



Järnvägsgruppen

***Effektiva tågssystem för godstransporter
- Underlagsrapport -***

Konkurrenskraftiga kombitransportsystem

Bo-Lennart Nelldal

Peter Bark

Jakob Wajsman

Gerhard Troche

KTH Järnvägsgruppen

Rapport 0513

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	11
1.1	Bakgrund	11
2	Kombitransporternas utveckling	13
2.1	Bakgrund	13
2.2	Utvecklingen fram till i dag.....	13
2.3	Kombitransporternas omfattning 2004.....	16
2.4	Kombitransporternas struktur.....	16
3	Kombitrafikens förutsättningar	25
3.1	Kundkrav och marknader	25
3.2	Intermodalitet och tillgänglighet	29
3.3	Ekonomiska förutsättningar	33
4	Olika typer av kombitrafik	39
4.1	Konventionell kombitrafik	39
4.2	Storskaliga system.....	41
4.3	Småskaliga system	42
4.4	Vagnslastbaserade system	44
4.5	Lastbilsbaserade system	46
5	Lastbärare och hanteringsteknik.....	51
5.1	Standardiserade lastbärare.....	51
5.2	Stora enhetslaster.....	57
5.3	Minicontainrar	58
5.4	Hanteringsteknik	60
5.5	Helautomatiska terminaler	65
6	Vagnar och tågkoncept.....	69
6.1	Konventionella tågsystem	69
6.2	Nya tågsystem	76
7	Utvärdering av effektiva tågsystem.....	77
7.1	Ekonomisk utvärdering av effektiva tågsystem	77
8	Potential för kombitrafik	81
8.1	Lättkombi	81
8.2	Hamnkombi.....	84
8.3	Prognoser för olika scenarier.....	88
9	Slutsatser	93
9.1	Strategiska utvecklingsfaktorer	93

9.2	Fortsatt forskning och utveckling.....	99
9.3	Sammanfattning	100

Förord

Effektiva tågssystem för godstrafik är en tvärvetenskaplig studie som genomförts av Järnvägsgruppen KTH och som har finansierats av Banverket, KFB/Vinnova och SJ Gods/Green Cargo. Denna studie har huvudsakligen genomförts under år 2000-2003. Projektet har genomförts som ett tvärvetenskapligt projekt med huvudsakligen seniora forskare vid olika institutioner på KTH och i samarbete med experter även utanför KTH. Projektledare har varit adj. professor Bo-Lennart Nelldal vid avd. för trafik och logistik.

Detta är en underlagsrapport om kombitrafik. Delprojektledare för kombitrafik har varit professor Evert Andersson vid avd. för järnvägsteknik. Denna rapport har sammanställts av Bo-Lennart Nelldal (KTH) med underlag från Peter Bark (TfK), Jakob Wajsman (Banverket) och Gerhard Troche (KTH).

Stockholm 2005-12-01

Bo-Lennart Nelldal
Adj. professor

Sammanfattning

Järnvägen i Europa har förlorat marknadsandelar på en expanderande marknad – nästan all ökning har tagits av lastbilen. Det gäller såväl högvärdigt som lågvärdigt gods. EU har förslagit ett antal åtgärder för att avreglera järnvägsmarknaden men dessa har hittills bara genomförts i begränsad utsträckning. Det viktigaste på kort sikt är att avregleringen verkligen genomförs. Det är i första hand frågan om politik och organisation och inte om teknik.

När detta är genomfört måste även järnvägen utveckla produkter, trafiksystem och teknik som medger högre kvalitet och lägre transportkostnader för att få en högre marknadsandel. Syftet med detta projekt har varit att ta fram utvecklingsmöjligheter i ett långsiktigt perspektiv. Utgångspunkten har varit kundkraven på olika delmarknader å ena sidan och utvecklingsmöjligheterna av utbudet för järnvägen och i kombination med andra transportmedel å andra sidan.

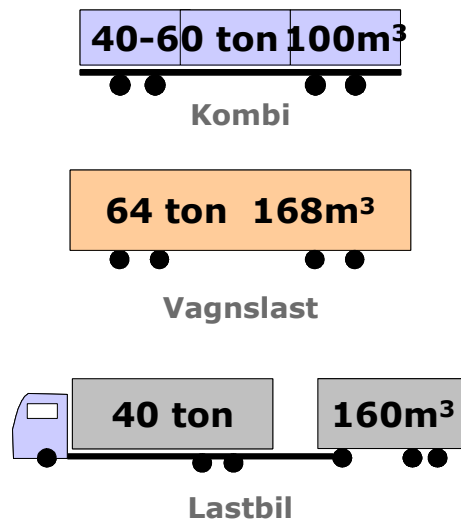
Ofta har stora förhoppningar ställts till att kombitrafiken skall kunna överta trafik från landsvägarna inte minst från politiskt håll. Utvecklingen har dock varit långsam. Järnvägsföretagen har ibland använt kombitrafiken för att rationalisera vagnslasttrafiken. Man har då försökt att få kunderna att använda kombitrafik i stället för vagnslasttrafik. I slutändan har detta ofta medfört att volymerna i praktiken går på lastbil och försvunnit från järnvägen.

En fråga som många ställer sig är om man inte helt kan slopa vagnslasttrafiken och ersätta den med kombitrafik och systemtåg. Så har t ex skett i Norge och utvecklingstendenser åt detta håll finns även i andra länder. Utvecklingen är emellertid inte entydig, i USA är vagnslasttrafiken oerhört stark och är den som järnvägsföretagen tjänar mest pengar på. Nya operatörer i Europa satsar oftast på vagnslasttrafik. I Sverige är vagnslasttrafiken den dominerande transportformen med 40% av det totala transportarbetet medan kombitrafiken svarar för 12%.

Den grundläggande orsaken till att kombitrafiken inte är konkurrenskraftig är transportekonomin. För gods som är tungt eller volymkrävande kan man i allmänhet få med mycket mer i en lastbil eller i en konventionell järnvägsvagn än i en container eller växelflak, vilket tydligt framgår av figur. Eftersom ett kombitåg rymmer väsentligt mindre nyttolast än ett vagnslasttåg skulle det för att frakta samma volym som i dag fraktas i vagnslastsystemet krävas väsentligt fler tåg och kapacitetsproblemen skulle bli stora.

Kostnaden för matartransport med lastbil och lyft av containrar till järnvägsvagn är av samma storleksordning som kostnaden för matartransport och växling på järnväg av en vagnslast. Därför lönar det sig sällan med kombitransport jämfört med vagnslast om man kan fylla en hel vagn eller lastbil. Vid mindre sändningar och för högvärdigt gods är kombitrafiken mer konkurrenskraftig även om konkurrensen från direkt lastbilstrafik också där är stark.

När det gäller frakt till hamnar, där godset ändå skall gå vidare på båt, är konkurrenssituationen annorlunda. Dels blir det bara matartransport i en ände, dels kan containrar på en båt både stuvvas bredvid och ovanpå varandra och man kan därmed få ett högt volymutnyttjande av båten.



Figur: Jämförelse mellan en svensk 24m-lastbil med 60 tons bruttovikt, en vagnslast med 22,5 tons axellast och en kombitransport med tre 20-fotscontainrar på en boggivagn.

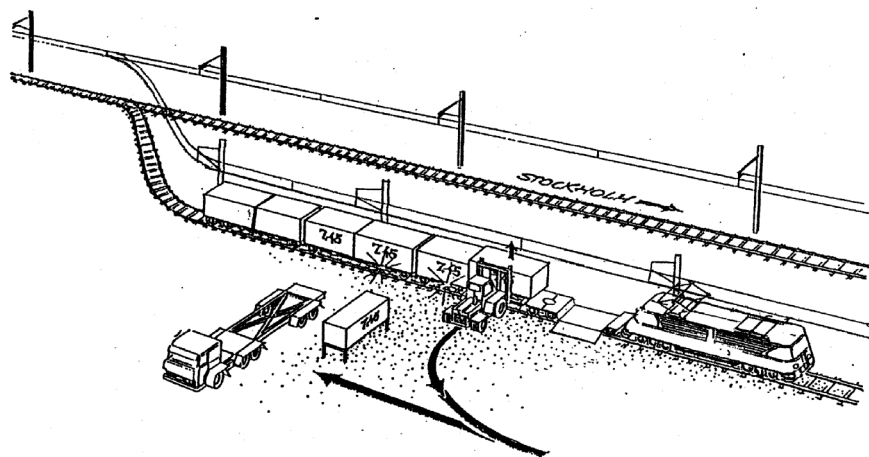
När det gäller kombitrafiken har man prövat många olika organisationsmodeller, men kombitrafiksystemet och tekniken i grunden är detsamma, även om komponenterna har utvecklats. Därför har vi i detta projekt försökt hitta nya transportsystemlösningar och tekniker. Det utesluter inte att det även behövs bra organisation och management i kombitrafiken.

En viktig orsak till att den konventionella kombitrafiken inte har utvecklats mer positivt är de relativt höga kostnaderna. Kombitrafiken har ärvt containern från sjöfarten och trailern från lastbilen. Det är trailern och den tunga containern som dimensionerar systemet och ställer krav på terminalutrustning och vagnar som innebär höga kostnader. Lätta containrar och växelflak kan däremot fraktas på relativt enkla vagnar och hanteras med relativt enkel terminalteknik.

Dagens kombitrafik med både trailers, tunga containrar och växelflak kräver stora terminaler som är dyra. Det innebär få terminaler med relativt hög omlastningskostnad och långa matartransportavstånd och marknaden blir begränsad till relativt långa avstånd mellan ändpunkterna. Storskaliga system är välutvecklade i USA med långa tåg och double-stack-containrar (två våningar containrar). De fungerar ungefär som ett containerfartyg på land och är effektiva för långa avstånd och stora volymer. Kombitrafikens problem i Europa är framförallt att den har svårt att konkurrera på kortare avstånd där de stora volymerna finns.

Med linjetrafik som innebär att tåget stannar på flera ställen under vägen kan en större marknad täckas in. Med enkla terminaler som ligger på ett sidospår med genomfart kan tåget köra in och lossa och lasta under ett kort uppehåll. I Lättkombi används containrar och växelflak med en vikt på högst 24 ton och en maxlängd på max 11 m och då kan vanliga gaffeltruckar användas. Lättkombi kan vara konkurrenskraftig på avstånd om 20-40 mil.

Linjetågssystem med många små terminaler skulle kunna vidga marknaden för kombitrafiken på ett radikalt sätt och komplettera det nuvarande ändpunktsystemet med få stora terminaler. En förutsättning är att man **avgränsar systemet till växelflak och containrar av max 10,7 m längd och vikten 25 ton**. Då kan man använda vanliga industrigaffeltruckar och terminalerna kan göras enkla och billiga. Bäst är om terminalerna ligger i sidotågväg så att tåget kan lasta och lossa under ett uppehåll på 15-30 minuter.

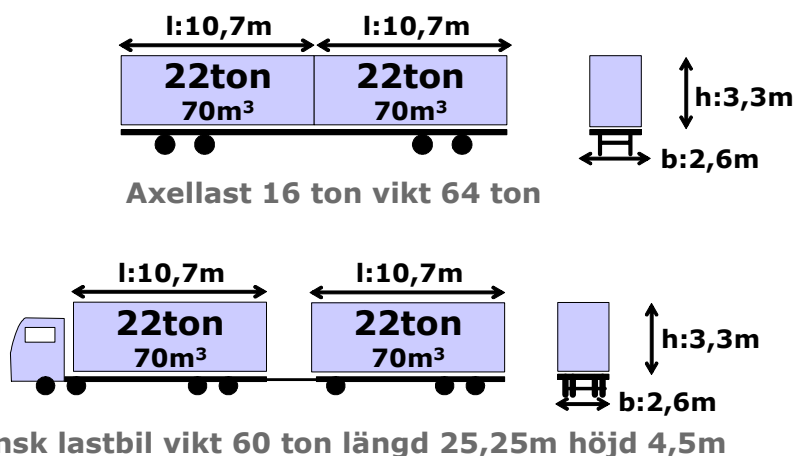


Figur: Lättkombisystemet ligger terminalerna delvis i sidotågvägen. Lastning och lossning sker under kontaktledning med hjälp av gaffeltruck. Gaffeltrucken kan följa med tåget och körs av lokföraren.

Samtidigt skulle detta möjliggöra att det nuvarande kombisystemet **tungkombisystemet** – som kan hantera alla typer av lastbärare, alltså även 40 fots-containrar och trailers - **kan koncentreras till ett färre antal större terminaler**, förslagsvis hamnarna och de största inlandsterminalerna. Detta skulle kunna förbättra lönsamheten i tungkombisystemet och det skulle kunna vidareutvecklas ytterligare i de långa relationerna inte minst i den internationella trafiken som i dag är underutvecklad.

