunikationssystem</i>	Tillgång till information	Effektiv kommunikation mellan varukedjans aktörer
	<i>Strategiskt partnerskap</i>	Efterfrågan	Strategiskt partnerskap och samverkan mellan de aktörer som berörs
Horisontell information (Planering)	Bättre resursutnyttjande i form av bättre indata samt mer tillförlitlig information		
	<i>Typ av system</i>	Problemområde	Uppgift
	<i>SCM/ERP (Supply Chain Management/Enterprise Management-system)</i>	Optimering och planering av produktionssystem	Integrera logistik och transporter i produktionssystemet
	<i>TMS (Transport Management-system)</i>	Planering av fordonsflotta	Nyttja fordonsspecifika data och information om lastkapacitet mm
	<i>WMS (Warehouse Management-system)</i>	Lagerhantering	Bättre information om de produkter som skall transporteras – underlätta transportörens kapacitetsplanering

Vertikal information (Operativ info)	Bättre information angående de händelser och aktiviteter som påverkar utförandet av transporter		
	<i>Typ av system</i>	Problemområde	Uppgift
	<i>GPS</i>	<i>Spårbarhet</i>	Möjlighet att spåra och följa upp gods i transportsystemet
	<i>RFID</i>	<i>Identifiering</i>	Effektiv identifiering av gods - möjliggör förbättrad hantering av gods
	<i>Positionering</i>	<i>Avstämning</i>	Säkerställer godsets geografiska position, kontroll
	<i>Avvikelsehantering</i>	Uppföljning och kontroll	Bättre uppföljning och kontroll, möjliggör alternativa transporter pga. Minskad osäkerhet

Vi skiljer här på *horisontell affärsdrivande information*, *horisontell information för planering* samt *vertikal operativ information*. Med affärsdrivande information menas här information som beskriver tillgången på material och tjänster och som innebär att rätt produkt eller rätt tjänst kan väljas. Exempel på denna typ av informationslösningar är de kommunikationslösningar som hjälper företag att samarbeta och där fokus ligger på att effektivt kunna kommunicera relevanta data. Nästa steg är att konkret planera för de operativa processerna. Detta sker med hjälp av planerings- och hanteringssystem, här exemplifierade med SCM/ERP system. Denna typ av informationssystem är vanliga inom tillverkande industri och inom lagerhantering men har hittills varit ovanliga i transportsammanhang. Transporthanteringssystemen (TMS) som nämns i tabellen används i ökande omfattning men är ofta beroende av manuell hantering och är inte sällan frikopplade i den mån att dessa inte kommunicerar med andra aktörer och informationssystem i flödeskedjan.

En allt viktigare del i informationsflödet är den vertikala informationen, dvs. den information som kommuniceras i samband med de operativa delarna av transport och logistikprocesserna. Här är det istället informationslösningar som beskriver godsets status, egenskaper och fysiska placering som kommuniceras. Inom detta område finns idag stora möjligheter. Istället för att successivt identifiera och hantera godset i den takt det kommer in kan dessa operationer planeras i god tid före dess att produkterna nått sin destination. Detaljerad information om godset kan också användas för att effektivisera hanteringen av godset i det fall detta skall omlastas eller på annat sätt hanteras i terminaler, lager eller andra typer av mellanliggande destinationer mellan tillverkare och slutkund. I tabellen nämns särskilt GPS och RFID som metoder men även traditionella verktyg som streckkoder och optisk läsning av text är aktuella. Det som är nytt och representerar den största möjligheten i dessa system är det sätt informationen kommuniceras och används av flödeskedjans aktörer, någon som vi återkommer till lite senare i denna rapport.

4.7 IKT som ett verktyg att effektivisera godstransporter

Möjligheten att påverka logistik- och transportsystemet via insatser inom IKT begränsas av en mängd faktorer. Av dessa är transportsystemets organisation och dess olika intressenter av stor vikt genom att dessa till stor del påverkar på vilket sätt möjligheten att påverka det sätt på vilket transporter och fysiska förflyttningsprocesser utförs.

Utgångspunkten i detta projekt är att undersöka på vilket sätt informations- och kommunikationsteknologi (IKT) möjliggör effektivare transporter. Utöver transportmarknadens grundläggande förutsättningar och de organisatoriska aspekter som diskuterats ovan är det också viktigt att lyfta fram de möjligheter som finns, på kort respektive lång sikt, när det gäller systemets benägenhet till förändring. Förändringar som i sin tur kan leda till energieffektiviserar inom området.

Långsiktighet kontra kortsiktighet

Då det inom logistik- och transportområdet råder hård konkurrens mellan de olika aktörerna är vinstmarginalerna låga. Den låga vinstmarginalen påverkar i sin tur viljan och möjligheten till investeringar. Speciellt investeringar med lång återbetalningstid kan visa sig vara problematiska för många aktörer. Detta leder ofta till att initiativ med lägre avkastning, men där återbetalningstiden är kort, premieras trots att andra alternativ finns tillgängliga.

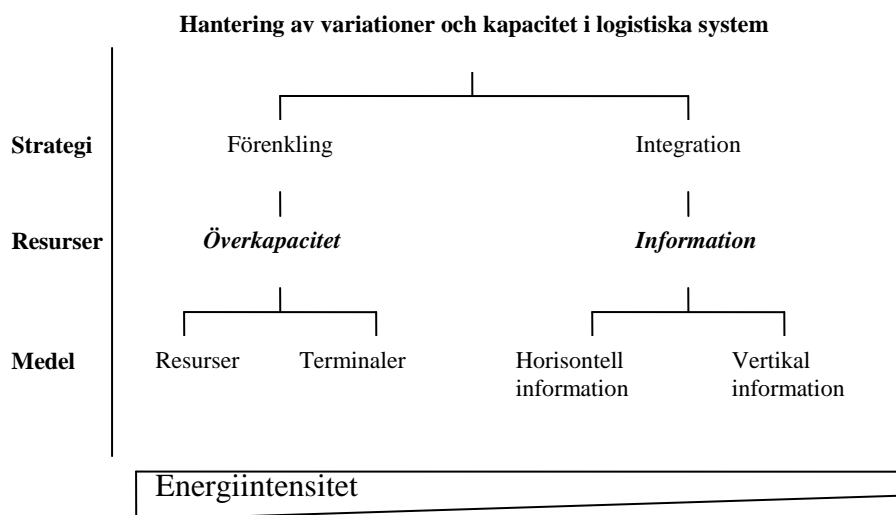
En konsekvens av detta är att det på kort sikt är i gränssnittet mellan de olika delsystemen som möjligheten att med hjälp av IKT påverka effektiviteten i transportsystemet är som störst. De gränssnitt som är aktuella och som brukar diskuteras i samband med godstransporter är gränssnittet mellan gods och de resurser som skall frakta godset samt resursernas nyttjande av infrastrukturen. Utöver dessa två kan även gränssnitten mellan transportköpare och transportör, liksom det långsiktiga transportbehov som styrs av marknadens behov, inkluderas bland de faktorer som styr logistik- och transportuppläggen. *Det är i dessa gränssnitt det finns möjlighet att med informationsteknikens verktyg förändra nyttjandet av resurser inom respektive nivå.* Således är det speciellt viktigt att utreda vilka möjligheter som finns inom respektive gränssnitt och vilka IKT-lösningar som finns tillgängliga eller som har potential att spela en betydande roll i framtida logistik- och transportlösningar.

Bättre information kontra extra resurser

Energieffektivitet och kostnadseffektivitet är två begrepp som inom godstransportområdet skulle kunna användas synonymt. Genom att begränsa energiförbrukningen i transportsystemet kan också kostnaderna hållas nere, inte minst då en stor del av kostnaderna är rörliga och relaterar direkt till bränslekostnader och kostnader för fordon och personal. Värt att notera i sammanhanget är att transporter debiteras efter schablon inom järnvägssektorn. Stor potential finns i att debitera efter mätningar av lokets verkliga arbete.

Den nära kopplingen mellan energieffektivitet och resurseffektivitet innebär att samma modeller kan användas oberoende av syfte. Därmed kan samma samband förväntas gälla för de olika områdena. På samma sätt kan också konstateras att olika åtgärder är olika svåra att realisera, bland med avseende på de och allmänna egenskaper och restriktioner som finns i transportsystemet. Utifrån de resurser som efterfrågas är det ofta enklare att tillföra resurser till systemet än att ytterligare effektivisera användningen av befintliga resurser.

Generellt kan sambandet mellan resurser och informationsanvändning som ett förhållande där de båda tillhör olika strategier för hur transportsystemet skall hantera brister och variationer i efterfrågan. En strategi där tillgänglig information tillmäts stor betydelse på bekostnad av extra materiella insatser innebär att komplexiteten i systemet ökar. På samma sätt minskar komplexiteten i ett system där antalet resurser som finns att tillgå överstiger efterfrågan. Detta förhållande har studerats flitigt och har bland annat illustrerats i form av följande schematiska samband (Figur 9).

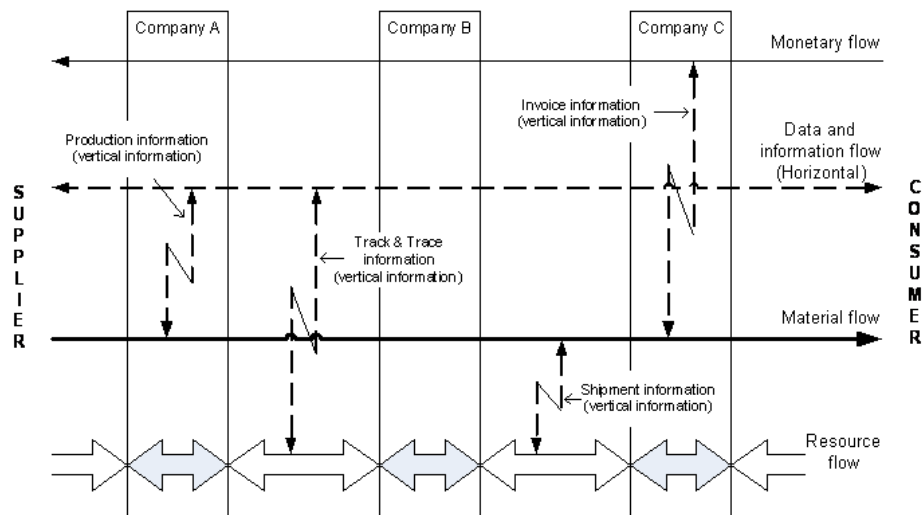


Figur 9 Samband mellan information och resurser i logistiska system

Enligt detta resonemang hanteras variationer i efterfrågan enligt två olika strategier, antingen genom att antalet resurser ökas i form av fler fordon och fasta terminaler, eller genom att nyttja de informationskällor som finns tillgängliga mer effektivt. Med de förutsättningar som historiskt har funnits inom området, kostnader och fysisk genomförbarhet, så har medel som tillhör den fysiska infrastrukturen ansetts vara mer tillgängliga än vad en informationsbaserad lösning skulle vara. Det är dock först på senare tid, då informationstekniska lösningar hunnit bli tekniskt mogna och finns tillgängliga i större skala, som dessa utgör reellt alternativ.

Informationsöverföring – olika typer av information

Ur ett operationellt perspektiv brukar man skilja på två typer av information: horisontell information och vertikal information (se Figur 10). Horisontell information innefattar information som skickas vertikalt, dvs. mellan de olika aktörerna i flödeskedjan, och avspeglar inte sällan det informationsutbyte och eventuella samarbete som sker mellan dessa, bland annat i form av utbytande av leveransprognoser och orderdata. Effektiv hantering av behovs- och orderdata förutsätts bland annat för att planering av resurser skall kunna ske. Exempel på horisontell information är information från de omgivande systemen, dvs. leverantörens, logistikföretagets eller kundens affärssystem. Kravet på tillgång på information sträcker sig över hela försörjningskedjan.



Figur 10 Gränssnitt och informationsflöden i logistiska processer (källa: Lumsden, figur från Stefansson, 2004)

Vertikal information innefattar operativ information inom en organisation såväl som information mellan aktörer i det aktuella flödet. Denna information utgörs ofta av kontroll eller övervakningsdata och därmed även med direkt koppling till utförandet (Stefansson, 2004). Det innebär också att en stor del av denna information allt oftare utväxlas i realtid. Vertikal information kan till exempel utgöras av status och position för resurser och material vilket är en viktig förutsättning för att kunden skall få korrekta uppgifter om godset, till exempel vid eventuella förseningar. Vertikal information är en förutsättning för att åstadkomma ökad effektivisering inom integrerade transportsystem.

En preliminär indelning av informationssystem kan göras enligt nedanstående tabell (

Tabell 5). I tabellen har en grov indelning gjorts med avseende på informationssystemens primära funktion och på vilket sätt dessa stämmer in på definition ovan. Horisontell information och de system som hanterar dessa data fokuserar ofta på stora interorganisatoriska lösningar som fokuserar på prognostisering, planering och uppföljning. System som hanterar vertikal information är istället inriktade på att hantera data i realtid, dvs. att förmedla operativ information mellan aktörer och olika nivåer i flödeskedjan. De olika typerna av logistiska informationssystem beskrivs mer ingående senare i rapporten.

Tabell 5 Exempel på system för vertikal och horisontell information

<u>Horisontella</u> <u>informationssystem</u>	<u>Vertikala</u> <u>Informationssystem</u>
Affärssystem/ERP	Positioneringssystem/GPS
Produktionsplaneringssystem	Spårning och avvikelsehantering
Orderhanteringssystem	Identifieringssystem/RFID/Streckkod
Transportplaneringssystem	
WMS – Lagerhanteringssystem	
SCP – Supply chain planning	
APS – Advanced planning systems	
SCM – Supply chain management system	
Fleet Management system	

Till de information system som hanterar horisontell information hör bland annat affärssystemen, eller som de också kallas ERP system, system för produktionsplanering, transportplanering, orderhantering, lagerhantering samt olika typer av avancerade planeringssystem. Skillnaden mellan dessa är primärt systemens inriktning och omfattning. Medan en del av dessa system inriktar sig på vissa funktioner som order-, transporter eller lagerhantering har affärs-/ERP-systemen ett övergripande perspektiv. De stora ERP-systemleverantörerna erbjuder idag systemlösningar där specialsystemen ingår som en del av funktionaliteten. Detta gör att många stora företag har tillgång till dessa verktyg redan idag och på så sätt har förutsättningar att integrera delar av sin verksamhet mot kunder och leverantörer. På transportsidan är tillgången till planeringssystem i stora drag relaterad till storleken på transportören. De stora aktörerna har möjlighet att integrera kundernas system mot deras eget och på så sätt få tillgång till data utan manuella mellansteg. För mindre transportföretag utgör det manuella arbetet en större del vilket innebär att deras rutiner skiljer sig något. Mindre transportföretag har också ofta en kundbas som skiljer sig från de större och har därmed inte samma behov av systemstöd som de större aktörerna. Tillgången på effektivt informationsstöd är emellertid gott för både små och stora transportföretag.

Andra typer av horisontella informationssystem är de planeringssystem som finns speciellt framtagna för olika typer av verksamheter inom logistik och transport. Gemensamt för dessa är att de optimerar olika delar av försörjningskedjan och de resurser som används i dessa delar. Exempelvis hanterar SCM (Supply Chain Managementsystem) och APS (Advanced Planning Systems) resursplanering och materialtillgång i tillverkande industri medan FMS (Fleet Management system) används för att planera och optimera användandet av mobila resurser i transportsystem. På samma sätt hanterar lagerhanteringssystemen (WMS) data om lagersaldo, inkommande och utgående material samt placering i lagret. Det som är gemensamt för alla typer av planeringssystem är att de hämtar data från företagets affärssystem (ofta ett ERP system) och även kan integreras med detta för att presentera information. Då flertalet företag inom logistik och transport har valt någon typ av affärssystemslösning innebär detta att den mesta informationen finns lagrad digitalt vilket också innebär att förutsättningarna finns för en mer integrerad logistik- och transportlösning.

För de transportföretag som inriktar sig på och säljer intermodala transporter är kraven på informationssystemen bitvis annorlunda. I och med att det finns fler aktörer involverade i ett intermodalt flöde innebär detta att kraven på kommunikation mellan aktörerna ökar. Det finns också högre krav på att informationen skall vara korrekt, skulle det finnas brister i informationen som gör att det fattas något blir ofta konsekvenserna värre än för renodlade lastbilstransporter. Är inte informationen fullständig förvägras ofta godset att lastas eller lossas och riskerar därmed att fastna i onödan i terminalen.

4.8 Problem och åtgärder

Energieffektivisering av transporter kan även indelas efter det sätt på vilket enskilda åtgärder genomförs och utifrån vem som initierar åtgärden. Det finns både yttre och inre faktorer som ger upphov till förändringar. Inre faktorer utgörs av branschens egen vilja och förmåga till förändring medan yttre faktorer utgörs av åtgärder som ligger utanför den operativa verksamheten, till exempel åtgärder som beror på förändrade förutsättningar som tillgänglighet och förändring av infrastrukturen. Till yttre faktorer kan även statliga incitament härröras.

Från EU kommer signaler om att IKT, trots goda utsikterna att bidra positivt till de transportpolitiska målen, används i mindre utsträckning än förväntat. Man menar att en stor del av den användning som finns förekommer bara fläckvis och på ett icke-koordinerat sätt vilket leder till en mosaik av olika nationella, regionala och lokala lösningar (EU, 2008b). Det råder dock enighet om att de viktigaste frågorna innefattar godstransporter och transporter i städer. För att IKT skall kunna bidra till effektivare logistik behöver dock ett antal hinder överkommas. I en rapport (EU, 2007) pekar man på behovet av standardisering och att informationsflödet måste förbättras, bland annat genom att öka användningen av RFID och GPS-teknologi och på det sättet öka möjligheterna till att lokalisera gods oavsett vilket trafikslag som används.

Problembild inom logistik, transport och trafik avseende energi

I tidigare avsnitt har olika aspekter diskuterats beträffande inom hanterats utifrån de möjligheter som finns inom transport och logistikområdet som kan leda till en effektivisering inom energiområdet. I analogi med tidigare diskussion har en indelning gjorts efter logistik, transporter och trafik liksom tidigare.

Logistik

Logistik avser här gränssnittet mellan produktbehov och godsflöden, dvs. hanteringen av marknadens behov av transporter kontra de möjligheter som medges i relation till aktörer inom tillverknings- och transportindustrin.

Ett övergripande problem beträffande logistiken är kommunikationen mellan aktörerna i flödeskedjan. Detta gäller framför allt inom planering men också beträffande utförandeprocessen. En stor del av de förutsättningar som styr effektiviteten beträffande logistiska processer relaterar till tillgång på information. I och med att dagens produktionssystem blir allt känsligare för störningar, ökar också behovet av att basera prognoser på fakta istället för som så ofta förr på erfarenhetsbaserade bedömningar. Det är idag nödvändigt att ha tillgång till information och system som har möjlighet att hantera de data som krävs för att ge tillräckligt detaljerade uppgifter och med den precision som krävs för att de olika parterna skall kunna anpassa sig efter varandra.

Genom att vidta åtgärder som syftar till informationsdelning och bättre informationsöverföring, kan således dessa system göras effektivare, både generellt och ur ett energiperspektiv. Risken för att felaktiga beslut skall tas beroende på bristande information om kundens behov minskar vilket reducerar både transportbehov och ger upphov till bättre förutsättningar för planering av de resurser som måste användas.

Det har under senare tid pågått en omfattande forskning inom betydelsen av samarbete och informationsdelning. Detta är en omfattande del av *Supply Chain Management*-området vilket behandlar flera olika aspekter av effektivisering inom olika försörjningskedjor. Begrepp som vanligtvis behandlar dessa frågor är bland annat integration mellan företag i försörjningskedjan och visibilitet.

Många logistikoperatörer arbetar för en tätare kontakt mellan sig och sina kunder och på så sätt försöka knyta kunden närmare sig för att bättre kunna nyttja de positiva effekter som en bättre tillgång på information medför. Ett exempel är plockprocesser, lagring och sammansättning av sändningar. Det finns ett behov av att förmedla information om vilka egenskaper ett parti gods har: krävs särskilda fordon, förpackningar, hanteringsutrustning etc. Lösningen handlar till stor del om att synkronisera olika aktiviteter. *Just-in-time*-konceptet är ett exempel på detta tema. Integration av informationssystem gällande exempelvis lagerhantering eller produktionshantering är därför ett prioriterat område.

En ytterligare möjlighet är att planera med realtidsinformation. Konkret innebär detta förbättringar i hantering av gods, exempelvis genom effektivare identifiering, spårbarhet och koordinering och kopplingen mellan framtida och nuvarande kapacitetsbehov och dess förändring. Ett exempel på problemet är att erfarenhetsmässig kunskap ofta finns om en godstransports, exempelvis om dess volym. Detta medför att det finns en överkapacitet. För att tillgodogöra den besparingspotential som finns i överkapaciteten krävs bättre information om godset och dess egenskaper. Ett verktyg som kan beräkna ett exakt kapacitetsbehov blir dock mycket komplext.

De komplexa sambanden kräver ett stödverktyg som kan komplettera den erfarenhetsmässiga kunskap som finns bland utförare. Det är i denna roll som Fleet management och ERP har sin roll. Genom att öka kommunikationen mellan parterna och ständigt ha tillgång till uppdaterad och aktuell information ökar även förutsättningarna för en effektiv logistik. De manuella operationer vilka utmärker ett mer traditionellt produktionssystem och som i regel är tidskrävande kan i regel effektiviseras med hjälp av IKT. Genom att automatisera identifiering och hantering av gods i samband med logistiska operationer kan resursutnyttjandet effektiviseras och felfrekvensen reduceras.

Transport

Transporter är enligt Wandel och Ruijgroks modell (se Figur 1, kap 4.1) skiktet mellan logistik och trafik och utgör förutsättningarna för hur transporter kan sättas samman på ett effektivt sätt. Dessa förutsättningar styrs, vilket tidigare diskuterats i denna rapport, av omgivande system och aktörer. Transportföretagen har själva en begränsad möjlighet att påverka grunderna till varför en förflyttning av gods genomförs. Transportörerna har istället att hantera det behov som transportköparna förmedlar. Dock finns det ett klart samband mellan de tjänster som erbjuds och de tjänster som efterfrågas vilket delvis speglar samspelet mellan marknadens aktörer.