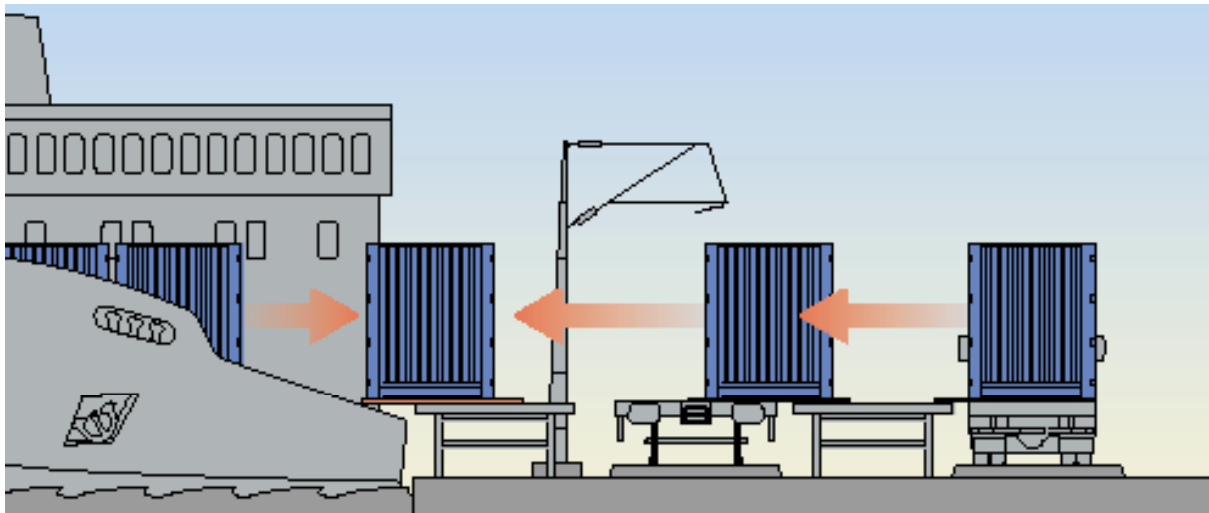
Logistiksystemen bör i större utsträckning **integreras med transportsystemen**. Växelflak och containrar möjliggör i större utsträckning en integrerad kedja från fabrikgolv till lager och distribution och har dessutom den fördelen att lastbäraren kan skiljas från fordonet. Viktigt är också att den är relativt billig så att den tål att stå still medan den mer komplicerade utrustningen – vagnar och lastbilar – kan producera hela tiden.

Lastbilarna i Sverige får vara 25,25 m långa och då är det optimalt om man kan lasta två **växelflak som är 10,7 m långa med en vikt på ca 22 ton**. Om man i stället använder sig av 7,82 m-flak som är det dominerande i dag förlorar man för mycket i volym och vikt och en kombitransport har svårt att konkurrera med en direkt lastbilstransport. Det är också en effektiv lösning för järnvägstransport, även om den inte kan ersätta vagnslastrafiken i vikt och volym.



Figur: Växelflak anpassat för svensk lastbils- och järnvägstrafik: Längd 10,7m, bredd 2,6m och höjd 3,3m. Med en maxvikt på 22 ton kan den lastas med enkla industrigaffeltruckar på enkla terminaler.

På lång sikt är det idealiska **horisontell överföring som går att göra helautomatisk**. Ett svenskt sådant system finns nästan färdigutvecklat men har aldrig kommit i kommersiell produktion. Det s.k. CCT-systemet är modulärt och kan bestå av en enhet som kan lossa en container på 3-6 m längd eller flera enheter som kan lossa ett helt tåg på 1000 m på en gång. Lastbärarna kan också vara bredare t.ex. 3,6 m som Stora-boxarna. Systemet bygger på att vagnarna har hydrauliska containertappar som dels kan låsa lasten när tåget kör, dels kan lyfta lasten en liten bit när den skall lossas och lastas.



Figur: Exempel på ett horisontellt överföringssystem, det svenska CarContrain (CCT). Systemet kan överföra containrar och växelflak med olika bredd och längd mellan transportmedel och till/från lagerplaster. Systemet kan göras helautomatiskt.

Utvecklingen av terminalerna hänger helt ihop med trafiksystemen: **Tungkombi med få stora terminaler och Lättkombi med många små terminaler**. Om ett Lättkombisystem introduceras kommer stordriftsfördelarna i de stora terminalerna att accentueras. Desto viktigare blir det att de är väl lokaliserade i förhållande till transportsystemen och att det finns tillräckliga utrymmen för lager och även viss terminalnära produktion. **Hamnarna utgör en viktig resurs för tungkombihanteringen**, men behöver kompletteras med inlandsterminaler och ytterligare terminaler i storstäderna.

En del av de nuvarande lastbilsterminalerna ligger inte i anslutning till järnvägen. Det är viktigt att **nästa generation lastbilsterminaler lokaliseras så att de får koppling till järnvägen** och därmed större möjligheter att utnyttja kombinerade transporter. Nästa generation terminaler "Freight Services Center" bör lokaliseras för kombinerade transporter och läggas i nära anslutning till järnväg, sjöfart och flyg.

Vagnar för lättkombi kan göra enklare än vagnar för tungkombi, eftersom de bara behöver **dimensioneras för växelflak och containrar** och inte för trailers. Trailers ställer speciella krav på vagnarna, eftersom de måste ha fickor för hjulen vilket komplicerar och fördyrar konstruktionen. I tungkombisystemet så är det emellertid viktigt att ha flexibilitet och då kan det vara en fördel att enbart ha multi-purpose-vagnar som kan ta samtliga förekommande enhetslaster.

Analyser av lättkombitåg med vagnar lastade med olika kombinationer av 20-fotscontainrar och växelflak visar att **boggivagnar om ca 22 m längd är effektivast**. De får också låg axellast som innebär att man kan höja hastigheten utan att kraven på bromsarna blir kritiska, vilket i sin tur underlättar trafik under dagtid. **Högre hastighet** kan vara intressant dels **för att tågen**

skall kunna köras på dagen bland med persontågen för att öka produktiviteten, dels för att **öka räckvidden för övernattningstransporter**.

Vi högre hastighet kan också **låsbara containertappar** vara önskvärda av säkerhetsskäl. Om är hydrauliska kan de kombineras med lyftanordning som kan möjliggöra helautomatisk horisontell överföring

Det är viktigt att det sker både forskning, utveckling och demonstration (FUD) där det krävs mer utveckling och demonstration på kortare sikt och mer forskning på längre sikt. De åtgärder som kan genomföras på kort sikt är sådana där man testat i stort sett färdigutvecklad teknik i praktiken och på så sätt förbereder för ett senare genomförande i större skala. Exempel på intressanta demonstrationsprojekt:

- Pilotprojekt för etablering av Lättkombisystem
- Pilotprojekt för 10,7 m superväxelflak med järnväg och lastbil
- Uppgradering av befintliga godsvagnar för högre hastighet och axellast – modellberäkning och försöksverksamhet

Följande kritiska utvecklingsfaktorer har identifierats lämpliga för fortsatt forskning och utveckling:

- Automatisk terminalteknik för horisontell överföring, utveckling av prototyp
- Duolok, teknisk vidareutveckling och byggande av prototyp
- ECP-broms och robust teknik för Intelligent godsvagnar

Automatisk lastning och lossning, det s.k. CCT-systemet (CarConTrain) har varit på väg att utvecklas men har alltid fallit på finansieringen. För att det sådant system skall komma till stånd krävs sannolikt en helt statlig finansiering av ett fullskaligt demonstrationsprojekt som kostar 50-100 Mkr.

När det gäller Duolok och vagnsteknik så är dessa projekt gemensamma med vagnslast- och systemtåg. För Duolok pågår ett forskningsprojekt på KTH tillsammans med TFK. När detta är genomfört är det intressant att genomföra ett demonstrationsprojekt.

Hela området med IT-teknik och styrsystem för godståg bildar ett särskilt område som borde vara prioriterat. Detta område ingår i det nya kompetenscentrat ”TIM” som KTH håller på att bilda med andra forskare.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Ofta har stora förhoppningar ställts till att kombitrafiken skall kunna överta trafik från landsvägarna inte minst från politiskt håll. Utvecklingen har dock varit långsam. Järnvägsföretagen har ibland använt kombitrafiken för att rationalisera vagnslasttrafiken. Man har då försökt att få kunderna att använda kombitrafik i stället för vagnslasttrafik. I slutändan har detta ofta medfört att volymerna i praktiken går på lastbil och försvunnit helt från järnvägen.

Kombitrafiken etablerades i Sverige på 1960-talet. Transportvolymen i kombitrafiken i Sverige har legat ganska konstant på ca 5 miljoner ton de senaste 20 åren. Kombitrafiken har omorganiserats och rationaliserats i flera gånger. Den relativt konstanta total volymen betyder dock inte att kombitrafiken består av samma transporter hela tiden. En del kortare transporter har försvunnit, en del har överförts från vagnslasttrafik och en del nya transportupplägg har tillkommit.

Kombitrafiken är huvudsakligen inrikestrafik. I den mån utrikesgods går i kombitrafiken lastas den ofta om vid en hamn eller färjeterminal. En trafik som utvecklats mycket positivt är hamnkombitrafiken till Göteborgs hamn. Här har också hamnen varit pådrivande och organiserat skyttlar till olika orter "torrhamnar" med olika operatörer. I detta fall är kombitrafiken ovanligt effektiv eftersom matartransport endast behöver ske i en ände och containrar kan stuvats både ovanpå varandra och bredvid varandra på båtarna.

År 2000 såldes majoriteten av Rail Combi till det norska godsbolaget CargoNet. Utbud och volymer har emellertid ännu inte förändrats i någon större omfattning. I Norge har den konventionella vagnslasttrafiken lagts ned helt och ersatts med systemtåg och kombitrafik. Det har medfört att Green Cargo nu i stället kör viss vagnslasttrafik i Norge, gods som inte är ekonomiskt att köra i kombitrafik.

Ofta har man försökt att förbättra kombitrafiken genom organisatoriska åtgärder. T ex försökte man ett tag få in åkerierna som delägare i kombitrafiken för att skapa ett större förtroende. Det har också varit en princip att kombitrafik inte skall säljas direkt till slutkund av järnvägsföretagen, utan endast till åkerier och speditörer. Viss kombitrafik som går i vagnslasttrafiken, ofta till terminal endast i ena änden, utgör dock ett undantag.

Man kan dock konstatera, att man har prövat många olika organisationsmodeller, men att kombitrafiksystemet och tekniken i sig i grunden är detsamma, även om komponenterna har utvecklats. Därför har vi i detta projekt försökt hitta nya transportsystemlösningar och tekniker. Det utesluter inte att det även behövs bra organisation och management i kombitrafiken.

En viktig orsak till att den konventionella kombitrafiken inte har utvecklats mer positivt är de relativt höga kostnaderna i förhållande till transportkapaciteten. Kombitrafiken har ärvt containern från sjöfarten och trailern från lastbilen. För kombitrafik lastbil-järnväg har växelflaket utvecklats. Det medför att det finns en mängd olika lastbärare som kombitrafiken måste kunna hantera med varierande vikt, mått och standard på lyftanordningar.

För kombitransporter lastbil-järnväg är det trailern som ofta dimensionerar systemet och ställer krav på terminalutrustning och vagnar som innebär höga kostnader. Lätta containrar och växelflak kan fraktas på relativt enkla vagnar och kan hanteras med relativt enkel terminalteknik. Det är således trailers och tunga containrar som är kostnadsdrivande och kräver storskaliga terminaler för att kunna hanteras effektivt.

Storskaliga system är väl utvecklade i USA med t.ex. långa tåg och Double-Stack-containrar (två våningar container). De är bra för långa avstånd och stora volymer och fungerar ungefär som ett containerfartyg på land. Kombitrafikens problem i Sverige och Europa är framförallt att den har svårt att konkurrera på kortare avstånd och i spridda flöden där de största marknaderna finns. För Sverige och stora delar av Europa är det därför intressant att utveckla ett system som i samverkan med lastbilen kan fungera på kortare avstånd och i fler relationer.

För landtransporter inom Europa har växelflaket en stor utvecklingspotential. Det är därför viktigt att standarder för växelflak utvecklas inom Europa, som är kompatibla med de vanligaste lastbils kombinationerna. Ett problem är att lastbilarna är större i Sverige än i Europa. För att kombitrafiken skall kunna bli ett fullgott alternativ till direkt lastbilstrafik i Sverige krävs därför att man använder större växelflak än i Europa.