Grunden till energieffektiva transporter är möjlighet att bättre sätta samman godsflöden till sändningar som medger storskaligt användande av tillgängliga resurser. På kort sikt innebär detta brukande av befintliga resurser men på längre sikt innebär det också en anpassning av de resurser som på sikt skall hantera ett framtida resursbehov. Konkret innebär detta en utveckling där befintliga fordon skall användas på rätt sätt men också att rätt fordon skall användas.

För de möjliga lösningar som finns inom IKT innebär detta två olika typer av problem som skall lösas: val av fordon efter de förutsättningar som ges samt konsolidering och samlastning av gods. Ur ett energiperspektiv innebär båda lösningarna både effektiva och lönsamma alternativ då de inte bara genererar energieffektiva lösningar utan även bidrar till kostnadseffektiviteten i respektive lösning.

En del av den energianvändning som ligger inom transportsektorn skulle kunna effektiviseras genom att kapaciteten på de fordon som används skulle anpassas efter gällande behov. En stor del av de transporter som utförs idag sker med fordon som förbrukar mer bränsle och har en större kapacitet än vad som verkligen krävs. Genom att variera storleken på de lastbilar som används finns en stor potential att reducera energianvändningen per fraktat ton. Konkret skulle detta kunna sammanfattas: *rätt fordon till rätt last*. I Sverige har det bekräftats att tung trafik har överdimensionerade motorer. Visas applikationer kräver dess högre motorstyrkor, men långt ifrån alla. Genom att det sker fördelning av gods till rätt fordon kan betydande besparingar uppnås.

Ändra förutsättningar för sammansättning av transport med hänvisning till nuvarande överdimensionering av motorer är möjligheten att tillåta extra långa lastbilar på vissa sträckor. Genom att tillåta dessa lastbilar att bli längre och bära en större last beräknas energibesparingar på upp till 15 procent (TFK, 2002). Påpekas bör dock att förslaget är kontroversiellt och att det finns många skäl till varför längre fordon inte bara är positivt ur en effektiviseringssynpunkt. En del av dessa anledningar härrör att dessa i många fall skulle konkurrera med de transporter som kan överföras till intermodala transporter. Åtgärderna konkurrerar på så sätt med varandra vilket anses negativt avseende överflyttningen av gods mellan väg och järnväg. Dessa fordon skulle kunna öka effektiviteten där kapaciteten för fler intermodala transporter är slut.

Trafik

Ruttoptimering är ett av de områden där förändringar i kategorin *trafik* kan leda till energieffektiviseringar. Utvärderingar visar att ruttplaneringsverktyg i normalfallet kan ge upp till 10 % reduktion av körda fordonskilometer. I och med att denna förändring gagnar såväl ekonomi som miljö innebär en dylik satsning fördelar i ett företagsekonomiskt såväl som vinster på ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Beroende på typ av verksamhet och denna verksamhets förutsättningar beträffande styrning och kontroll blir resultaten mycket olika. Effektiviteten på ruttplaneringen är även beroende av tillgången till och kvaliteten på indata (Blinge och Svensson, 2006). Av denna anledning är just digitalisering av indata ett viktigt steg i processen mot effektiv ruttoptimering (Moen, 2009). I och med att de planerings- och optimeringsverktyg som används är så beroende på de data som används, innebär detta i regel att själva implementeringen kan bli både kostsam och lång. Mindre lyckade

ansatser brukar dock ange andra skäl i den mån projekt fallerar eller på annat sätt tvingas att lägga ned. Rätt använt innebär ruttoptimering positiva effekter både organisatoriskt och ur ett miljömässigt perspektiv.

Ur ett energieffektiviseringsperspektiv behöver implementering av ett ruttoptimering innebära energibesparing. Den kortaste sträckan mellan två lastpunkter kan vara den tyngst trafikerade vilket kan medföra att en omväg på mindre trafikerade väg ger lägre bränsleförbrukning.

Det finns även en mängd åtgärder att tillgå, som ligger utanför det företagsmässiga perspektivet. Ett exempel på detta är fordonstyrning och möjligheten att från infrastrukturrådgivarens sida kunna styra trafiken på ett mer effektivt sätt, bland annat genom trafiksignaler. Trafikljus och deras programmering har stor betydelse för bränsleförbrukning i tätort (Vägverket, 2000). Trafiksignaler har bland annat potential att minska kötider och därmed osäkerheter kring leveranstider vilket kan vara avgörande vid "just-in-time". Vidare kan köer ge en stressad arbetsmiljö. Start och stopp för tunga fordon innebär högre slitage och väsentligt högre bränsleförbrukning. Vägverket (2000) föreslår att godstransporter prioriteras på samma sätt som kollektivtrafik vid korsningar vilket sällan görs idag. I korsningar med mycket tung trafik kan ca hälften av stoppen ta bort med effektivare signalstyrning, med associerade bränslebesparingar som följd.

Beroende på just trafiksituation förbrukas mer bränsle i stadstrafik än vid landsbygdskörning. Över 90 % av transportarbetet som utförs med lastbilar i Sverige sker på lastbilar över 32 ton. Mellanstora lastbilar (12-32 ton) utgör 8 % medan de står för 17 % av CO₂-emissionerna vilket beror på högre bränsleförbrukning i stadstrafik där de huvudsakligen används. Den största potentialen enligt Vägverket (2007) består trots detta i att effektivisera de tyngsta lastbilstransporterna.

4.9 Möjliga åtgärder för energieffektivisering

Efter att förekommande problem och hinder för energieffektivisering har kartlagts är nästa naturliga steg att avgöra vilken aktör som bör ta ansvar för att åtgärderna genomförs, vilken behövs information om vad som krävs, samt vilka typer av informationssystem som bli aktuella för spridning och delning av informationen. Nedan redovisas de tre kategorierna av åtgärder.

1: Lokalisering av aktörernas potential

Utifrån den diskussion som förts hittills i rapporter kan en indelning göras baserad på *logistik*, *transport* och *trafik*, men också på vilken/vilka aktörer som är involverade. Nedan har en indelning gjorts efter transportör (utförarorganisation) och transportköpare (beställare) men också ur ett mer allmänt perspektiv. Denna indelning speglar de möjligheter som respektive aktör har för att påverka resurs- och energianvändning inom områdena *logistik*, *transport* och *trafik*.

I samband med de möjligheter som skapas uppkommer även begränsningar. Det föreligger ofta ett motsatsförhållande mellan olika typer av åtgärder. Dessa måste beaktas i de fall som konkurrerande åtgärder diskuteras som lösning till ett problem (se respektive åtgärds för- och nackdel i Tabell 6)

Tabell 6. Åtgärder för minskad energianvändning fördelat på aktör.

<u>Aktör</u>	<u>Exempel på åtgärd</u>	<u>Fördel</u>	<u>Eventuell nackdel</u>
Transportör	Ökad fyllnadsgrad	Större grad av samlastning	Lägre flexibilitet
	Ruttplanering (tomkörning)	Högre effektivitet genom färre körda km	Informationskrävande med krav på geografiska data
	Balansering av flöden	Reducerad ompositionering av tomma lastbärare	Geografisk separerad produktion och konsumtion
Transportköpare			
	Orderläggning med hänsyn till transporteffektivitet	Effektivare transporter med samspel mellan transportörer och dess kunder	Högre kapitalbindning i lager, tillgänglighet
	Framtagande av transporteffektiva förpackningar	Bättre resursutnyttjande i transportledet	Eventuella eftergifter i design och funktion
	Lätta på kraven om fasta leveranstider i handeln	Effektivare distribution av varor och tjänster	Mindre regelbundna leveranser
Övergripande åtgärder baserade på teoretiska diskussioner			
	Ökad samordning inom och mellan trafikslagen	Effektivare transporter genom ökad konsolidering	Fler administrativa nivåer Mer omfattande hantering av gods
	Styrning mot intermodala transporter	I teorin mer miljövänliga transporter	Problem med tillförlitlighet och lägre ledtider

Transportörens möjligheter

För transportören utgör möjligheten till effektiviseringar av verksamheter en betydande del av dennes konkurrensfördel gentemot sina konkurrenter. Det är därför naturligt att lösningar som medverkar till ökad konkurrenskraft premieras för att minskade kostnader skall premieras. För de stora transportföretagen är det en naturlig del av verksamheten att kontinuerligt söka möjligheter att samlasta olika typer av gods, men mest inom sina egna system. För Schenker utgör godsets sammansättning och möjligheter till samlastning med övrigt gods en parameter för prissättning gentemot kunderna vid

direkta förhandlingar. I samband med att en större del av tillgänglig kapacitet bokas upp i förhand och att samlastningen ökar minskar flexibiliteten och möjligheterna att hantera icke förutsägbara variationer i mängden gods som hanteras. Det kan således vara aktuellt att finna lösningar som kan kombinera historiska data och realtidsdata på ett sätt som kan hantera den flexibilitet som krävs.

De åtgärder som nämnt i rapporten och där transportören har stor möjlighet att påverka är att öka fyllnadsgraden på de resurser som används, ruttplanering och styrning av tillgängliga fordon samt balansering av de fysiska flödena (Tabell 6). Samtliga åtgärder innebär tydliga effektiviseringsmöjligheter och därmed fördelar i systemet men också vissa nackdelar.

Ökad fyllnadsgrad innebär framför allt att fordon och andra resurser kan nyttjas effektivare. På så sätt kan befintliga fordon användas fullt ut och vidare inskaffning av fordon undvikas. Det innebär dock även att de fordon som faktiskt används är uppbundna i högre grad vilket påverkar det totala systemets flexibilitet negativt. Utrymmet för hantering av oplanerade händelser minskar vilket i många fall påverkar systemet negativt. Det är därför av stor vikt att hitta en balans mellan de faktorer som styr transportsystemets funktion och de faktorer som styr det enskilda fordonets utnyttjande och funktionalitet.

En åtgärd som faller sig naturlig i detta sammanhang är också ett utsträckt användande av de verktyg som finns tillgängliga inom ruttplanering och optimering av fordon och terminaler. Tillgången på befintliga lösningar är god och effekten av dessa system är sedan länge bevisat, trots det så är det förhållandevis få aktörer som använder sig av dessa system. Potentialen i dessa system är således fortfarande stor, både för enskilda aktörer och på en övergripande systemnivå. Nackdelen med denna typ av system är att de är beroende av indata och dess kvalitet. Skulle de data på vilka planering/optimering utförs vara felaktiga blir konsekvensen att även resultatet blir felaktigt. Just detta beroende av indata och dess kvalitet har gjort att många aktörer inom transportbranschen ställer sig tveksamma till att införa denna typ av systemstöd. Det har också visat sig vara svårt att få tag i tillräckligt detaljerade data, dels på grund av att en stor del av den data som finns ej är digitaliserad och därmed inte kan sändas elektroniskt men också på grund av att de kommunikationslösningar som finns hittills inte varit tillräckligt sofistikerade.

Slutligen har vi även här tagit upp problemen med balansering av flöden. Ett balanserat flöde gör att transportören kan hålla nere kostnaderna och erbjuda transportköparna ett bättre pris. I den mån ett flöde kan balanseras med avseende på returtransporter och samordning av gods förbättras effektiviseringspotentialen beträffande energi, ekonomi och miljö. Begränsande faktorer är dock de strukturella problem som ligger till grund för obalanserna. Samtidigt som transportören kan effektivisera sin verksamhet finns det grundläggande problemet kvar. Det är således med begränsad verkan en sådan åtgärd kan genomföras.

Transportköparens möjligheter

Beträffande transportköparens möjligheter till energieffektivisering ligger en stor potential i samspelet mellan transportör och transportköpare. Genom att förtydliga sambandet mellan den kravställning som ligger till grund för transportens utförande och de konsekvenser detta får för uträttandet av transporten kan stora förändringar

åstadkommas. En bättre kommunikation mellan beställare och utförare kan på detta sätt innebära tydliga fördelar, både när det gäller ekonomiska och miljömässiga egenskaper. En nackdel i samband med detta tillvägagångssätt är att en del aktörer troligtvis kommer att behöva ändra beställningsrutiner på ett sådant sätt att säkerhetslager och lageromsättningshastighet kommer att behöva ökas något. Det senare skulle kunna motverkas i viss grad av bättre tillgång på information och större tillit mellan aktörerna.

En ytterligare faktor som påverkar transporternas energieffektivitet och som i regel går att påverka utan att konsekvenserna för transportens kvalitet försämrats är produkternas emballage och förpackningar. Det finns ett flertal goda exempel på hur företag lyckats dra ner på förpackningsvolymen genom innovativa lösningar. Hellström (2007) beskriver bland annat IKEA:s temporära lastpall i form av en plastlist, som efter det att den används som ett sätt att hantera större förpackningar. Plastlisten, som gör förpackningarna till en självbärande pall, kan efter att de nått sin slutdestination effektivt samlas ihop för att sändas till en produktionsenhet där de återvinns och utgör grundmaterial till nya produkter i IKEA:s sortiment. På så sätt blir en produkt som tidigare varit en belastning istället en tillgång och kan användas igen, dessutom kan andelen gods maximeras i förhållande till övrigt utrymme.

En ytterligare faktor som vi valt att ta upp här är de möjligheter som en uppluckring av leveranstiderna till kund innebär. Idag kräver många mottagare att godset skall vara levererat före en och samma tidpunkt vilket ställer hårda krav på tidspassning hos transportören, exempelvis leverans före klockan 09:00. Genom att tillåta godset att anlända under en längre tidsperiod kan transporterna optimeras efter dess geografiska spridning. En senare leverans måste dock ej innebära osäkerhet beträffande godsets ankomst, istället finns det stora möjligheter att nyttja olika kommunikationsteknologier för att med stor exakthet förutspå aktuell leveranstid. Det handlar således inte om att införa osäkerhet i transportsystemet utan endast större flexibilitet för de involverade transportföretagen.

För att en dylik förändring skall gå att genomföra krävs att mottagarna accepterar senare leveranser, bland annat mot en lägre transportkostnad. Genom olika typer av incitament är det således möjligt att styra transporterna på ett sådant sätt att resursutnyttjande och fyllnadsgrad kan ökas för en bättre effektivitet i transportsystemet. Nackdelen med en sådan åtgärd är att den kräver en större flexibilitet även hos kunderna, dvs. mottagarna.

Övergripande åtgärder

På en övergripande nivå finns det ett antal strukturella åtgärder som skulle innebära energieffektivare transporter. En sådan som tidigare diskuterats i denna rapport är möjligheten att föra över mer gods på järnväg och intermodala transporter. Ett sätt att åstadkomma denna omflyttning är att underlätta för involverade aktörer och att tillgängliggöra järnvägsnätet för nya aktörer. Detta görs som bekant genom olika typer av åtgärder, bland annat inom ramen för de satsningar som genomförs både nationellt och inom EU genom diverse olika program. Ur ett IKT perspektiv handlar detta till stor del om att påskynda utvecklingen av informationssystem och kommunikationslösningar. Genom förbättrade kommunikationsmöjligheter mellan de involverade aktörerna kan också en del av den misstänksamhet som råder mellan dem.

Förutsättningar för effektiviseringar med avseende på IKT

Förutsättningarna för att effektivisera godstransporter med hjälp av förbättrad informationshantering och kommunikation är starkt sammanflätade med branschens struktur och de handlingsmönster som traditionellt funnits inom godstransportområdet.

Val av trafikslag för godstransporter – överflyttning mellan trafikslagen

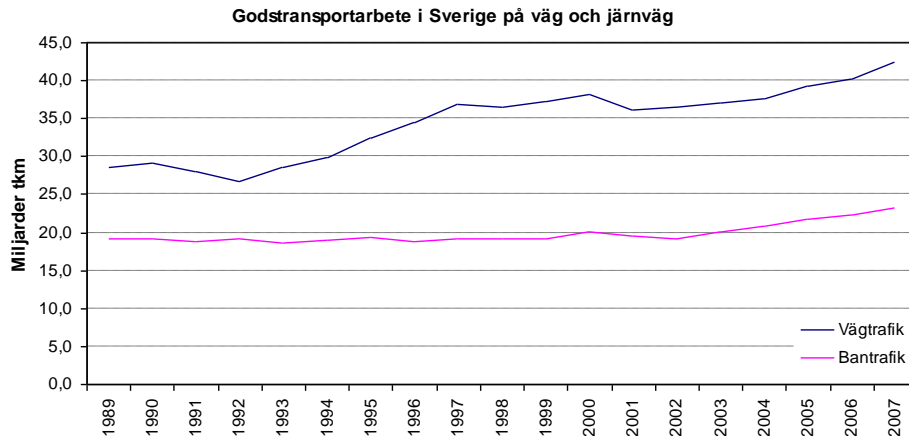
För alla trafikslag och typer av transporter gäller principen om skalfördelar. Detta gäller i regel både för finansiella samband såväl som för energianvändning. Speciellt tydligt gäller detta i sjöfartssammanhang (containerfartyg) där fartygens storlek och funktion ofta kräver stora fyllnadsgrader, i vissa fall upp till 95 procent, för att vara lönsamma. För övriga trafikslag gäller liknande samband även om det i dessa fall inte är lika extremt som i fallet med containerfartyg och det krav på fyllnadsgrad som gäller där.

På samma sätt innebär överflyttning mellan trafikslagen ökade möjligheter till energieffektiviseringar. Speciellt gäller detta vid byte mellan väg och järnväg men även för transporter inom samma trafikslag. En övergång från lättare till tyngre lastbilar, där den ökade kapaciteten kan nyttjas innebär ofta positiva effekter beträffande energianvändning.

I en delredovisning av ett uppdrag från Näringsdepartementet från VTI (2007) om vad effekten kan bli av att tillåta längre lastbilar än vad som idag är fallet görs en genomgång av styrande faktorer för transportmedelsval. I de fem studier som sammanfattas framkom följande faktorer som centrala vid valet: transportkostnad dvs. lågt pris, transporttid, punktlighet och transportsäkerhet, dvs. att godset kommer fram oskadat.

I en av studierna (Johansson et al., 2000) framkom att alla faktorer måste uppfyllas eftersom de krav som inte uppfylls kommer att bli dimensionerande för hela transporten. Dessa faktorer styrks inte i en annan studie (Inregia, 2000) som att vara styrande för om transporter överflyttas till järnväg eller inte. Istället är det faktorer som bristande flexibilitet hos, och förtroende för, järnvägsoperatörer som lyftes fram som hinder för en större grad av överflyttning. Detta går igen i ytterligare en studie (WSP, 2007) där flaskhalsar identifierades att vara ett arbetssätt som behöver förändras och förbättras i lika stor utbredning som en otillräcklig infrastruktur. Det norska transportekonomiska institutet (TØI, 1999) menar i en rapport att det finns indikationer på att lastbilstransporter är signifikant billigare än järnvägstransporter, i de fall då båda alternativen finns tillgängliga.

I Figur 11 visas att utvecklingen av lastbilstransporter följer den ekonomiska utvecklingen (mätt i BNP) medan järnvägstransporter inte förändrats mycket under perioden. Under perioden 1990–1993 ökade lastbilars tillåtna totalvikt från 51,4 till 60 ton. Effekter av denna förändring går inte att urskilja i överflyttningar mellan väg- och järnvägstransporters (VTI, 2008). På järnvägssidan har avreglering av marknaden, bättre utnyttjande av infrastrukturen, höjning av maximalt axeltryck etc. medfört att godstransportarbetet ökat med början 2003.



Figur 11 Godstransportarbetet i Sverige fördelas mellan väg och järnväg under perioden 1989 - 2007 (SIKA, 2008).

Väg- och järnvägstransporter har olika fördelar beroende på godsets karaktär. Forskare inom intermodala transporter anser att järnvägen är konkurrenskraftig där avstånden är långa medan det är mycket svårt att konkurrera på de kortare avstånden (Lundberg, 2006; Sommar, 2006). En brytgräns som ofta nämns för vilken intermodala transporter blir lönsamma är 300 km. Denna brytgräns gör att en stor del av det transporterade godset, ca 60 % av det totala transportarbetet, inte kan komma ifråga för intermodala transporter. Järnvägen och intermodala transporter blir således konkurrenskraftig först vid längre avstånd medan huvuddelen av det totala transportarbetet utförs på korta avstånd. En för branschen prioriterad uppgift blir därför att reducera det avstånd där intermodala väg- och järnväglösningar kan bli konkurrenskraftiga, bland annat genom att underlätta hantering av gods och lastbärare i samband med omlastning mellan trafikslagen.

5 Reflektion och återkoppling

En stor del av de åtgärder som diskuteras ovan kan relateras till tillgång på information och möjligheten att förmedla information mellan marknadens aktörer. Genom att studera effekterna av de olika möjliga åtgärderna kan också potentialen i dessa lösningar utvärderas mer systematiskt. Tabell 7, nedan är en sammanfattning av de åtgärder som diskuterats i denna rapport.

Tabell 7 Parametrar för minskad energianvändning i logistiska system och förslag på åtgärdsområden (baserat på McKinnon, 2008)

Parametrar för minskade CO ₂ -utsläpp	Fokusområden	Förslag på åtgärdsområden	Möjliga angreppssätt
<u>Godstransportintensitet</u>	<i>Behovspåverkan</i>	Incitament Information/leveranssäkerhet Behovsstyrd logistik/transport	"E-handel" Restriktioner Samlastning och samordning av transportbehov
<u>Fördelning på trafikslag</u>	<i>Styrning/fördelning</i>	Förtroende mellan aktörerna Transparens Ökad informationstillgång Underlätta val av effektiva transporter (intermodala transportlösningar)	Restriktioner Överlagrade transportnätverk Effektiva gränssnitt Standardiseringar
<u>Nyttjandegrad av fordon</u>	<i>Lastplanering</i>	Ruttoptimering Planering av transportkapacitet Yield management Fyllnadsgrad Tomkörning Returlast	Differentierad prissättning Fleet management Incitamentsprogram Utveckling av effektiva stödsystem Mobilitetslösningar
<u>Energieffektivitet</u>	<i>Effektivisering</i>	Samlastning Samordning Kartläggning/kravtällning kopplat till energieffektivitet	Kalkylprogram för uträkning av energieffektivitet Möjliggöra infrastrukturen RFID/Smart gods

5.1 *Transportintensitet*

Den kanske viktigaste parametern att ta hänsyn till, och den som kanske får störst konsekvenser för de olika aktörernas handlingsutrymme med avseende på energieffektivisering är det som McKinnon benämner transportintensitet (se kapitel 4.4). Förenklat kan transportintensiteten ses som kundernas krav på de transporter som skall utföras vilket ställer krav på transportörerna och vilka tjänster som dessa kommer att kunna erbjuda sina kunder. Traditionellt har denna kommunikation varit begränsad i det att kunderna inte intresserat sig för de olika alternativa lösningar som tillhandahållits och därmed inte fullt ut insett vilka konsekvenser respektive krav har inneburit för transportmarknadens aktörer och de lösningar som hittills använts.