Ett standardiserat växelflak skulle också kunna användas i den logistiska kedjan ända från fabriks golv till fabriks golv och i distributionskedjan. Det kan således finnas väsentligt större fördelar än de rent transportekniska om standarder utvecklas som även tar hänsyn till hela logistikkedjan i olika branscher. En fördel med de svenska lastbilarna är att de tillåter 2,60 m fordonsbredd, vilket innebär att det är möjligt att konstruera växelflak där det går att ställa 2 eller 3 lastpallar (800*1200 mm) i bredd. I en container med 2,44 m bredd, och i ett EU-växelflak med 2,50 m bredd är detta i praktiken omöjligt.

För att ytterligare utveckla kombitrafiken är en utveckling av terminaltekniken nödvändig. Det finns system under utveckling för horisontell överföring av enhetslaster som också skulle kunna göras helautomatiska t.ex. det svenska CarCon Train-systemet (CCT). Den kan lasta och lossa olika typer av containrar, från en minsta tänkbara enhet till 53 fot långa och även 3,6 m breda containrar. Det har också skett en utveckling av bredare containrar som kan användas i kombinerad trafik mellan järnväg och sjöfart.

2 Kombitransporternas utveckling

2.1 Bakgrund

En kombitransport innebär att godset vid en sändning transporteras med mer än ett transportmedel. För att få överföringen mellan transportmedlen hanterbar genomförs transporterna med hjälp av lösa lastbärare, huvudsakligen containrar, som transporteras på vagnar som alltid är specialutformade för sådana transporter. Omlastning mellan transportmedlen sker vanligtvis i särskilda terminaler. Detta medför att kombitransporterna har en rad begränsningar, vilka utgör såväl en del av kombisystemets styrka som en del av dess svaghet.

Kombitransporternas styrka är att hanteringen av standardiserade containrar och andra lastbärare är relativt praktisk oavsett vilka transportmedel som är involverade, men dock framför allt för högförädlad gods. Dess svaghet är att antalet terminaler är begränsat och att de som finns har höga driftkostnader samt att nya terminaler kräver stora investeringar. Ytterligare svagheter är att omloppen för vagnar och containrar är relativt komplexa och att utnyttjandet av volym och vikt är dålig.

Det finns således en rad svårigheter i samband med kombitransporter, men man kan dock konstatera att kombitransporterna tillvaratar de positiva egenskaperna från varje transportmedel. Om kombinationen utgörs av järnväg och lastbil utnyttjas lastbilens flexibilitet vid matartransporterna och järnvägens stordrifts- och miljöfördelar vid huvudtransporten. Det bör också noteras att de negativa effekter som uppstår på grund av omlastningar (lyft) får mindre betydelse ju längre transportavståndet är.

2.2 Utvecklingen fram till i dag

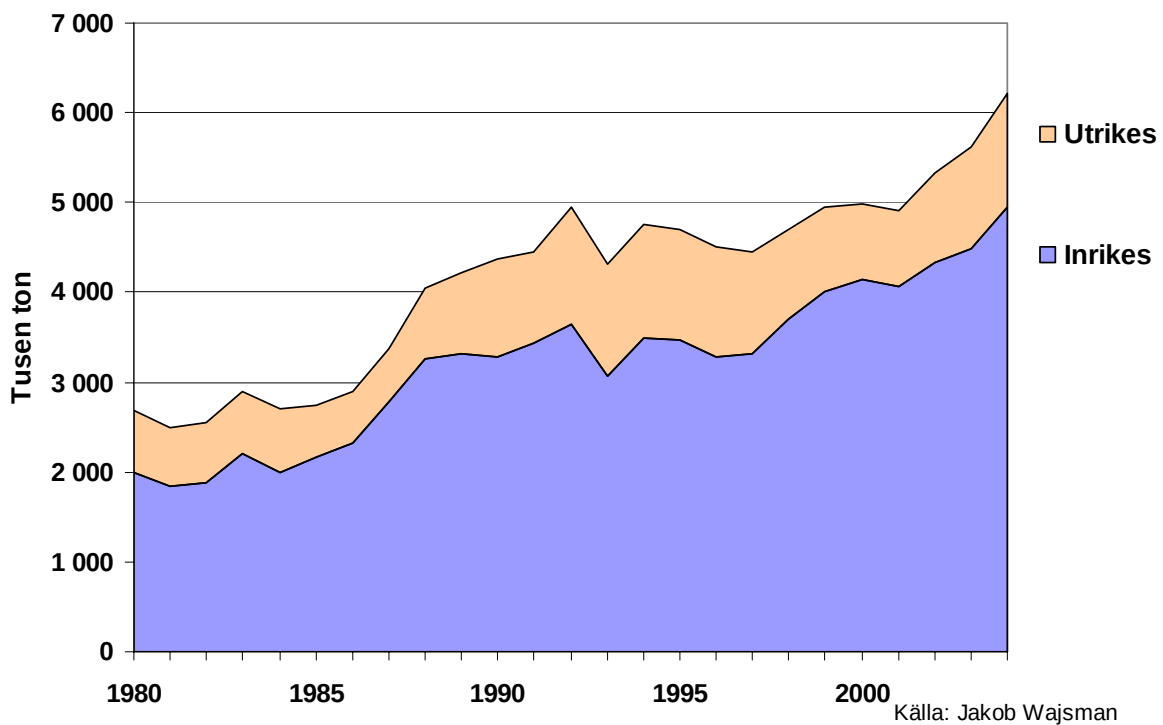
Kombitransporternas hittillsvarande utveckling är svår att relatera till transporternas utveckling för enskilda transportmedel eftersom kombitekniken tillkom först i slutet av 1960-talet och hade en mycket lång introduktionsfas. Denna fas kan betraktas som avslutad, men kombitransporterna befinner sig dock fortfarande i en utvecklingsfas och blir därigenom relativt okänsliga för den övriga samhällsutvecklingen. Man kan dock trots detta notera positiva effekter även för kombitransporterna när förbättringar i konjunkturen ger transportökningar för lastbilen och järnvägen samt negativa effekter för kombitransporterna vid det omvända förhållandet. Således har de senaste årens relativt kraftiga svängningar i konjunkturen även påverkat kombitransporterna. Högkonjunkturen år 2004, som till stor del går att hänföra till den höga tillväxten i Asien och då i synnerhet i Kina och Indien, hade dock framför allt en gynnsam inverkan på den traditionella svenska basnäringen, varför kombitransporterna endast påverkades marginellt.

Om man studerar utvecklingen i ett mycket långt perspektiv kan man konstatera att utrikes kombitransporter har ökat relativt kraftigt under den senaste 30-årsperioden. Detta förklaras, utöver introduktionsfasens inverkan, av att den merkostnad som uppstår på grund av omlastningen marginaliseras vid långväga transporter till och från kontinenten. I figuren nedan redovisas utvecklingen för kombitransporter med järnväg.

Om man specifikt studerar utvecklingen under senare år är det viktigt att notera att utvecklingen för kombitransporterna intimt hänger samman med utvecklingen för containertransporter. Genom att studera containertransporternas utveckling kan man således få en bild av utvecklingen för kombitransporterna de senaste åren. Detta gäller framför allt i ett internationellt perspektiv, eftersom containertransporterna under senare år utvecklats och expanderat kraftigt internationellt. Detta har också inneburit att kombitransporterna hamnat i något som liknar en ny introduktionsfas.

En av förklaringarna till containertransporternas utveckling är globaliseringen som resulterat i en ökad internationell handel. En annan förklaring är att mängden gods som på ett naturligt sätt kan containeriseras, dvs. som går att transportera i en container och därmed som en kombitransport, ökat på grund av ökningen av det högförädlade godset. Parallellt med detta har näringslivets specialisering ökat, varför produkterna i samband med förädlingen måste transporteras vid allt fler tillfällen och med allt längre avstånd. Ytterligare en förklaring till expansionen är att allt fler transportörer och transportkunder upptäckt den förenkling av hanteringen av godset som uppnås genom att använda standardiserade lastbärare som containrar.

Kombitrafikens utveckling 1980-2004



Figur: Kombitransporternas utveckling i Sverige 1980-2004.

När det gäller möjligheten att containerisera godset har den framtida förväntade utvecklingen troligtvis varit lika styrande som den faktiska utvecklingen. En av grundtankarna bakom containertransporternas framtida expansion är således att en mycket stor andel av godset ska kunna containeriseras. Denna möjlighet är nästan helt styrande för den framtida utvecklingen. Det är dock uppenbart att vissa godsslag är avsevärt lättare att containerisera än andra och att vissa godsslag är omöjliga att containerisera. Som extrema exempel kan nämnas livsmedel och malm, där livsmedel är lättcontaineriserat, medan malm är omöjligt att containerisera. Det kan i sammanhanget noteras att livsmedel för inte alltför många år sedan ansågs i det närmaste omöjligt att containerisera.

Skälet till att man *inte* containeriserar godset är ofta transportekonomiskt, vilket innebär att det blir dyrare att transportera i container än i järnvägsvagn eller på lastbil, dvs. man tappar i konkurrenskraft gentemot lastbil och/eller vagnslast med järnväg vid containeriseringen. Att godset inte går att containerisera kan också bero på dess fysiska egenskaper, dvs. att vissa varuslag har särskilda krav som kan vara svåra att tillfredsställa vid en containerisering. Huvudskälet är dock att godset är svårt att hantera rationellt eller helt enkelt omöjligt att lasta i en container.

En intressant faktor när det gäller containeriseringen är att den alltmer omfattande internationella handeln och därmed en av förutsättningarna för containeriseringen kan betraktas som relativt oberoende av internationella kriser. Detta gäller för Västeuropa i allmänhet och för Sverige i synnerhet. Som exempel kan nämnas kriserna i Argentina och Japan under åren 2001 och 2002. Effekterna av dessa kriser blev relativt små beroende på stabiliteten i EU efter införandet av den gemensamma valutan. Man kunde dock notera en minskning av antalet containrar från Europa till Asien, vilket skapade en obalans i flödena. I och med att en stor del av handeln bedrivs inom Europa och mellan Europa och USA, blev trots allt inverkan på handeln för Europa liten och för Sverige, vars största handelspartner numera är USA, obetydlig. Även om det hade blivit en negativ inverkan på handeln hade troligtvis containeriseringen ändå fortgått, eftersom processen fortfarande befinner sig i en utvecklingsfas och därmed är relativt oberoende av smärre förändringar i världshandels omfattning.

Sjöfarten är det transportmedel som varit drivande när det gäller containeriseringen, vilket förklaras av den smidiga hanteringen av containrar på fartygen och vid på- och avlastning i hamnen. De kan staplas på och ställas bredvid varandra på ett relativt enkelt sätt. För att utnyttja fördelarna med containrar fullt ut bör man dock även containerisera godset till och från hamnarna med landtransportmedlen. För lastbilen som transporterar en stor andel av det högförädlade godset och allt gods med det allra högsta varuvärdet har containertransporter varit mer "naturliga". För järnvägen, som vanligtvis transporterar mer lågförädlat gods och massgods, har däremot containertransporter inte varit lika naturliga. För såväl lastbil som järnväg har, som framgått ovan, det stora gemensamma problemet med kombitransporter med containrar varit kostnaden för lyften i relation till undervägskostnaderna. Järnvägen har dock trots detta under senare år i allt större omfattning använt containrar. Detta har medfört att verksamheten i hamnarna i vissa fall t.o.m. har kunnat bedrivas mer rationellt än om motsvarande transporter hade genomförts med lastbilar.

Ett resultat av detta är att man 1998 etablerade ett antal järnvägsskyttlar till och från hamnen i Göteborg. En skyttel (tidigare kallad pendel) avser i dessa fall en direkttransport med kombitåg mellan Göteborg och en annan ort. Matartransporter finns således bara i ena änden och tågen rangeras inte samt avgår vanligtvis på bestämda tider. Detta system ger enligt representanter för hamnen en mycket rationell hantering och man ser därför gärna en utökning av verksamheten. Man pekar även på att skyttlarna i många fall kan innebära

kostnadsbesparingar för transportkunderna, vilket i slutändan skulle gynna det svenska näringslivet.

Det bör noteras att det i vissa fall kan försvåra för en kund att containerisera godset, eftersom konventionell vagnslasttrafik har större kapacitet både när det gäller vikt och volym. En järnvägsvagn kan lasta drygt 60 ton i nyttolast, medan en järnvägsvagn med två containrar kan lasta ungefär 40 ton. Skillnaden i volym är ännu större.

Vagnslasttrafiken kan till skillnad från containertrafiken också dra nytta av den standardförbättring som för närvarande genomförs på järnvägsnätet genom en uppgradering av den högsta tillåtna axellasten från 22,5 till 25 ton (STAX 25) och att den största tillåtna lastprofilen ökas på bredden från 3400 mm till 3600 mm och på höjden från 4650 till 4830 mm samtidigt som man tillåter att de avskurna hörnen upptill tas bort (lastprofil C). Det bör även noteras att komplexiteten för vagnarnas omlopp ökar avsevärt vid containertransporter. Detta förklaras av att utöver tomma vagnar även tomma containrar måste kunna anpassas till aktuella godsflöden.