Att påverka behovet av transporter har vi här identifierat som en av de främsta metoderna för att påverka energianvändningen inom transportområdet. För att det skall få effekt krävs olika typer av incitament som får transportköparna att vilja ändra sina rutiner beträffande hanteringen av distribution och transporter.

En stor del av de transporter som genereras är också direkt beroende av de trender som styr tillverkningsindustrins val av underleverantörer samt den ökande internationalisering som styr företagets efterfrågan av produkter och tjänster. De låga tillverkningskostnader som råder i länder som Kina, Indien och andra lågkostnadsländer är ofta utslagsgivande när det gäller valet av tillverkningsland. Vidare är fraktkostnaden för att med båt skicka dessa varor till Europa mycket låg. I slutet av 2008 var priset för att skicka ett kilo gods mellan Kina och Göteborg ca 10 cent vilket i svenska kronor motsvarar knappt 1 kr. För att skicka samma mängd gods mellan Europa och Kina är kostnader än lägre, ca 3 cent, bland annat beroende på den obalans som ligger i flödena mellan Sydostasien och Europa⁴. Priserna gäller dock endast sjötransporten och innefattar därmed inte sista biten ut till kund. För denna del tillkommer ca 3-5000 kr per container beroende på slutdestination. Det är med andra ord inte bara transportavståndet som har betydelse för transporternas kostnadsbild. Möjligheter att pressa kostnader och effektivisera hanteringen av godset ligger istället på faktorer som planerbarhet, konsolidering av gods och möjlighet till storskalig drift.

För att tillgodose en utveckling där skalbarhet och planering kan reducera behovet av energi inom transportsektorn krävs ett informationsutbyte som kan användas för att utveckla dialogen mellan beställare och utförare. Genom att tydligare förmedla budskapet om hur vissa kravställningar påverkar utförandet av transporten får transportköparen möjlighet att vara delaktig i beslut rörande transportens utförande. Det blir också lättare för transportköparen att fatta beslut grundade på fakta rörande den fysiska transporten. Detta innebär också att transporten får förutsättningar att ingå som ett kompletterande underlag då nya produktionsprocesser utformas vilket traditionellt sett inte varit fallet enligt tidigare synsätt.

5.2 *Gränssnitt mellan marknad och logistik*

Genom att öka kommunikationen mellan transportörer och transportköpare kan en tydligare koppling mellan marknadens olika aktörer att skapas. På detta sätt skapas ett tydligt gränssnitt mellan marknad och logistik vilket kan bidra till ett ökat

⁴ Kent Lumsden, 2009

informationsutbyte och därmed en bättre överensstämmelse mellan de tjänster som efterfrågas och de som erbjuds.

Idag ligger fokus på utförarledet, i framtiden skulle ett ökat fokus även på marknaden och transportköparens roll kunna innebära betydande energieffektiviseringar. En stor del av det totala transportarbetet kommer från import av gods i samband med att en allt större andel av komponenter till industrin kommer från leverantörer utanför landets gränser. I och med de betydande kostnadsfördelar som importen innebär är det svårt att påverka den energianvändning som detta innebär. Det går emellertid att påverka framförhållning och planering av de logistiska processer som ligger till grund för dessa godsflöden. Det är också möjligt för involverade aktörer att finna alternativ till den befintliga försörjningen av gods för att å så sätt gå över till mer energieffektiva transportlösningar.

För att beslut angående försörjning all kunna styras så att transporteffektiviteten ökar krävs bättre kommunikation mellan transportör och beställare, framförallt för att beslut skall kunna tas baserat på fullständig information.

5.3 Fördelning mellan trafikslag

En åtgärd som är av stor betydelse för effektiviseringar inom transportindustrin är det sätt på vilket befintlig infrastruktur kan nyttjas och hur de olika trafikslagens potentiella skalfördelar kan nyttjas så effektivt som möjligt. Vi har i denna studie fokuserat på övergången till intermodala transporter, främst överflyttningen mellan väg och järnväg, men det finns också betydande effektiviseringsmöjligheter i samband med överföring mellan andra trafikslag. Speciellt kommer detta sig av möjligheten att lasta större mängder gods på enskilda resurser genom att större och effektivare fordon kan användas. Det senare innebär också att stora fördelar kan fås även genom konsolidering av stora volymer inom samma trafikslag. Energieffektivisering kan ske genom att tillåta större lastbilar, något som dock är mycket kontroversiellt vilket diskuterats på annat ställe i denna rapport.

För att en överflyttning skall kunna ske i större utsträckning krävs bland annat bättre rutiner för informationshantering. Hittills har intermodala operatörer haft svårt att locka till sig gods från renodlade transportlösningar vilket tros bero på att potentiella transportköpare känt osäkerhet beträffande utförande och transportkvalitet. En utveckling av de informationssystem som förmedlar information mellan parterna är därför nödvändig för att öka förtroendet dem emellan.

Även den fysiska tillgängligheten till intermodala transporter är av stor vikt. Detta har bland annat framkommit i Kombiterminalutredningen (Birgersson, SOU 2007:59). Genom att satsa på ett fåtal, noga utvalda terminaler, ökar tillgängligheten till rationella och effektiva transporter i näringslivets tjänst. Detta för att den samlade infrastrukturen och resurserna ska kunna nyttjas mer effektivt.

5.4 Nyttjandegrad av fordon

En viktig del i en övergripande strategi för energieffektiviseringar i transportsektorn är att öka nyttjandegraden av de fordon som används, bland annat genom ökad samlastning och konsolidering av gods.

Bättre resursutnyttjande kan bland annat uppnås genom ökad användning av ruttplaneringsverktyg i de företag som fysiskt transporterar godset och som ansvarar för

att det kommer till sina respektive mottagare. Genom att bättre kunna styra fordonen med avseende på tillgänglig kapacitet, godsunderlag och kundernas geografiska spridning kan dessa utnyttjas effektivare med stora energimässiga och finansiella fördelar som följd.

Ett alternativ som inte diskuterats i detta sammanhang tidigare i denna rapport är möjligheten att differentiera priset på transporten efter framförhållning och behov av flexibilitet, så kallat *yield management*. Denna prismodell är mycket utbredd inom flyget i samband med prissättningen på flygresor och har hittills endast använts för sjötransporter där kravet på konsolidering är mycket stort. Genom att tidigt dela med sig av information beträffande godsets egenskaper, tillgänglighet och speciella krav på hanteringsutrustning kan transportören bättre hantera det gods som skall hanteras. Detta skulle i så fall möjliggöras genom olika typer av incitamentsbaserade åtgärder.

En annan åtgärd är att minimera andelen tomkörning genom en effektivare styrning av de resurser som nyttjas. Detta är dock problematiskt. Som tidigare diskuterats så styrs transportbehovet av kundernas efterfrågan vilket innebär en begränsad möjlighet till drastiska förändringar av godsflödet. Samtidigt så finns det naturliga obalanser att ta hänsyn till vilket påverkar möjligheten att utjämna variationen i transportsystemet negativt. Tillgången på effektiva informationslösningar är här av stor vikt, framför allt då beredskapen att hantera dessa variationer växer och möjligheten att hitta effektiva lösningar ökar.

5.5 Energiintensitet

När en transportlösning är vald återstår en mängd faktorer att ta hänsyn till som påverkar energieffektiviteten. Här tar vi fasta på det som McKinnon beskriver som energiintensiteten, dvs. den energi som krävs för att utföra transporten. Primärt bör en strategi inom detta område inrikta sig på att samordna och samlasta gods men även andra åtgärder kan vara aktuella, som det sätt på vilket fordonet framförs och hur det interagerar med övrig trafik. Detta diskuteras ingående i kommande kapitel (Kapitel 6, Potential för olika lösningar).

De faktorer som brukar diskuteras i dessa sammanhang är bland annat *hastighet* – ökade ledtider, större tidsfönster för leverans och hämtning; *bättre och jämnare flöde*, samt *ökad framkomlighet i stadsmiljö* – undvika täta starter och stopp

För att påverka energiintensiteten krävs främst insatser som antingen reducerar bränsleförbrukningen eller som minskar transportarbetet, dvs. det arbete som krävs för att flytta godset.

Energieffektiviteten som sådan är inte en faktor som kan styras av logistiska processer i större grad utan är mest att se som en bieffekt av de åtgärder som genomförs, exempelvis inom de krav som ställs för transportens genomförande. Däremot kan dessa åtgärder snabbt få effekt på miljön och transporternas miljöpåverkan. Rent praktiskt innebär den, vilket tidigare diskuteras att åtgärder sätts in som reglerar fordonens nyttjande av infrastruktur, till exempel genom att styra trafiken genom att trafikljus åstadkommer ett jämnare flöde och på så sätt minimerar antalet start- och stoppcykler vid trafik i stadsmiljö. Andra åtgärder kan vara en prioritering av godstrafik i likhet med kollektivtrafik.

5.6 Prioritering av områden med störst energi-effektiviseringspotential

Var i transportkedjan åtgärder borde riktas för att uppnå förbättringar i energieffektivitet är ett område som diskuteras av många. När väl områdena är utsedda krävs det också att de rangordnas efter vad som är genomförbart och som har större samhällelig nytta.

I Näringsdepartementets utredning om ett energieffektivare Sverige (SOU 2008) behandlas hur transportsektorn kan uppnå större energieffektivitet. I princip fann utredningen fyra områden inom vilka effektiviseringar kan ske: mindre transporter, överflyttning mellan transportslag, effektivare fordon och effektivare transporter. Samtliga av dessa fyra kan göras tillämpliga inom godstransporter på väg.

- **Minskad efterfrågan på transporter** är knappast något som uppnås med IKT-lösningar utan snarare genom förändringar i beskattning och samhällsbyggnad. En möjlig IKT-lösning kan implementeras i ett förslag som lagts fram av EU (2008), nämligen differentierade vägavgifter med avseende på godstransporternas effektivitet.
- **Överflyttning av gods** till andra transportslag är en möjlighet som återkommer i debatten. I genomgången av möjligheter (SOU, 2008) framkommer att vissa anser att de fyra trafikslagen kompletterar varandra och att de alla behövs. Trots att energianvändningen mellan dem varierar stort anser vissa bedömare att transportslagen har funnit sina nischer och att godsslagen i huvudsak redan transporteras på ett lämpligt sätt. Blinge och Svensson (2005) menar att åtgärdens effektivitet är beroende av mellan vilka transportslag byte sker och att tradition och vanehandlande i stor utsträckning styr valet.
- **Effektivare fordon** kan bidra till energieffektivare godstransporter, bla. genom lägre vikt och rullmotstånd samt effektivare drivlina. Plug-in hybrider är ett exempel som redan nu är verklighet. Volvo har lanserat en lastbil (totalvikt 32 ton) med elhybridsteknik. Beroende på applikation i stadstrafik kan bränslebesparingar om 15–30 % uppnås (Volvo, 2009).
- **Effektiva transporter** har i huvudsak redan avhandlats tidigare i rapportern, där ruttplanering och -optimering är den vanligaste förekommande åtgärden. den återstående besparingspotentialen uppgår enligt en källa till ca 1 % (SOU, 2008). Positioneringssystem kan också bidra till att mer tid finns för trafikledare att tänka på ruttoptimering istället för att lokalisera lediga bilar. Färdiga lösningar för ruttoptimering uppskattas bidra till att körda fordonskilometer kan reduceras med 5–10 %.

Samlastning av gods i stadstrafik har testats i många städer där projekt startats. Slutsats av utvärderingar gör gällande att det är svårt att få samlastning att fungera friktionsfritt (WSP, 2009). Exempel på samlastning har uppvisat minskning av körda fordonskilometer med 20–50 %, men för att det skall fungera krävs tydliga drivkrafter och kommunal assistans (Blinge och Svensson, 2006).

Lastbilar i trafik har även en tendens till att vara överdimensionerade i termer av motorstyrka för de transportuppgifter de utför. Enligt VTI (2009) leder denna överdimensionering till en förhöjd bränsleförbrukning om ca 10 %. Uppgifterna bygger dock på en undersökning från slutet av 1980-talet, men det finns inget som tyder på att detta specifika förhållande har förändrats sedan dess. Detta innebär att det sannolikt finns en överkapacitet på befintlig lastbilsflotta i Sverige som måste ses som en resurstillgång. Användandet av tillgängliga resurser är enligt Blinge och Svensson (2006) det snabbaste sättet till miljöförbättringar.

Av kategorierna ovan finns det exempel som är mer eller mindre lämpade att utrusta med IKT-lösning. I sammanhanget är det därför viktigt att önskvärda förändringar belyses för att sedan undersöka möjligheterna att tillämpa IKT som alternativ till manuell. Det bör poängteras att planerade IKT-åtgärders effektivitet är svårbedömd. Som tidigare nämnts är exempelvis manuell ruttplanering effektiv genom trafikledarnas yrkeserfarenhet. Dessutom finns det endast ett fåtal vetenskapliga utvärderingar gjorda.

Hur dessa exempel på effektiviseringar bör prioriteras är en fråga om vad som är möjligt för varje enskilt aktör. Varje procent av nuvarande energianvändning som kan minskas är välkommet, särskilt eftersom det är summan av många åtgärder som utgör den verkligt stora potentialen på kort och medellång sikt.

6 Potential för olika lösningar

I föregående avsnitt har behovet av energieffektivisering diskuterats, liksom att IKT-lösningar har potential att öka energieffektivisering för godstransporter. Exakt hur stor energibesparing olika åtgärder kan ge upphov till är helt beroende på hur en viss godsmängd transporters med avseende på bla. fordonstyp, fordonsstorlek, hastighet, rutt och lastgrad. Samtliga av dessa faktorer kan i sin tur styras med IKT.

I detta avsnitt utvärderas olika åtgärder som kan tänkas implementeras med syftet att effektivisera godstransporter på väg. Ett antal förutsättningar gäller för de resulterande scenarierna:

- Transportbehovet är konstant oavsett åtgärd. Scenarierna bygger på att samma transportarbete utförs.
- Typsträckor och körmonster är uppskattningar. Gällande hur fordonen framförs, som har betydelse för emissioner av växthusgaser, används emissionsmodellen ARTEMIS. För att uppskatta emissionsfaktorer har typiska körmonster i Sverige använts för olika fordonstyper.
- Analyserna är förutsättningslösa gällande fysiska restriktioner. Här avses exempelvis att alla förekommande godsfordon har tillträda till alla områden i en stad och att utrymme finns för lastning/lossning och manövrering. Rimlighet för detta och omställningstid, påverkan på aktörer osv. beaktas inte.
- Endast dieseldrivna tyngre fordon medtas i scenarierna.

6.1 Energibesparande åtgärder: fjärrtransporter och godsdistribution

I följande avsnitt behandlas energieffektiviserande åtgärder för fjärrtransporter och distribution i och omkring tätort.

Fjärrtransporter: effekt av lastgrad, hastighet och fordonstyp

Det som är typiskt för fjärrtransporter kontra andra typer av transporter är transportens längd. I och med att antalet fordonskilometer ökar blir kraven på samordning och lastningsgrad högre vilket även påverkar val och betydelse av informationssystem. Vi antar här att vi har tillgång till information som kan öka fyllnadsgraden i de fordon som används och att detta kan ge upphov till en effektivare transport av gods.

Ökad lastfaktor

En svensk långtradare med släp i fjärrtrafik med totalvikten 60 ton och lastkapacitet 40 ton antas ha en lastfaktor om 85 %. Medelhastigheten för transporten, som utförs på motorväg, är 85 km/h. Effekt på CO₂-emission av att införa åtgärd som ökar lastfaktor med 1 % framgår av Tabell 8 nedan.

Tabell 8. Emission och förändring i emission av CO₂ vid ökning av lastfaktor med 1 % (Svensk långträdare med maxvikt 60 ton)

Lastfaktor	g CO ₂ /km	g CO ₂ /tonkm	Förändring g CO ₂ /km	Förändring g CO ₂ /tonkm
0,85	993	29,2	+ 0,40 %	- 0,68 %
0,86	997	29,0		
0,95	1033	27,2	+ 4,0 %	- 6,9 %
1	1053	26,35	+ 6,0 %	- 9,8 %

Vilket kan ses i tabellen så genererar en ökning av fyllnadsgraden med en procent en ökning av energianvändningen med 0,4 procent, dock blir motsvarande mängd energi fördelat på trafikarbete en minskning på 0,7 procent vilket tydligt visar sambandet mellan ökad fyllnadsgrad och energianvändning. För en sträcka på 600 km innebär således varje procent i ökad fyllnadsgrad en besparing på måttliga 1 liter diesel. Detta står att jämföra med de potentiella besparingar som kan åstadkommas genom att reducera antalet fordonskilometer och där varje liter bränsle räcker till ca 2,5 km.

Med i beräkningen finns heller inte effekten som relaterar till att en del av transportbehovet koncentreras till ett färre antal fordon. Med detta menas den del av det totala godsflödet som inte längre belastar övriga fordon, dvs. varje procent ökad fyllnadsgrad innebär ett steg mot ett avvecklande av nästkommande resurs. Det finns således stora möjligheter att reducera det totala resursbehovet i och med att de resurser som verkligen används kan användas effektivare.

Förändring av hastighet

Under längre transporter har val av hastighet potential att minska bränsleförbrukning och därmed energianvändning. För tunga lastbilar med totalvikt över 12 ton skall sedan 1992 vara utrustade med hastighetsregulator för att begränsa maximal hastighet. Högsta tillåtna hastighet för tunga lastbilar är 80 km/h till 80 km/h. Hastighetsregulatorer är obligatorisk utrustning i tunga lastbilar och är från fabriken inställda på en maximal hastighet på 89 km/h (Kågesson, 2007) vilket ger förare möjligt till hastighetsöverträdelse. Vissa åkerier har självmant sänkt regulatorerna till 80 km/h under förevändning att den tidsförlust som blir följden av lägre hastighet vinnns på mindre tid för underhåll och lägre bränslekostnader. Kågesson (2007) föreslår därför att en lägre maximal hastighet för regulatorerna (80 km/h) kan göras till ett upphandlingskrav.

Effekten av att sänka regulatorns maximala hastighet har undersökts av Hammarström och Yahya (2007). I studien ingick 17 tunga lastbilar där maxhastigheten ändrades från 89 km/h (föresituation) till 85 km/h (eftersituation). De två scenarierna jämförde sedan där ändringarna var garanterade. Uppgifter om tankad bränslemängd och mätarställning insamlades för de lastbilar som ingick i studien, både före och efter omställningen. De huvudsakliga resultaten av undersökningen var att bränsleförbrukningen ökade vid en sänkning av regulatorhastigheten i motsats vad man kan vänta sig. Förklaringen till detta är att hastigheten inte nödvändigtvis sänks av åtgärden, och därmed inte heller bränsleförbrukningen. Bara i miljöer där hastighetssänkning sammanfaller med

motordrivning (dvs. ej i nedförslut) kan en minskning förväntas och de tillfällena var av för liten betydelse för att ge genomslag i studien.

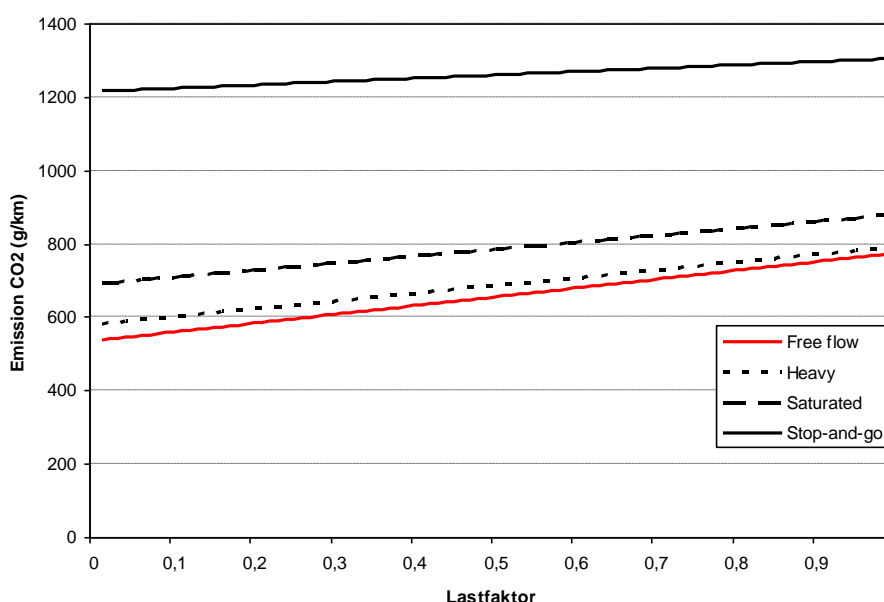
I jämförelse med mätresultaten visade datorsimuleringar att en hastighetssänkning om 5 km/h i de allra flesta fall ger en reducerad bränsleförbrukning. Av intresse är även att denna reduktion minskar med ökande lastfaktor. I genomsnitt kan en minskning i bränsleförbrukning om 1 % väntas utifrån hur trafikarbetet för en lastbil fördelas på vägtyp och hastighetsgräns.

Distributionstransporter: effekt av tidpunkt för leverans, fordonsval och lastgrad

Tid för leverans

Effekt av vilken miljö ett godsfordon färdas i är av stor betydelse för både bränsleanvändning och emission av hälsovådliga ämnen. I ARTEMIS finns möjligheten att variera trafiksituation: freeflow, heavy, congested samt stop-and-go. Dessa nivåer kan likställas med olika grader av service på ett vägnät. De kan också simulera en viss tidpunkt på dygnet om det accepteras att free flow (fritt trafikflöde) motsvarar vad som kan uppnås nattetid, och att stop-and-go är motsatsen till det.

Med detta som utgångspunkt kan effekten av att förlägga distributionstransporter till olika tidpunkter kan vissa antaganden göras. *Free flow* kan likställas med trafik nattetid då övrig trafik inte utgör något hinder för framkomligheten. Vid tilltagande trafikflöde (*heavy, congested* samt *stop-and-go*) är trafiksituationen mer lik den som kan antas förekomma dagtid (Figur 12).



Figur 12. Emission av CO₂ vid olika trafiksituationer för en distributionslastbil (12–14 ton) i stadstrafik och vid olika lastfaktorer.