Det finns också en risk att ökad skytteltrafik och även annan kombitrafik tar över allt större delar av vagnslasttrafiken. Detta minskar underlaget och försämrar därmed förutsättningarna för vagnslasttrafiken. I en sådan situation kan en del av vagnslastgodset övertas av lastbilen. Ett exempel på detta är Norge, där lastbilen övertog en del av vagnslastgodset när all vagnslasttrafik lades ner och ersattes av kombi.

2.3 Kombitransporternas omfattning 2004

Den transporterade godsmängden i kombitransporter med järnväg uppgick år 2004 till 6,2 miljoner ton, vilket är den högsta nivån någonsin och nästan 0,6 miljoner ton mer än år 2003. Den transporterade godsmängden för utrikes kombitransporter uppgick till nästan 1,3 miljoner ton, vilket också är den högsta nivån någonsin. Järnvägens transportarbete för kombitransporterna uppgick till nästan 3,3 miljarder tonkm, varav utrikes kombitransporterna svarade för drygt 0,5 miljarder tonkm. Huvuddelen av flödena är koncentrerade till ett fåtal orter.

Skytteltrafiken med järnväg mellan ett antal orter och Göteborgs hamn för vidare transport utomlands nådde sin högsta nivå någonsin år 2004. De årliga ökningarna har varit mycket stora sedan skytteltrafiken påbörjades år 1998. Den höga nivån förklaras både av ökning för de orter som redan har direkttransporter med kombitåg och av en utökning av antalet orter. Godsmängderna från dessa flöden svarade därmed för en inte obetydlig del av de totala godsmängderna till och från hamnen. Det bör dock noteras att containertransporter med lastbil till och från hamnen fortfarande svarade för huvuddelen av matarflödena till och från utrikestrafiken med sjöfart.

2.4 Kombitransporternas struktur

En bild av kombitransporternas struktur kan erhållas genom att redovisa fler variabler än transportarbete och transporterad godsmängd samt genom att göra andra indelningar av flödena än den ovan redovisade. Det bör dock i sammanhanget påpekas att den traditionella indelningen enligt ovan har den fördelen att den går att redovisa historiskt, vilket inte är möjligt med en mer disaggregerad struktur.

Följande indelning har gjorts i detta avsnitt:

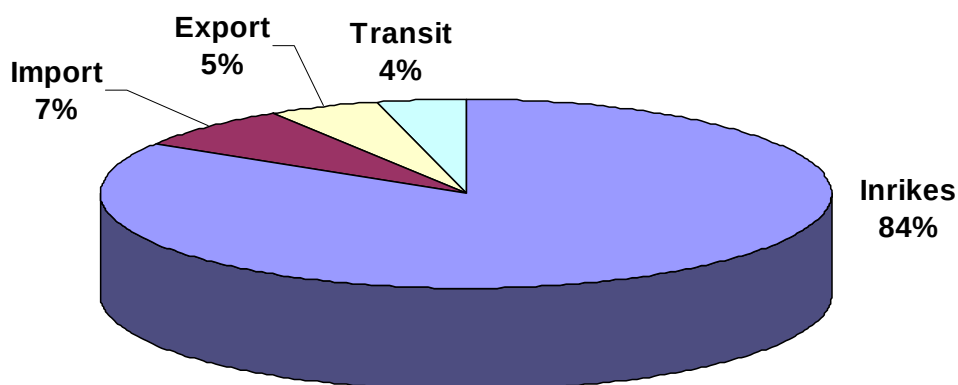
- Inrikes-utrikes kombitrafik
- Lastbärare: Container, växelflak och semitrailer
- Landkombi och hamnkombi samt efter lastbärare

Inrikes och utrikes kombitrafik

En uppdelning av transporterna på inrikes och utrikes visar för år 2004 att inrikesflödena svarade för 84 % av transportarbetet och 81 % av den transporterade godsmängden. Medeltransportsträckan uppgick till drygt 53 mil för inrikestransporterna, men endast till cirka 45 mil för utrikestransporterna. De förhållandevis långa transportsträckorna för inrikesflödena förklaras av att en stor del av dessa går till hamn för vidaretransport utomlands eller som ett flöde i motsatt riktning. En stor del av inrikestransporterna utgör därigenom egentligen en inrikesdel av en utrikestransport, där utrikesdelen av transporten företas med ett annat transportmedel.

En uppdelning av utrikestransporterna på export, import och transit visar att exporten svarade för 5 %, importen för 7 % och transiten för 4 % av kombiflödernas transportarbete. Dessa andelar kan jämföras med motsvarande fördelning för samtliga järnvägstransporter, dvs. systemtåg vagnslasttrafik och kombi. För dessa uppgick andelen för exporten till 16 %, för importen till 9 % och för transiten till 1 %. Strukturen för kombiflödena skiljer sig således avsevärt från strukturen för systemtåg och vagnslaster. Utrikesflödernas andel är mycket lägre för kombitransporterna samtidigt som importen är större än exporten.

Importens relativt höga nivå beror troligtvis på att varuvärdet är högre än för exporten, vilket gynnar kombitransporterna. En förklaring till detta är att högre varuvärde på godset normalt innebär lägre densitet, vilket gynnar kombitransporterna genom att volymen blir styrande för mängden gods som kan transporteras. Ett högre varuvärde gynnar dock framför allt kombiflödena genom att det ger en möjlighet att acceptera ett högre pris för transporten, eftersom transportens pris relativt varans värde ändå blir låg. Det högre priset för en kombitransport beror framför allt på att lyften mellan transportmedlen är kostnadskrävande.



Figur: Transportarbete med kombi 2004, fördelning på inrikes och utrikes transporter.

Att kombitransporternas andel är lägre för importen och exporten än för vagnslasttrafiken och systemtågen beror på att järnvägen till stor del tillfredsställer behoven för den svenska basnäringen och att produkterna därifrån ofta lämpar sig bättre för vagnslasttrafik och systemtåg än för kombitransporter.

Kombiflödenas stora andel för transiten går att hänföra till vissa enskilda flöden och är således inte strukturellt betingad. En förklaring till den höga nivån är dock dessa flödens långa transportsträckor, vilket sänker kombins relativpriser, eftersom lyftens andel av den totala transportkostnaden minskar.

För att spegla kombitransporternas produktionssystem kan man utöver redovisningen av transportarbetet och transporterad godsmängd även redovisa antalet lastbärare och vagnar. Man kan även redovisa andelen tomtransporter, vilket är en av de faktorer som hjälper till att ge en bild av hur effektivt transportsystemet utnyttjas.

Det totala antalet vagnar som utnyttjades för kombitransporter år 2004 uppgick till cirka 322 000 och antalet lastbärare till cirka 413 000. Man kan således notera att antalet lastbärare per vagn uppgick till nästan 1,3. Den transporterade godsmängdens vikt uppgick i genomsnitt till drygt 19 ton per vagn och drygt 15 ton per lastbärare. Dessa nivåer förklaras uteslutande av lastbärarnas fördelning på storlek samt av densiteten på godset och behandlas mer utförligt nedan.

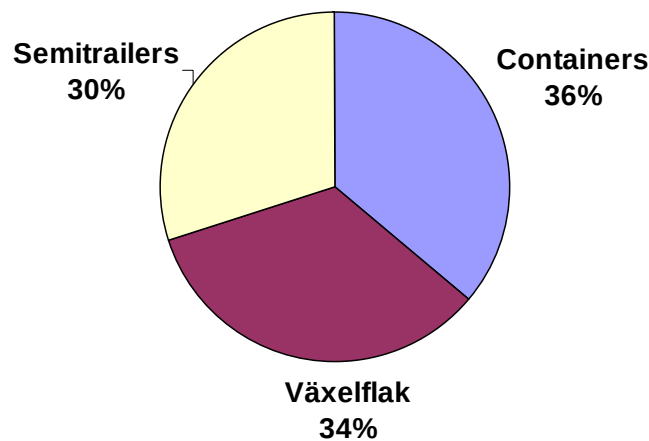
Av det totala transportarbetet svarade tomtransporterna för drygt 7 %. Motsvarande värde för den transporterade godsmängden uppgick till nästan 12 %, vilket visar att de sträckor lastbärarna går tomma är avsevärt kortare än de där de går fyllda. Det är dock utifrån detta svårt att dra någon slutsats om hur rationellt verksamheten bedrivs. Det bör dock i sammanhanget noteras att optimeringar av kombisystem måste avse både lastbärare och vagnar till skillnad från vagnslast- och systemtransporter, där man endast behöver ta hänsyn till vagnarna.

Lastbärare

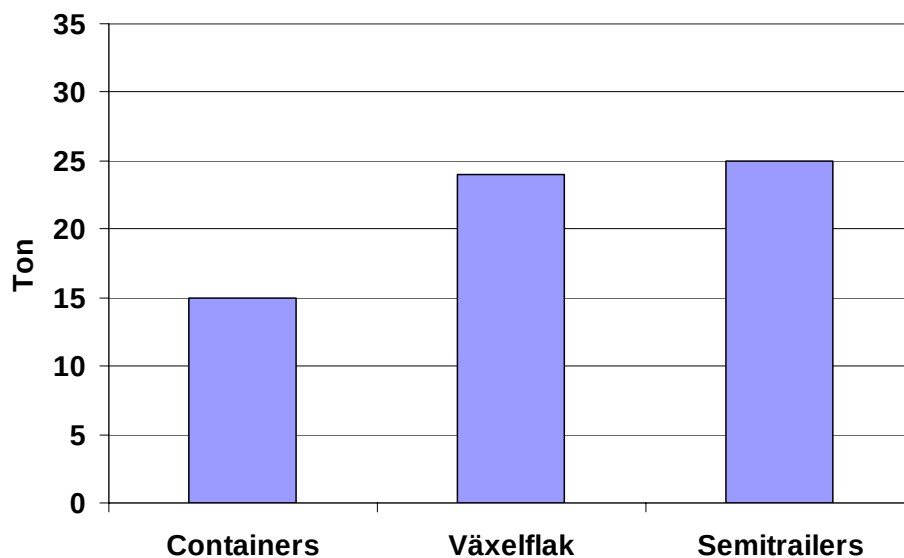
För att få en mer detaljerad bild av kombitransporterna kan man göra en uppdelning på typ av lastbärare. Dessa delas normalt upp i containrar, växelflak och semitrailers (påhängsvagnar). En fördelning av transportarbetet år 2004 för dessa visar att containrar svarade för 36 %, växelflak för 34 % och semitrailers för 30 %. Man kan således konstatera att transportarbetets andel för containrar endast uppgår till drygt en tredjedel, vilket är anmärkningsvärt, eftersom nästan samtliga förslag till framtida kombisystem baseras på containerlösningar. Containern är också den enda lastbärare som är standardiserad för att användas för såväl lastbil, järnväg som sjöfart, även om den ursprungligen utformades för sjöfart och således inte var optimerad för järnväg.

Den transporterade godsmängdens vikt per vagn skiljer sig mellan de olika lastbärarna. Medelvikten per vagn uppgick år 2004 för containrar till drygt 15 ton, för växelflak till cirka 24 ton och för semitrailers till cirka 25 ton. Skillnaderna förklaras delvis av att egenvikten skiljer sig mellan de olika lastbärarna, speciellt vid små containrar. Huvuddelen av skillnaden förklaras dock troligtvis av att varuvärdet på godset är högre och därmed densiteten lägre för gods som transporteras med containrar än för gods som transporteras med växelflak och semitrailers.

Tomtransporternas andel av transportarbetet varierar mellan de olika lastbärarna. Containrar hade år 2004 en tomtransportandel på 16 %. Motsvarande värde för växelflak uppgick till 4 % och för semitrailers till 3 %. Man kan således konstatera att containrar har särklassigt högst tomtransportandel. Skillnaderna förklaras troligtvis av att tomtransporterna med växelflak och



Figur: Kombitransporternas fördelning på lastbärare efter transportarbete 2004.



Figur: Medelvikt per järnvägsvagn lastade med olika lastbärare 2004.

semitrailers genomförs med lastbil. Ytterligare en förklaring kan vara att containrar i vissa fall är svårare att utnyttja effektivt än växelflak och semitrailers. Generellt kan sägas att det är lättare att optimera kombisystem och därmed minska antalet tomtransporter om en viss typ av lastbärare används i ett stort antal relationer samtidigt som antalet tillgängliga lastbärare av den aktuella typen är relativt stort. En optimering är också lättare att genomföra om det råder balans för flöden som går i motsatta riktningar.

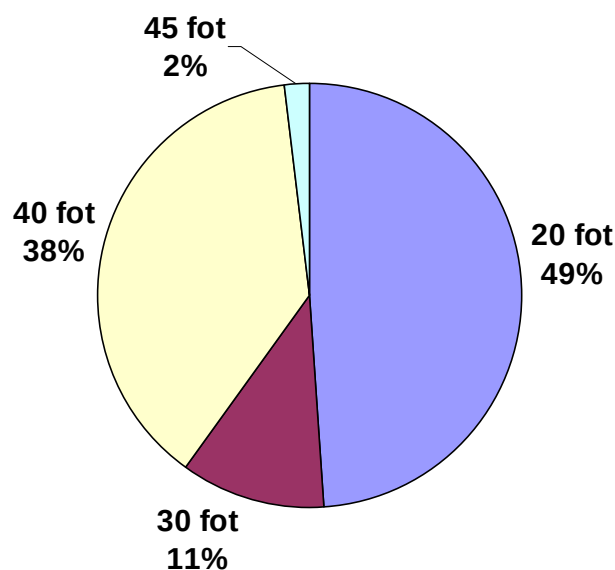
Även om containrar svarar för den minsta delen av antalet lastbärare ger en uppdelning av dessa efter storlek ett användbart tillskott till informationen om kombitransporternas struktur. Uppdelningen baseras på containerns längd i fot, vilken uppgår till 20, 30, 40 eller 45 fot. Eftersom en fot är drygt 30 cm motsvarar detta ungefär 6, 9, 12 respektive 13,5 meter. Normalt ryms två 20 fot containrar på en järnvägsvagn, medan de övriga storlekarna kräver en egen vagn. Man kan fråga sig varför man använder 30 fot containrar, eftersom vagnutnyttjandet då blir lågt. Svaret är att densiteten på godset i vissa fall gör att en 40 fot container inte går att

fylla volymmässigt, varför det är rationellare att använda en 30 fot container. Dessa är dock relativt ovanliga och används endast i inrikestransporter. Även 45 fot container används endast i inrikestrafik, vilket till stor del förklaras av att de till skillnad från övriga containrar inte är standardiserade och att de är relativt svårhanterliga. Detta gäller framför allt i samband med lyft.

Det har även för växelflak, på ungefär samma sätt som för containrar, genomförts en uppdelning efter storlek. Denna redovisas dock inte, eftersom växelflaken huvudsakligen är standardiserade för lastbil samt att indelningen nästan alltid saknar intresse vid utformningen av framtida kombisystem.

En uppdelning av transportarbetet för containrar på storlek för år 2004 visar att 20 fot containrar svarade för 49 %. Motsvarande värde för 30 fot containrar uppgick till 11 %, 40 fot till 38 % och 45 fot till 2 %. 20 fot containrar dominerade således flödena med hälften av transportarbetet. Man kan dock notera en anmärkningsvärt hög andel för 40 fot containrar. Detta förklaras av att dessa numera är standardcontainrar, framför allt vid utrikesflöden, vilket också framgår av att de svarade för nästan samtliga utrikesflöden (99,5 %). Den faktor som har störst förklaringsvärde för den höga andelen av transportarbetet och den transporterade godsmängden för 40 fot containern är att den rymmer dubbelt så mycket som en 20 fot container och en tredjedel mer än en 30 fot container.

Den transporterade godsmängdens vikt per vagn skiljer sig endast marginellt beroende på containrartorlek om man undantar 45 fot container, där medelvikten per vagn år 2004 endast uppgick till drygt 10 ton, vilket troligtvis förklaras av att den används för transporter där volymen är dimensionerande, men även av att containern används för specialtransporter. Medelvikten för övriga containrartorlekar uppgick till cirka 16 ton. Att medelvikten per vagn för 20 fot containrar är på samma nivå som för 40 fot containrar, beror på att man nästan genomgående transporterar två stycken 20 fot containrar per vagn. Att medelvikten per vagn för 30 fot container ligger på samma nivå som för 40 fot container förklaras huvudsakligen av att densiteten på godset i 30 fot containrar är högre än densiteten för godset i 40 fot containrar.



Figur: Transportarbete för containrar i kombitrafik fördelade på storlek 2004.

Landkombi och hamnkombi

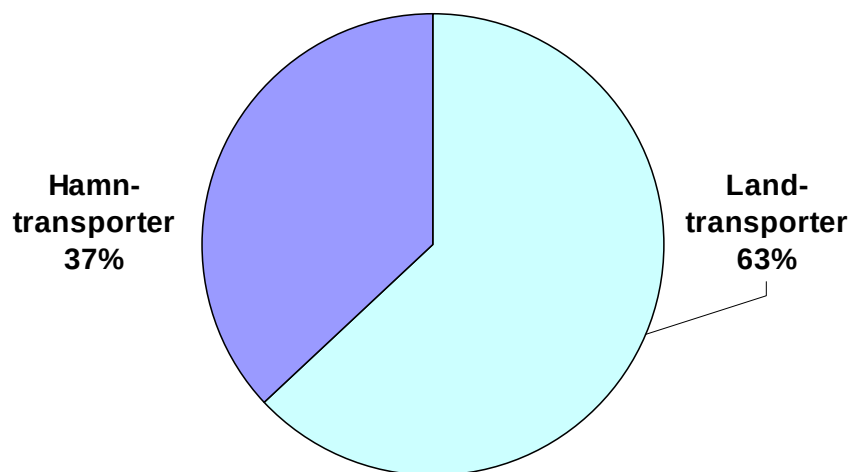
För att få ett samband mellan vilka transportmedel som utnyttjas vid kombiflödena och kombiflödets struktur, kan man göra en uppdelning på land- och hamntransporter. Med landtransporter avses här flöden mellan orter utan hamn. Det bör observeras att landtransporterna inte enbart avser inrikesflöden, utan att även utrikesflöden landvägen ingår i dessa transporter.

Med hamntransporter avses flöden mellan hamnar, från en ort utan hamn till en ort med hamn eller från en ort med hamn till en ort utan hamn. Hamntransporterna består till stor del av utrikestransporter, eftersom flödena ofta avser omlastningar i hamn för vidaretransport med sjöfart till en utrikes destination eller som ett flöde i motsatt riktning. Det behöver dock inte vara så. Ett relativt stort antal transporter avser järnvägsflöden till hamn för vidaretransport med sjöfart till en inrikes ort eller som ett flöde i motsatt riktning. Hamntransporterna kan även vara export- och importflöden som går via färja från eller till en hamn.

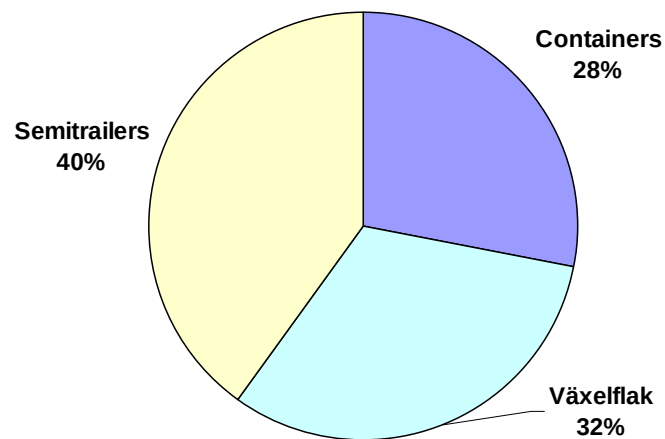
Sammanfattningsvis kan sägas, när det gäller skillnaden mellan hamn- och landtransporter, att hamntransporterna huvudsakligen speglar inrikesflöden som lastas om till sjöfart för vidaretransport utomlands eller ett flöde i motsatt riktning, medan landtransporterna huvudsakligen speglar transporter där sjöfart inte är inblandad i transportkedjan.

Transportarbetet för landtransporterna uppgick år 2004 till cirka 2,1 miljarder tonkilometer och för hamntransporterna till cirka 1,2 miljard tonkilometer. Landtransporterna svarade således för nästan två tredjedelar och hamntransporterna för drygt en tredjedel av transportarbetet.

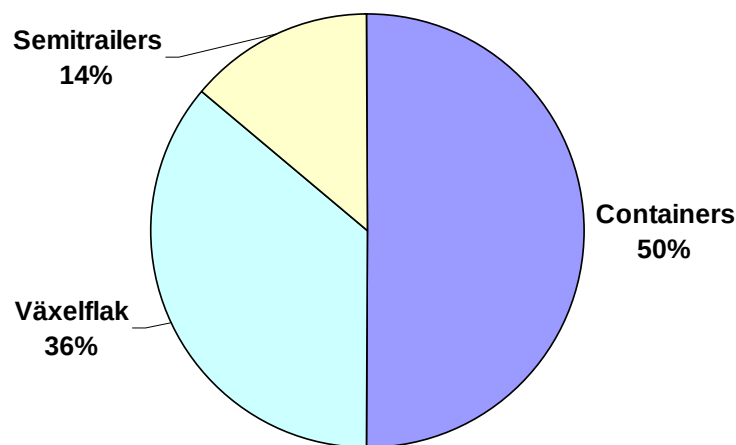
Det totala antalet vagnar som utnyttjades för landtransporterna uppgick år 2004 till cirka 222 000 och för hamntransporterna till cirka 100 000. Den transporterade godsmängdens vikt uppgick i genomsnitt till drygt 17 ton per vagn för landtransporterna och till drygt 23 ton per vagn för hamntransporterna. Utnyttjandet av vagnarna är således avsevärt högre för hamn- än för landtransporterna. Detta förklaras till viss del av möjligheten till effektivare användning av lastbärarna. Huvuddelen av skillnaden förklaras troligtvis dock av att varuvärdet på godset är högre och därmed densiteten lägre för hamn- än för landtransporterna.



Figur: Fördelning på landkombi och hamnkombi av transportarbetet 2004.



Figur: Fördelning av landtransporter på lastbärare, avser transportarbete 2004.

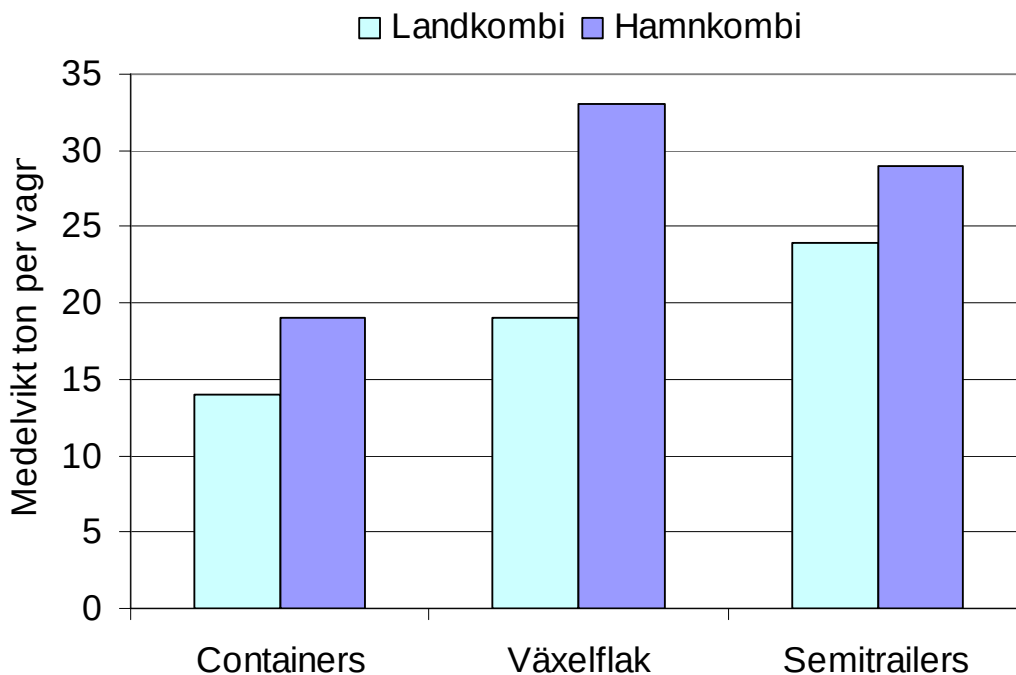


Figur: Fördelning av hamntransporter på lastbärare, avser transportarbete 2004.

Av det totala transportarbetet för landtransporterna svarade tomtransporterna år 2004 för nästan 8 %. Motsvarande värde för hamntransporterna uppgick till knappt 6 %. Man kan således konstatera att hamntransporterna har en mindre andel tomtransporter än landtransporterna. Detta förklaras troligtvis till viss del av att medelavståndet för hamntransporterna är längre än för landtransporterna, vilket vanligtvis möjliggör färre tomkörningar. Ytterligare en förklaring kan vara att transporterna med sjöfart, för vilka balansen mellan in och utflöden är mycket god, bidrar till att tomflödena lättare kan minimeras.