Den genomsnittliga lastfaktorn för en distributionsbil i stadstrafik antas här vara ca 0,45. Ur Figur 12 kan det utläsas att *stop-and-go* är den överlägset sämsta trafiksituationen ur ett emissionsperspektiv. Däremot är skillnaden mellan de övriga trafiksituationerna (*free flow, heavy, congested*) väsentligt mindre. Innebörden av detta är att insatser bör

koncentreras till att undvika episoder med trafiksituationen *stop-and-go*, snarare än att göra förbättringar mellan exempelvis mättad trafik (*saturated*) till fritt trafikflöde (*free flow*). Den stora vinsten ligger alltså inte i att förlägga distributionstrafik till nattetid för att uppnå *free flow*, utan att undvika *stop-and-go*. Hjälpsystem som bygger på andra parametrar än vad som nu är tillgängligt, exempelvis realtidsinformation om trafikflöde och ruttplanering därefter.

Vidare kan det påpekas att effekten med att undvika *stop-and-go* kan likställas med gröna vågen, dvs. avsaknad av rödlys. Reglering av trafikljus, vilket i hög grad är kan göras till IKT-tillämpning, kan därmed medföra stora energibesparingar.

Fordonsval

Fordonsval för distributionstrafik i städer är ytterligare ett område där det sannolikt finns energibesparingspotential. Till distributionstrafikens natur hör att trafiken oftast sker i slinga. Från omlastningsterminal rör sig nära nog fullastade distributionsbilar (maximal lastfaktor ca 0,9) för att sedan avlasta gods hos kunder längs slingan på väg tillbaka till terminalen. Den genomsnittliga lastfaktorn för en sådan slinga uppgår därför till ca 0,45. Mindre fordon används traditionellt för deras smidighet, samt på grund av att många leverantörer kan fylla en mindre bil för sina leveranser (bröd, frukt etc.)

Om faktorer som tid för leverans (tidsfönster) ändras är det intressant att undersöka vad effekt av att byta mindre distributionsfordon till större fordon som är färre till antalet. En sådan undersökning skulle alltså ha bäring mot vilken potential det finns i att få kunder att ändra sitt beteende. Beaktanden om att ändra fordonsflottan bortser från fysiska begränsningar av fordonslängd etc.

Ett enkelt räkneexempel är att där den minsta möjliga distributionsbilen (<7,5 ton) jämförs med en den största långtradaren med europeiska mått mätt. Den förra har en ungefärlig lastkapacitet om 5 ton, medan den senare har en lastkapacitet om 26 ton, dvs. en lastkapacitet som är fem gånger större. Om fem små distributionsbilar från olika leverantörer tillryggalägger samma sträcka som en stor för att leverera samma godsmängd blir skillnaden (med lastfaktor 0,45) relativt stor: fem mindre distributionsbilar emitterar sammanlagt 1,61 kg CO₂/km medan en stor lastbil utför samma transportarbete med 0,96 kg CO₂/km. Detta motsvarar en bränslebesparing om närmare 70 %.

De praktiska hindren för denna överflyttning till större fordon är uppenbara. Däremot visar exemplet att det finns stor potential i samordning av varutransporter. Ett ytterligare alternativ är att använda körfält avsedda för kollektivtrafik (taxi, buss, spårvagn) till stora distributionslastbilar så att dessa relativt energieffektiva lastbilar kan tränga in så långt som möjligt i staden.

6.2 Åtgärdernas utfall hos transportaktörer

Ovan redovisades teoretiska exempel av att genomföra åtgärder med syfte att spara energi. Sannolikt är åtgärdernas effektivitet i praktiken i närheten av den teoretiska potentialen. Det som dock utgör hindren för effektivare godstransporter är utövarnas vilja och möjlighet att genomföra åtgärderna, vilket alltså kan vara avgörande. För att undersöka hur väl teoretiska besparingspotentialer stämmer överens med verkliga

möjligheter intervjuades ett antal utövare av godstransporter (Sveriges Åkeriföretag samt Volvo AB).

6.3 Realiserbarhet - teoretiskt framlagda argument kontra praktisk genomförbarhet

Sammantaget kan det sägas att realiserbarheten för dessa framlagda förslag med teoretisk grund, kontra deras praktiska genomförbarhet, är relativt god. För ett antal av dessa gäller att arbete bland transportörer redan pågår, i den mån åtgärdernas genomförbarhet enbart är avhängiga transportörernas medverkan (hastighet, lastfaktor). För övriga åtgärder kan myndigheters roll bli mer utpräglad. Fallet med ett optimerat trafikflöde som begränsar trafiksituationen stop-and-go genom bättre styrning av bland annat trafikljus är ett exempel på detta.

Till vilken grad dessa åtgärder kan implementeras kräver mer utredning. En sådan utredning bör inledas med en mer genomgripande kartläggning av transportörers arbete med dessa frågor. En sådan kartläggning ger också besked om hur mycket arbete som återstår för att optimera godstransporterna avseende *lastfaktor*, *hastighet*, *tidsfönster* och *fordonsflotta*.

7 Förslag till framtida studier

Syftet med denna rapport har varit att belysa rollen av IKT och ökad tillgång på information inom logistik- och transportområdet. Vi har behandlat både den ökade tillgången på information och en del av de informationslösningar som är aktuella inom dessa system. I synnerhet har de lösningar där energieffektiviseringspotentialen värderats som störst studerats, i första hand kvalitativt, men även i detalj med hjälp av emissionsmodellen ARTEMIS. Det har kunnat konstateras att insatserna inom informationsområdet till stor del går att hänföra till en övergripande informationsdelnings- och kommunikationsnivå. För att konkret kunna visa på reella resultat krävs att beräkningar görs avseende nyttjande av infrastruktur och fordon.

Det har i rapporten speciellt framhållits att det finns ett flertal positiva effekter som uppnås när social, ekonomisk och miljömässig hållbarhet kan kombineras. På så sätt leder detta till en lösning som är både samhälleligt och företagsekonomiskt gynnsam. Detta står att finna inom alla de tre områden vi som tagits upp i denna rapport: trafik, transport och logistik.

7.1 Åtgärder för effektiva transporter

Den största potentialen för energibesparingar antas finnas inom trafikområdet. Speciellt gäller detta kopplingen till hur fordonen utnyttjas, antalet fordonskilometer som tillryggaläggs och vilken bränsleförbrukning som respektive fordon har. Den allra enklaste åtgärden innebär att fordonens medelhastighet sänks. I första hand bör lagstadgade hastigheter hållas, resultaten visar dock tydligt på att ytterligare sänkta hastigheter ger effekter som är svåra att uppnå genom andra typer av åtgärder. För transportsystemet i sin helhet innebär sänkta hastigheter att ledtiderna för transport kommer att öka. Det är således inget beslut som de enskilda operatörerna kan fatta oberoende av kunden och dennes preferenser. Det finns en betydande risk att kunden vänder sig till en konkurrent som erbjuder en för kunden mer lämplig lösning. En gemensam förståelse för de åtgärder som krävs för förändring är därmed av stor betydelse. Kundernas, dvs. transportköparnas, preferenser och framtida krav måste förändras på ett sådant sätt att transportörernas frihetsgrad ökar så att effektiviteten i transportsystemet kan höjas.

Generellt gäller att trafikslag med högre lastkapacitet, där stordriftsfördelarna innebär att stora mängder gods kan flyttas på samma gång, är mer fördelaktiga ur ett energiperspektiv. För landbaserade transporter gäller att intermodala transporter och renodlade tågtransporter är energimässigt fördelaktiga för sträckor över en viss brytpunkt. Denna brytpunkt är i sin tur beroende av en mängd faktorer vilka går att påverka på olika sätt, bland annat genom effektivare transporthantering och logistik.

Beträffande logistiska aspekter ligger en stor del av potentialen i att få möjlighet att bättre planera de insatser som görs. Med bättre tillgång på information ökar möjligheten till att bättre styra de insatser som görs och den fysiska hanteringen av godset. På så sätt kan ökad användning av IKT leda till ökad grad av bättre möjlighet till koordination av transportbehovet, samlastning och därmed effektivare hantering. En samordning av godset skapar även förutsättningar för att använda större fordon vilket resulterar i lägre emissioner och effektiva transporter med avseende på energianvändning. Inte minst gäller detta för möjligheten att använda alternativa trafikslag, t ex intermodala

transporter, som generellt kräver bättre administrativa rutiner och framförhållning i de logistiska processerna.

En stor del av transportörernas konkurrenskraft består i att ha ett kundunderlag som medger en god flödesbalans, dvs. tillräckliga godsmängder i båda riktningar mellan två städer eller geografiska områden. Speciellt gäller detta för långväga transporter där stora mängder gods krävs för att uppnå lönsamhet och effektivitet.

7.2 Fortsatt forskning

I denna undersökning har det framkommit att en uppdelning av godstransporter på korta och långa avstånd är lämplig beroende på olika typer av åtgärder för energieffektivisering. Vissa av de åtgärder som här omnämnts är spekulativa till sin natur och ger egentligen inte information om de är genomförbara i en sådan utsträckning att de verkligen ger energibesparingar i det fall de implementeras. Detta innebär att potential till energibesparing inte är likställt med garanterad energibesparing. Det är de garanterade besparingarna som sannolikt kommer att efterfrågas i förtas hand och som därmed är de mest kostnadseffektiva. Utifrån detta resonemang utkristalliseras ett antal förslag till vidare studier. Samtliga förslag syftar till att nå fram till kvantitativa resultat, dvs. precisa *besparingspotentialer* som kan jämföras med *investeringskostnader*.

Förslag om studier av allmän karaktär:

I detta arbete har ett antal hypoteser förts fram beträffande möjligheten att med hjälp av IKT effektivisera de processer som leder till energieffektiva transporter. Vi har bland annat presenterat en modell för hur ökad tillgång på information skulle kunna leda till att färre fysiska resurser används då de befintliga resurser kan användas på ett effektivare sätt än vad som görs idag. Exempel på detta är möjligheten att bättre koordinera fordon och arbetskraft i ett transportnätverk och att använda den fria kapacitet som trots allt finns i dagens transportlösningar.

Möjligheterna med IKT är flera. Genom att bättre kunskap om godsflödena skulle valet av trafikslag kunna göras på ett mer strukturerat sätt än vad som görs idag. På så sätt finns det en möjlighet att öppna upp möjligheten att effektivt styra godset mot lösningar där de fysiska resursernas kapacitet kan nyttjas till fullo, exempelvis för att öka nyttjandet av intermodala transporter. Mer specifikt skulle detta kunna knytas till de planeringssystem som berörs i rapporten: transporthanteringssystem (TMS), lagerhanteringssystem (WMS) och optimeringssystem (APS, ERP), och de förutsättningar som finns för dessa att bidra till ett mer effektivt resursutnyttjande.

Forskningsfrågan är i detta fall på vilket sätt dessa olika systemlösningar har förutsättningar att bidra till en mer medveten process. I denna beslutsprocess skulle de olika aktörerna i så fall få möjlighet att ta beslut utifrån ett mer omfattande underlag än vad som sker idag.