En fördelning av transportarbetet för landtransporterna på typ av lastbärare för år 2004 visar att containrar svarade för 28 %, växelflak för 32 % och semitrailers för 40 %. Motsvarande värden för hamntransporterna var 50, 36, respektive 14 %. Skillnaderna blir stora även om man fördelar antalet använda vagnar istället för transportarbetet. För landtransporterna svarade containrar för 56 %, växelflak för 21 % och semitrailers för 23 %. Motsvarande

värden för hamntransporterna var 65, 26, respektive 9 %. Man kan således konstatera att hamntransporternas andel för växelflak, men framför allt för containrar var högre än för landtransporternas, medan det omvända förhållandet rådde för semitrailers. Detta förklaras huvudsakligen av att det i de flesta intermodala system där sjöfarten är involverad nästan uteslutande används containrar, medan semitrailers relativt ofta används vid landbaserade transportsystem.



Figur: Medelvikt per vagn med olika lastbärare för landkombi och hamnkombi 2004.

Den transporterade godsmängdens vikt per vagn skiljer sig mellan land- och hamntransporterna för de olika lastbärarna. Medelvikten per vagn för landtransporterna uppgick år 2004 för containrar till nästan 14 ton, för växelflak till drygt 19 ton och för semitrailers till drygt 24 ton. Motsvarande siffror för hamntransporterna var nästan 19 ton, nästan 33 ton respektive nästan 29 ton. Skillnaden förklaras delvis av att varuvärdet på godset är högre och därmed densiteten lägre för land- än för hamntransporterna. För containertransporterna förklaras skillnaden framför allt av att medeltransportavstånden för hamntransporterna är långa, eftersom en stor del av godset transporteras i skytteltrafik mellan Göteborg och relativt avlägsna orter. Detta utvidgar vanligtvis upptagningsområdets storlek runt respektive ort, vilket möjliggör en högre fyllnadsgrad.

Tomtransporternas andel av transportarbetet för de olika lastbärarna skiljer sig relativt marginellt mellan land- och hamntransporterna. För landtransporterna hade år 2004 containrar en tomtransportandel på 19 %. Motsvarande värde för växelflak uppgick till 5 % och för semitrailers till 3 %. För hamntransporterna uppgick motsvarande värde för containrar till

13 % och för växelflak till 2 % samt saknades nästan helt för semitrailers. Utnyttjandet av containrar är således effektivare för hamn- än för landtransporterna, vilket förklaras av att medeltransportavstånden för hamntransporterna med container är relativt långa och att godsmängden per ort är större. Detta gör systemen enklare att minimera med avseende på

tomtransporterna. En minimering för flödena till och från Göteborg gynnas också av att skyttlarna går från och till ett förutbestämt antal orter med en fast tidtabell.

En uppdelning av transportarbetet för landtransporterna på containrartorlek visar att 20 fot containrar svarade för 44 % av transportarbetet. Motsvarande värde för 30 fot containrar uppgick till 9 %, 40 fot till 44 % och 45 fot till 3 %. För hamntransporterna uppgick dessa värden till 55, 12 respektive 33 %. Det förekom nästan inga transporter med 45 fot containrar. Det är således 20 och 40 fot containrar som dominerar för såväl land- som hamntransporterna. 20 fot containrar används dock mer för hamn- än för landtransporter. Detta förklaras till viss del av skytteltrafiken till och från Göteborg, där andelen 20 fot containrar är relativt stor.

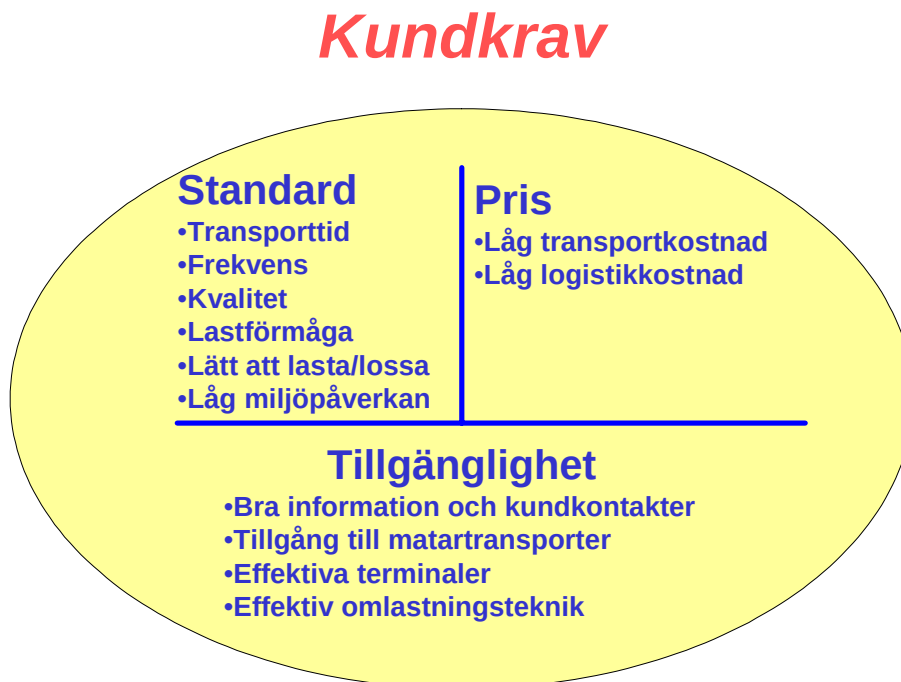
3 Kombitrafikens förutsättningar

3.1 Kundkrav och marknader

Kundkrav

Transportkundernas viktigaste krav är *kostnad* och *kvalitet*. Miljön blir också ett allt viktigare krav beroende på konsumenterna. Figuren nedan ger en mer fullständig bild av kundkraven:

Figur. Kundkrav



Kundkraven varierar mycket beroende på marknaden. En grov indelning på delmarknader framgår om transportvolymerna fördelas på *massgods*, *basgods*, *produktgods* och *servicegods*. De genomsnittliga varuvärdena ligger i storleksordningen 200 kr/ton för massgods, ca 2000 kr/ton för basgods, ca 20 000 kr/ton för produktgods och över 200 000 kr/ton för servicegods.

Järnvägen har starkast ställning på basmarknaden lastbilen på produktmarknaden, sjöfarten på marknaden för massgods och flyget på marknaden för servicegods. Något förenklat kan man säga att prisnivåerna ligger därefter på respektive marknad: 10 öre/tonkm för massgods, 20

öre/tonkm för basgods, 60 öre/tonkm för produktgods och uppemot 30 kr/tonkm för servicegods, se tabell.

Tabell: Grov indelning av godset på delmarknader med vissa karaktäristika

Delmarknad	Totalmarknad miljarder tonkilometer	Typisk sändning- storlek	Typiskt varuvärde kr/ton ca	Typisk prisnivå kr/tonkm ca	Dominerande transport- medel
Massgods	24	400 ton	200	0,10	sjöfart
Basmarknad	34	40 ton	2000	0,20	järnväg
Produktmarknad	22	10 ton	20 000	0,60	lastbil
Servicebmarknad	0,3	10 kg	200 000	30	flyg

De krav som näringslivet har på godstransporterna beror på varans karaktär, var i produktionsprocessen den befinner sig, dess ekonomiska bärkraft och marknad. Järnvägen utnyttjas huvudsakligen för långväga godstransporter där kraven också kan skilja sig när det gäller inrikes och utrikes transporter.

Kraven varierar mellan olika typer av transporter beroende på kapacitet och kvalitet. Det kan också vara branscher och geografisk struktur som ställer speciella krav på transporterna. Ytterligare en dimension är företags- och sändningsstorleken. Detta skall ställas mot de produkter som järnvägen kan erbjuda. Det gäller då att hitta en minsta gemensam nämnare hos de olika kundsegmenten så att en så stor del av marknaden som möjligt kan täckas in med järnvägens produkter.

Av tabell framgår kraven för ett antal delmarknader. Dessa har angivits i form av transporttid, frekvens och pris. Härtill kommer ett kvalitetskrav som kan variera inom respektive grupp.

För massgods dvs. råvaror till processindustrin är ofta kravet på kontinuerliga avgångar viktigare än kravet på en viss transporttid. Det gäller systemtransporter av stora volymer, vilket innebär att kraven på kapacitet är höga och priserna låga. Samtidigt är kraven på precision stora eftersom järnvägen ofta fungerar som ett rullande lager.

För basmarknaden t.ex. leveranser råvaror och halvfabrikat mellan olika industrier och lager gäller att de i regel produceras på dagen och transporteras övernatt helst med dagliga avgångar. I utrikestrafik är dock dygnsrytmen annorlunda. Priset måste i regel vara lågt, eftersom det ofta rör sig om varor som inte är högt förädlade. Det innebär att det ställs stora krav på kapacitet i vikt eller volym. Kvalitetskraven varierar.

Produktmarknaden består av halvfabrikat och färdigvaror till lager eller direkt till konsumtion. De har samma transportidskrav som basprodukterna men kravet på övernattntransport är mer precist och gäller oftast tiden mellan kl. 17.00 - 07.00. De kräver också en högre kvalitet med avseende på t ex hantering, lastsäkring, temperatur, etc. och har en mer spridd struktur. Den högre servicenivån gör att prisnivån är högre än för basmarknaden. Den är kombitrafikens främsta nisch.

På servicemarknaden som omfattar post, paket och reservdelar sammanfaller kraven med persontågens dvs. hög genomsnittshastighet, turtäthet och tillgänglighet under större delen av dygnet och stor geografisk täckning. Prisinivån på denna marknad är i förhållande till övriga godstransporter relativt hög.

Tabell: Marknader, kundkrav och järnvägens produkter

Marknadssegment	Tidskrav	Frekvens	Huvudsaklig produkt	Samverkar huvudsakligen med
Massgods - råvaror	mindre än ett dygn	kontinuerliga	systemtåg	sjöfart
Basmarknad - råvaror	Inrikes: Dag 0-1	dagliga	vagnslasttrafik	sjöfart
- halvfabrikat	Utrikes: Dag 1-3	flera/vecka		
Produktmarknad - halvfabrikat	övernatt kl. 17.00 - 07.00	dagliga	kombitrafik	lastbil
- färdigvaror				
Servicemarknad - post, paket	övernatt under dagen	dagliga flera/dag	snabbgodståg persontåg	flyg lastbil budbil
- expressgods				

Järnvägens produkter

Järnvägens produkter kan med hänsyn till marknaden och produktionssystemet delas in i följande huvudprodukter:

- Vagnslasttrafik
- Systemtåg
- Kombitrafik
- Snabbgodståg
- Expressgods

Produkterna täcker olika marknadssegment på godstransportmarknaden och skiljer sig åt när det gäller produktionssystem och fordon, vilket gör att de har olika kostnadsstruktur och kvalitetsegenskaper.

Vagnslasttrafik

Vagnslasttrafiken är den äldsta produkten och basen i järnvägarnas godstrafiksystem. Den tillgodoser huvudsakligen basmarknadens transporter av råvaror och halvfabrikat. Den omfattar transport av hela vagnar som lastas och lossas av kunderna vid industrispår eller frilastkajer. Det kan vara enstaka vagnslaster eller grupper av vagnar. Vagnarna rangeras oftast två eller flera gånger under transporten. Saknar avsändaren och/eller mottagaren av godset egen spåranslutning kombineras järnvägstransporten med lastbilsforsling.

Systemtåg

Systemtåg är godståg som ingår i logistiska system där järnvägen fungerar som ett löpande band för industrin för transporter av massgods och basvaror. Varje systemtåg körs åt en viss kund med särskilt avdelade vagnar och efter egen tidtabell. Samma teknik används som i vagnslasttrafiken men systemtåg medger att järnvägens skalfördelar kan utnyttjas maximalt. Det största och äldsta systemet är Malmbanan. Typiska godslag är malm, rundvirke och stål.

Kombitrafik

Kombitrafiken omfattar transport av lösa lastbärare, främst containrar, växelflak och semitrailers mellan särskilda terminaler på speciella vagnar huvudsakligen av gods från produktmarknaden. Vagnarna går vanligtvis i separata tåg direkt mellan kombiterminalerna men kan också gå som vagngrupper i vagnslasttågen. Matartrafiken sker med lastbil. Det finns

idag kombiterminaler på 13 orter i Sverige varav några är lokaliserade i hamnar. Transporter av sjöcontainrar till hamnar och trailers till färjelägen är betydande.