Det finns också ett informationsbehov av mer konkret karaktär kopplat till aktörer inom transportindustrin. Endast ett fåtal studier har gjorts beträffande transportköparnas och transportörernas uppfattningar angående energieffektiviseringar av godstransporter. Det finns därmed ett stort behov av att genomföra djupintervjuer bland transportkedjans olika aktörer för att lyfta fram värderingar, möjligheter och de åtgärder som man har förutsättningar för och är beredd att genomföra. I denna undersökning har det

framkommit att det är svårt att avgöra var i transportkedjan, eller bland vilka utförare ett fullt energieffektivt godstransportsystem hindras. Denna fundamentala fråga kan besvaras genom intervjuer med olika yrkesgrupper som ställs inför samma frågor. Påfunna skillnader ger troligen en indikation på var fortsatt arbete bör fokuseras. Bland annat kan trafikledare inte se så stor potential eftersom de utför planering, medan andra, t ex logistikansvarig, kan anse att det finns stor potential på just detta område.

Ur ett vidare perspektiv finns även andra faktorer att ta hänsyn till såsom arbetsmiljö och fysisk hantering i terminalerna. Därför finns det även behov av att klarlägga på vilket sätt en mer utbredd användning av IKT inom godstransporter på väg kan komma att påverka faktorer som relaterar till det manuella arbetet i terminaler och den arbetsmiljö som detta skapar. Inte minst gäller detta vid implementering av de tekniska innovationer och IT-verktyg som finns tillgängliga för att automatisera identifiering och hantering av gods i samband med lastning, lossning och sortering.

Vidare skapar denna hantering förutsättningar för ändrade rutiner och ger därmed också en möjlighet att ändra det traditionella upplägg som normalt kännetecknar arbetet inom transportbranschen. Det finns en del studier på detta ämne, bland annat i samband med identifiering och spårbarhet och RFID-teknikens möjligheter. Vad som är effektivt ur ett energiperspektiv är dock outforskat då tidigare forskning främst fokuserat på teknologins möjligheter snarare än de samband som finns mellan fysisk hantering och logistik- och transportertjänsternas upplägg.

En del av denna rapport har utgjorts av en analys av fordonens framförande och påverkan från chaufförens körstil. En hypotes som framkommit under projektets gång i samband med de beräkningar som genomförts är den att stora delar av den svenska fordonsflottan är övermotoriserad, dvs. en stor del av de fordon som är i trafik skulle klara sig med mindre, mer effektiva motorer i dragbilarna.

För att ta fram underlag för att komma till huruvida denna hypotes stämmer eller ej finns ett behov av en inventering av företagens fordonsflottor avseende fordonens motorstyrka relationen till det transportarbete som utförs. Syftet med denna tänkta studie skulle vara att undersöka möjligheterna att använda rätt fordon till rätt transport för att på så sätt uppnå energibesparing.

En fråga som är kontroversiell och som delar stora delar av forskarkåren är vilken effekt som skulle fås om längre lastbilar än de som tillåts idag skulle användas för långa och medellånga transporter. En fråga skulle därmed vara vilka effekter som skulle fås av att tillåta längre ekipage och då också på vilket sätt IKT kan användas vid omlastningscentraler och på strategiskt viktiga punkter. Med tanke på att de längre lastbilarna av många aktörer ofta framställs som en möjlig väg att öka energieffektivitet för godstransporter är det naturligt att ta fram ett underlag som antingen bekräftar eller dementerar dessa teorier.

Även andra åtgärder som föreslås i denna rapport och i övriga litteratur kan undersökas i större detalj i syfte att hitta felaktigheter innan investeringar inleds.

Det har på flera ställen i denna undersökning rapporteras om de effekter som uppkommer när trafiken inte flyter optimalt. Speciellt i stadsmiljö och vid distributionstrafik har detta stor betydelse för energianvändningen och utgör en

betydande del av den totala potential som finns beträffande energieffektiviseringen av transporter.

Som ett komplement till de åtgärder som redan utförs i samband med förarutbildning och anpassning av fordon ligger också en stor potential i de informationslösningar som finns för planering och ruttning av fordon. Detta gäller såväl de tider för vilka fordonen skall trafikera vägnätet som hur dessa fordon skall styras med avseende på hastighet och vägval. Av denna anledning föreslås en undersökning av de möjligheter som finns att genom effektivare styrning, med hjälp av IKT, skapa ett jämnare trafikflöde.

Här kan ett antal olika lösningar undersökas:

Distributionstrafik skulle exempelvis kunna ges samma prioritet som kollektivtrafik vid trafiksignaler och utnyttja samma körfält. Försök har till exempel gjorts med att tillåta distributionstrafik i kollektivtrafikfilerna. Andra alternativ är att använda sig av någon form av kommunikationssystem som klarar av att prioritera godstrafiken så att denna tillåts flyta istället för att idag fastna i övrig trafik.

Det finns även lösningar som riktar sig mot planering av fordonsstyrning vilka medger att trafik för distributionstrafik styrs på ett sätt som ger lägst bränsleförbrukning, dvs. undvika trafiksituationer som innebär stop-and-go, snarare än att ruttplanera längs den kortaste vägsträckan. Effekterna av denna typ av lösningar är ännu förhållandevis okända och bör därför vara en möjlig väg att gå för den fortsatta forskningen inom området.

8 Referenser

- Blinge M och Svensson Å (2006): Sammanställning av praktiska och teoretiska exempel. CPM rapport 2006:5. tillgänglig 2009-03-11 på http://www.cpm.chalmers.se/document/reports/06/CPM_Report%202006_5%20Miljöåtgärder%20för%20godstransporter.pdf.
- SIKA (2005): Prognoser för person- och godstransporter år 2020. Rapport 2005:10.
- EU (2006): Godslogistik i Europa – nyckeln till hållbar rörlighet. KOM 336. tillgänglig 2009-01-21 på http://eur-lex.europa.eu/Result.do?T1=V5&T2=2006&T3=336&RechType=RECH_naturel&Submit=S%C3%B6k.
- EU (2007): Freight logistics action plan. COM 607.
- EU (2006): Godslogistik i Europa – nyckeln till hållbar rörlighet. KOM 336. tillgänglig 2009-01-21 på http://eur-lex.europa.eu/Result.do?T1=V5&T2=2006&T3=336&RechType=RECH_naturel&Submit=S%C3%B6k.
- EU (2007): Freight logistics action plan. COM 607.
- EU (2008b): Impact assessment. COM 3083.
- EU (2008a): Action plan for the deployment of intelligent transport systems in Europe
- Eurostat (2007): Panorama of Transport. Eurostat Statistical Books, ISSN: 1725-275X
- Hammarström U och Yahya M-R (2006): Hastighetsregulator och bränsleförbrukning för tunga lastbilar med släp – försök med sänkning av maximal inställd hastighet från 89 till 85 km/h. VTI notat 32-2006. Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping. 41 pp.
- Hellström, Daniel (2007) On interactions between Packaging and Logistics - Exploring implications of technological developments. Doktorsavhandling Lunds Universitet, Gruppen för förpackningslogistik, Lund.
- INREGIA, Överföring av godstransporter från lastbil till järnväg - Hinder, möjligheter och potential, 2000 (på uppdrag av Miljömålskommittén)
- Johansson, Mats m.fl. Chalmers Tekniska Högskola, Per-Olof Bremer, Linköpings universitet, 2000, En hög transportkvalitet för näringslivet (på uppdrag av SIKA).
- IVA (2002): Energianvändning i transportsektorn – en faktarapport inom IVA-projektet *Energiframsyn Sverige i Europa*. Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, 24 pp. Tillgänglig 2009-01-23 på <http://www.iva.se/upload/Verksamhet/Projekt/Energiframsyn/Transport%20komplett3.pdf>.

- Kågesson (2007): Energieffektivisering i den svenska vägtransportsektorn. Tillgänglig 2009-03-06 (www.sou.gov.se)
- Lundberg, Sofia (2006): Godskunders värderingar av faktorer som har betydelse på transportmarknaden, Licentiatavhandling, Avdelningen för Trafik och logistik, KTH, Stockholm
- McKinnon, Alan. (2008) Föreläsning, CHAMPS, Chalmers Advanced Management Programs. Göteborg 23 januari.
- SCB (2008): Indikatorer för hållbar utveckling – lastbilstransporter. Tillgänglig 2009-01-23 på http://www.h.scb.se/scb/bor/scbboju/hut06/skal/index_3b.htm.
- SIKA (2005a): Prognoser för person- och godstransporter år 2020. Rapport 2005:10.
- SIKA (2005b): Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2005. Tillgänglig 2009-01-22 på http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/2006/År%202005%20-%20Tabell%201-18_korrigerad_tab2.xls
- SIKA (2008): Transportarbetets utveckling 1970–2007. Tillgänglig 2009-01-26 på http://www.sika-institute.se/Templates/Page_1331.aspx.
- SOU (2007). Statens offentliga utredningar (2007), SOU 2007:59, ” Strategiska godsnoder i det svenska transportsystemet - ett framtidsperspektiv Betänkande av Hamnstrategiutredningen. Stockholm
- SOU (2008). Statens offentliga utredningar (2008), SOU 2008:25, ”Ett energieffektivare Sverige”, Delbetänkande av Energieffektiviseringsutredningen. Stockholm
- Stefansson (2004) Collaborative logistics management : the role of third-party service providers and the enabling information systems architecture. Doktorsavhandling, Institutionen för logistik och transport, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.
- Transportøkonomisk institutt, TØI rapport 447/1999, Inger Beate Hovi m.fl., Konkurransflater i godstransport och intermodale transporter.
- Volvo (2009): Informationsblad om Volvo FE med elhybdriteknik. Tillgänglig 2009-03-12 på http://www.volvo.com/NR/rdonlyres/984C6F6A-3721-479C-BC5A-8D210307CB29/0/Hybrid_SE_Printable.pdf
- WSP Analys & Strategi, Charlotta Höök m.fl., Järnvägens möjligheter i transportsystemet – ur ett kundperspektiv, 2007-04-18.
- VTI (2007): Godstransporter i samhället – GODIS. Ett temaprojekt vid VTI. VTI notat 12-2007.
- VTI (2007): Godstransporter i samhället – GODIS. Ett temaprojekt vid VTI. VTI notat 12-2007.

VTI (2007): Långa lastbilars effekter på transportsystemet. Delredovisning 2007-06-15. tillgänglig 2009-01-22 på <http://www.vti.se/7477.epibrw>.

VTI (2008): Långa och tunga lastbilars effekter på transportsystemet. Redovisning av regeringsuppdrag. VTI rapport 605. Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping. 71 pp.

Vägverket (2000): Sverige behöver bättre trafiksignaler. Tillgänglig 2009-03-06 på http://publikationswebbutik.vv.se/upload/2532/2000_28_sverige_behover_bättre_trafiksignaler.pdf.

Vägverket (2009): BWIM-mätningar 2008: sammanfattning. Publiaktion 2009:25, Vägverket. 15 pp.

Vägverket (2007): Klimatneutrala godstransporter – en vetenskaplig förstudie. Vägverket publikation 2007:11. 27 pp.

Muntlig kommunikation

VTI (2009): Samtal med Ulf Hammarström om överdimensionerade motorer 2009-03-12. Statens väg- och transportforskningsinstitut.

Moen (2009) Samtal med Olof Moen på WSP angående Ruttoptimering och mjukvara. WSP Analys och Strategi, Göteborg

Denna studie är finansierad av:



Och är genomförd av

CHALMERS

Avdelningen för logistik och transport

i samarbete med



WSP Analys & Strategi