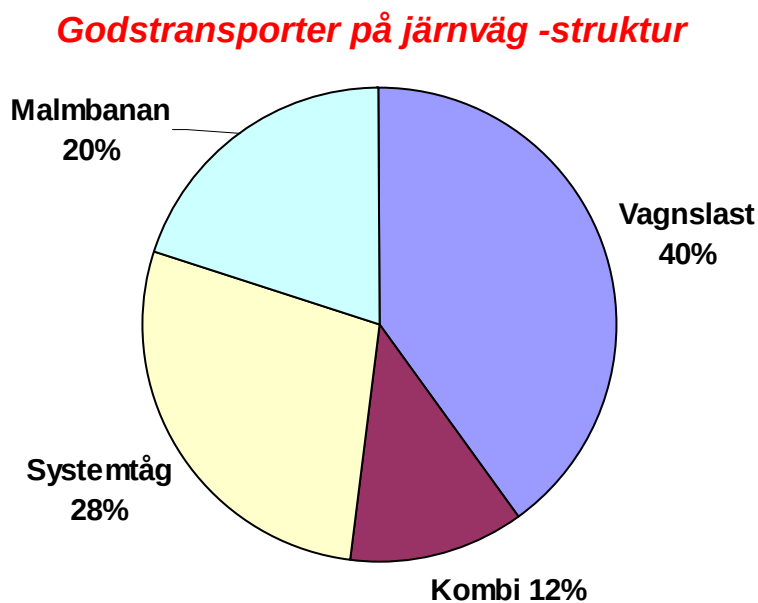
Snabbgodståg

Snabbgodståg ombesörjer i regel post- och pakettransporter på servicemarknaden. Transporterna sker oftast övernatt med sen avgång och tidig ankomst så att insamling och sortering kan ske på terminalerna före avgång och sortering och distribution kan ske efter ankomst. Vissa tåg gör undervägsuppehåll för lastning och lossning längs vägen. Tågen utgörs oftast av persontågsmateriel och framförs med samma hastighet som persontågen.

Expressgods

Expressgods tillgodoser servicemarknadens transportbehov och utgörs av paket och mindre sändningar upp till en lastpall som transporteras i persontågen i expressgodsvagnar eller vagnar med expressgodsutrymme. Transporterna sker under dagen med dagtåg eller övernatt med nattåg. Samproduktionen med persontrafiken ger en hög turtäthet, en viktig förutsättning för att kunna tillgodose kravet på snabb leverans. Sedan år 2000 finns inget sådant system i Sverige.

Vagnslasttrafiken svarar för 40 % av järnvägstransporterna mätt i tonkilometer. Systemtågen svarar för 28 % och kombi- och lastbil-järnväg för 12 %. Malmбанan, som också är ett systemtåg, svarar för 20 %. Malmбанan är också ett stor operatör utanför Green Cargo. De övriga privata operatörerna svarar för ca 2% av transportarbetet, varför Green Cargo svarar för 78 %. Fördelningen av järnvägstrafiken på olika produkter framgår av figuren nedan.



Figur Godstransportprodukter

3.2 Intermodalitet och tillgänglighet

Förekomst av intermodalitet

Av den totalt transporterade godsmängden i Sverige exkl. malm och olja är 64% direkta transporter från avsändare till mottagare utan omlastning vilket innebär att 36% är med omlastning eller intermodala. Högst andel intermodala transporter har sjöfarten med 82%, medan lastbilen har lägst andel med 12%. Av järnvägens transporter är 45% intermodala. Skillnaderna beror framförallt på de olika transportmedlens geografiska tillgänglighet, se tabell.

Av järnvägstransporterna exkl. malm gick år 2000 ca 55% från/till industrispår och ytterligare 15% till/från hamn, sammantaget således 70%. Med forsling till terminal eller frilast gick 15% och med kombitrafik gick ytterligare 15%. Sammantaget 30% av järnvägstransporterna var således en kombination av lastbil och järnväg, se tabell.

Tabell: Transporterad godsmängd i ton exkl. malm indelade i direkta transporter och transporter med omlastning dvs. intermodala transporter. Ungefärliga värden för år 2000. Källa: Jakob Wajzman, Green Cargo

Transportmedel	Andel direkta	Andel intermodala
Lastbil	88%	12%
Järnväg	55%	45%
Sjöfart	18%	82%
Totalt	64%	36%

Tabell: Transporterad godsmängd i ton exkl. malm efter lastnings/lossningsplats. Ungefärliga värden för år 2000. Källa: Jakob Wajzman, Green Cargo

Lastnings/lossningsplats	Andel
Vagnslast via industrispår	55%
Vagnslast via hamn	15%
Vagnslast med lastbilsforsling	15%
Kombitrafik	15%
Totalt	100%

Tillgänglighet till järnväg

Den svenska industrin är fortfarande i hög utsträckning lokaliserad till orter med järnväg även om detta inte alltid utnyttjas. Överslagsmässigt är 85 % av sysselsättningen i tillverkningsindustrin lokaliserad till orter med järnväg. De nedläggningar som gjorts av järnvägar har i större utsträckning omfattat persontrafik och samtidigt har näringslivet koncentrerats till färre och större anläggningar.

Även om transporterna går från orter vid järnvägsnätet, finns inte alltid industrispår eller lokala terminaler med godstågsförbindelser. Banverket gjorde 1997 en enkätundersökning till transportchefer vid företag med över 100 anställda. Den visade att 35% av företagen hade industrispår, 72% av godskunderna hade industrispår eller järnväg på orten, ytterligare 22% hade järnväg inom 50 km avstånd och endast 5% låg mer än 50 km från järnväg. Däremot var det nästan bara företag med industrispår som utnyttjade järnväg i någon större utsträckning: 43% av dessa utnyttjade järnväg, medan över 90% av företagen i alla grupper utnyttjade lastbil, se tabell.

En specialbearbetning som gjorts av de inrikes långväga transporterna som går med direkt lastbilstrafik visade att 32 % hade både start- och målpunkt i orter vid järnvägsnätet, medan 65-74 % hade antingen start- eller målpunkt i orter vid järnvägsnätet. En annan bearbetning visade att endast 7 % av lastbilstransporterna skedde helt utanför järnvägsnätet med vare sig start- eller målpunkt i järnvägsorter, se tabell.

Det som redovisats ovan visar dels att industrin och dess transporter fortfarande i kanske förvånansvärt hög grad är lokaliserade i närheten av järnvägsnätet, dels att det finns en betydande potential för järnvägen om man kan tillgodose dessa transportbehov. Många transporter har en gång gått på järnväg, men sedan har trafiken upphört, varefter den lokala infrastrukturen i form av industrispår försvunnit. Järnvägen fungerar huvudsakligen som ett självständigt transportmedel - samverkan med lastbilen förekommer men är inte särskilt omfattande.

Tabell: Tillgång till järnväg och järnvägens marknadsandel. Källa: Banverket 1999: "Profilering av järnväg1999...", undersökning av företag med mer än 100 anställda.

	Andel av gods-kunderna	Tillgång till järnväg	Andel som utnyttjar järnväg	Andel som utnyttjar lastbil
Industrispår	35%	72%=nära spår	43%	92%
Järnväg på orten	37%		11%	95%
Järnväg inom 50 km	22%	28%= långt från spår	7%	96%
Mer än 50 km till järnväg	5%		0%	100%
Summa	100%	100%	21%	94%

Industrispår

I Sverige har antalet industrispår halverats under 1990-talet från ca 1200 år 1992 till ca 600 år 2001. Minskningen av antalet industrispår har varit stor både i glesbygden och inom tätbefolkade områden. Industrispårsminskningen beror dock inte bara på att man flyttar över transporter till andra transportmedel utan också i hög grad på att många traditionellt järnvägstransportberoende företag omstruktureras med den konsekvensen att vissa enheter slutar att existera. Järnbruk, stålverk, pappersbruk och sågverk har koncentrerats och mindre enheter har upphört i stor omfattning i Sverige såväl som i andra länder i Europa. Detta har särskilt drabbat glesbygden.

I storstadsområden är en annan starkt bidragande orsak till att spåranvändningen minskar att den tunga industrin flyttar allt längre ut på grund av högre markpriser samtidigt som det finns ett exploateringsstryck. Om spårerna är dåligt utnyttjade och utslitna och man ser alternativ användning av området innebär det ofta att både industriområden och spår försvinner vid en exploatering.

Det har också under de senaste decennierna inom Europa skett flera misslyckade industrispårssatsningar där kommuner mer eller mindre har lurats till att göra stora investeringar, men där de nya spåren knappast har använts. En orsak till att industrin vill ha industrispår är att blotta existensen av industrispår ökar konkurrensen och har en prispressande effekt på lastbilstransporterna.

Det finns dock flera exempel på att nyetablerade operatörer har återupprättat användandet av gamla industrispår med enkla medel. Detta gäller i mycket stor utsträckning USA men det förekommer även i Sverige, England och Tyskland.

En komplikation är alla att de regler som gäller för byggande och innehav av industrispår gör det svårt för mindre företag att hantera dessa frågor. Denna byråkrati saknar helt motstycke om man jämför med att bygga en industriväg för lastbilar.

Kan kombitrafiken ersätta vagnslasttrafiken?

En fråga som många ställer sig är om man inte helt kan slopa vagnslasttrafiken och ersätta den med kombitrafik och systemtåg. Så har t ex skett i Norge och utvecklingstendenser åt detta håll finns även i andra länder. Utvecklingen är emellertid inte entydig, i USA är vagnslasttrafiken oerhört stark och är den som järnvägsföretagen tjänar mest pengar på. Nya operatörer i Europa satsar oftast på vagnslasttrafik. Som framgått av ovan är i Sverige vagnslasttrafiken den dominerande transportformen med 40% av det totala transportarbetet, och kombitrafiken har inte gjort några större inbrytningar de senaste 20 åren.

Den grundläggande orsaken till att vagnslasttrafiken är konkurrenskraftig är transportekonomin. En container eller ett växelflaks dimensioner begränsas av lastbilarnas längd och bredd och av lastbilarnas tillåtna axellaster och bruttovikter. Det innebär att i Sverige kan en lastbil vara högst 2,6 m bred och väga 60 ton vilket i praktiken begränsar nyttolasten till ca 40 ton och volymen till 160 m³.

Skall sedan godset fraktas i en container begränsas volymen till ca 110 m³ eftersom även höjden normalt är begränsad till ca 2,5 m. På en lastbil eller en boggivagn ryms tre 20 fots-container som är ca 6m långa. Visserligen kan nyttolasten per container uppgå till ca 20 ton så man kan lasta ca 60 ton på järnvägsvagnen men det går bara att lasta 40 ton på en lastbil.

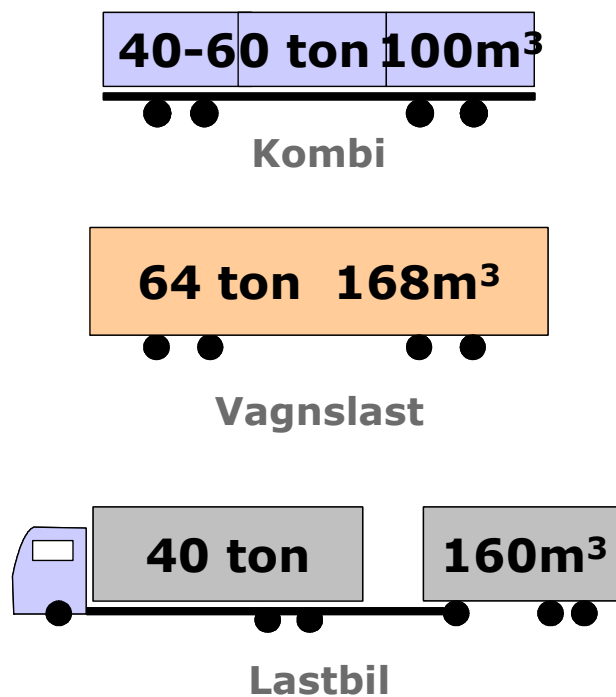
För gods som är tungt eller volymkrävande så kan man i allmänhet få med mycket mer i en konventionell järnvägsvagn än i en container eller växelflak, vilket tydligt framgår av figur. Skillnaden blir ännu större om man ökar axellasten över 22,5 ton och utökar lastprofilen, åtgärder som håller på att genomföras i Sverige. Visserligen kan detta inte utnyttjas i trafik till Europa men där är å andra sidan lastbilarna mindre. Med 40 tons bruttovikt kan de lasta ca 26 ton och rymmer normalt 90 m³ (maximalt 110 m³) och kan därmed frakta en 40-fots-container som rymmer ca 70 m³.

Kostnaden för matartransport med lastbil och lyft av containrar till järnvägsvagn är av samma storleksordning som kostnaden för matartransport och växling på järnväg av en vagnslast. Därför lönar det sig sällan med kombitransport jämfört med vagnslast om man kan fylla en hel vagn. Vid mindre sändningar kan dock kombitransporter löna sig jämfört med vagnslast, men konkurrensen från direkt lastbilstrafik är också stark.

När det gäller frakt till hamnar, där godset ändå skall gå vidare på båt, är konkurrenssituationen annorlunda. Dels blir det bara matartransport i en ände, dels kan containrar på en båt både stuvas bredvid och ovanpå varandra och man kan därmed få ett högt volymutnyttjande av båten.

Det finns även andra transportupplägg där det finns logistiska fördelar med kombitransporter men om man generellt skulle lägga ned vagnslasttrafiken i Sverige skulle näringslivets transportkostnader öka kraftigt och järnvägstransporternas marknadsandel minska. Eftersom ett kombitåg rymmer väsentligt mindre nyttolast än ett vagnslasttåg skulle det för att frakta samma volym som i dag fraktas i vagnslastsystemet skulle de krävas väsentligt fler tåg och kapacitetsproblemen skulle bli stora.

Av grundläggande transportekonomiska skäl så bör således vagnslasttrafiken utvecklas i samtidigt med att kombitrafiken måste hitta nya former. Syftet med detta projekt är analysera hur kombitrafiken kan utvecklas för att öka järnvägens lönsamhet och totala marknadsandel.



Figur: Jämförelse mellan en svensk 24m-lastbil med 60 tons bruttovikt, en vagnslast med 22,5 tons axellast och normal lastprofil och en kombitransport med tre 20-fotscontainrar på en boggivagn.

3.3 Ekonomiska förutsättningar

Som framgått av ovan så har transportkostnaden (priset) en avgörande betydelse för valet av transportmedel. I undersökningar av hur kunderna väljer mellan transportörer så kommer priset ofta högst. Det gäller dock under förutsättning att transportföretagen kan uppfylla vissa grundläggande kvalitetskrav, annars uppfattas det inte som ett reellt alternativ.

För att analysera järnvägens konkurrenssituation på olika delmarknader är det därför väsentligt att ha en bild av kostnadsstrukturen för godstransporter på järnväg i förhållande till konkurrerande transportmedel. Om järnvägen inte ens kan konkurrera kostnadsmässigt blir också kvaliteten ointressant eftersom lastbilen ofta kan erbjuda en tillräcklig kvalitet. Om däremot järnvägen kan konkurrera med priset då måste man också kunna erbjuda en tillräckligt bra kvalitet.

Järnväg och lastbil är de transportmedel som ligger närmast varandra när det gäller pris och kvalitet och därför är också konkurrensytorna mellan järnväg och lastbil störst. Ser man historiskt sett så har också lastbilen tagit marknadsandelar från järnvägen successivt. Det mesta som transporteras på järnväg är också möjligt att transportera med lastbil även om det inte alltid är lämpligt. Mycket som transporteras på lastbil kan också transporteras på järnväg med rätt förutsättningar. På kort sikt kan substitutionsmöjligheterna vara mindre eftersom företagen ofta är bundna av sina logistiska system och av transportavtal, men sett i ett lite längre perspektiv när förutsättningarna kan förändras är konkurrensytorna och därmed substitutionsmöjligheterna större.

Det finns givetvis också en konkurrensyta mellan sjöfarten och järnvägen och även lastbilen. Den är emellertid inte lika generell - sjöfarten är naturligt begränsad till trafik mellan hamnar av ganska stora sändningar. Järnväg och lastbil har en minsta lastenhet som är ungefär lika stora medan sjöfartens är väsentligt större och kan variera mer. Bl.a. av dessa anledningar är det svårt att beskriva konkurrensytan gentemot sjöfarten på ett generellt sätt. Sjöfarten är också på ett helt annat sätt beroende av matartransporter med järnväg och lastbil, medan järnvägen och lastbilen ibland är beroende av färjetransporter för internationella transporter.

För att kunna analysera konkurrensytorna mellan järnväg och lastbil och också möjligheterna till samverkan har en förenklad ekonomisk transportmodell utvecklats. Modellen gör inte anspråk på att vara exakt utan snarare vara ett verktyg för att åskådliggöra konkurrenssituationen i stort.

Modellen innehåller vissa fasta kostnader och rörliga kostnader. För järnväg kan de fasta kostnaderna bestå av matartransport (med järnväg eller lastbil), rangering eller lyft av enhetslast i terminal och en gemensam kostnad för planering, försäljning och administration. Den rörliga kostnaden beräknas som en kostnad per vagnkilometer för typiska fjärrdragningsståg. Det bör framhållas att den naturliga ekonomiska enheten för godstransporter på järnväg är tåget. I detta fall har kostnaderna för typiska tåg beräknats först och därefter fördelats på vagnarna vilket är en förenkling.

För direkt lastbil finns en fast kostnad för "ställtid" som är ganska liten och en kostnad för administration och försäljning medan större delen av kostnaden är en rörlig kostnad per kilometer. För kombitransporter av olika slag blir det dels en kostnad för matartransport som beräknas som en fast kostnad som varierar för olika system beroende på avstånd, dels fasta kostnader för lyft.

Kostnaden beräknas per tonkilometer eller per ton med hänsyn till relevanta tomkörningsandelar. Tomkörningsandelen på järnväg är i regel högre än på lastbil. Hänsyn tas också till

att järnvägsavståndet är längre än vägavståndet i och med att matartransporten ligger utanför transportsträckan.

Resultaten presenteras i diagramform, där huvudsyftet varit att åskådliggöra järnvägens konkurrenssituation på olika avstånd och med olika transportsystem och sändningsstorlekar. Kostnaden redovisas i kr/ton på Y-axeln och avståndet i km på X-axeln. I diagrammen redovisas också lastbilen och därigenom kan man se var break-even-point mellan järnväg och lastbil ligger under vissa givna förutsättningar.

Av diagrammen framgår järnvägens relativt höga fasta kostnad tydligt i startpunkten på Y-axeln medan lastbilen har en låg fast kostnad som ligger nära noll. Lastbilens kostnad ökar i stället snabbare och proportionellt mot avståndet. Järnvägens kostnad är mer flack eller degressiv per ton men startar från ett högre utgångsläge. Järnvägens fasta kostnad är emellertid inte opåverkbar - med större vagnar och volym kan den nästan halveras och även lutningen på kurvan kan bli litet flackare. Lastbilens kostnad är mer rörlig och inte lika volymberoende så länge man kan köra med fulla lass.

Vagnslast med forsling

Av figur på nästa sida framgår *vagnslast med forsling* jämfört med *direkt lastbil*. Forsling innebär att godset först lastas på lastbil och därefter körs till närmaste järnvägsterminal där det omlastas på konventionellt sett t.ex. med gaffeltruck till järnvägsvagnen. Det kan bli nödvändigt om det inte finns industrispårsanslutning. Figuren visar forsling i en ände och forsling i båda ändar utifrån en enstaka 4-axlig vagn.

Av diagrammet framgår att break-even-point för en enstaka 4-axlig vagnslast med forsling i ena änden ökar med ca 15 mil från ca 40 mil utan forsling till ca 55 mil med en forsling. Med forsling i båda ändar ökar break-even-point till omkring 70 mil. Med tvåaxliga vagnar och 30 tons last blir avstånden ännu längre. Till detta kommer risken för skador vid omlastningen och att en transport med omlastning i regel tar längre tid åtminstone än direkt lastbilstransport. Det är således sannolikt att om kunden väl har lastat sändningen på en lastbil kommer den också att fortsätta på lastbil ända till slutmålet.

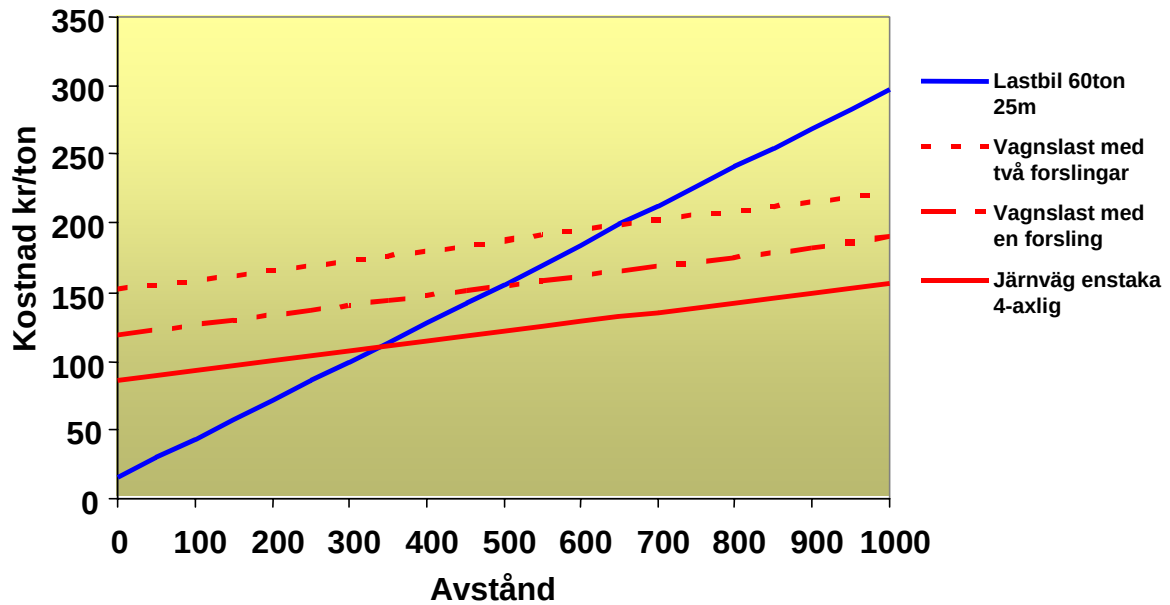
Av detta framgår vikten av att det finns industrispår om man vill frakta på järnväg. Det är också viktigt att det finns spårsanslutning i båda ändar. Det är först på mycket långa avstånd som det kan löna sig med forsling.

Konventionell kombitrafik

Av nästa figur framgår *kombitrafik järnväg-lastbil* jämfört med *direkt lastbil*. Kombitrafiken är beräknad utifrån en trailer som lastar 25 ton. I kombitrafiken ingår en sammanlagd matartransport om 150 km i båda ändar och lyft i kombiterminalerna. Lastbilstransporten är beräknat för tre olika fall: dels nuvarande 60-tons lastbilar, dels de 51,4 tons-bilar som tidigare var de största tillåtna i Sverige och dels en standard EU-bil med 40-tons bruttovikt.

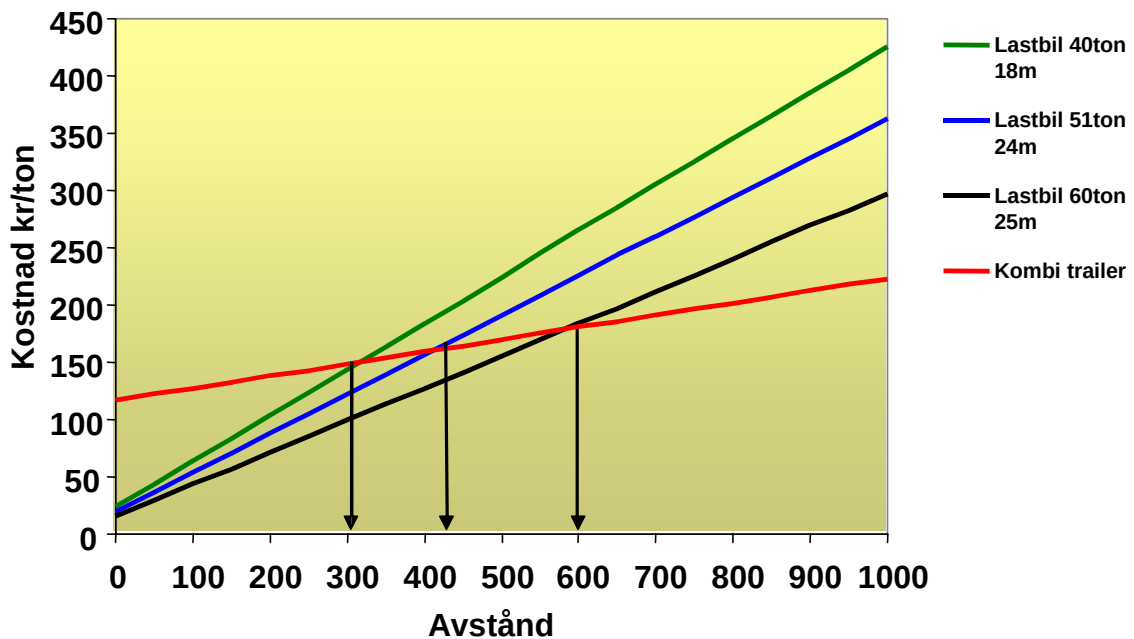
Det första som kan utläsas av diagrammet är att break-even-point mellan en kombitrafiktransport med de förutsättningar som angivits ovan jämfört med dagens effektiva lastbilar i Sverige ligger omkring 85 mil. Det går naturligtvis att hitta fall då break-even ligger lägre: om matartransportavståndet är kortare, om man bara har 25 tons last och inte kan fylla upp en hel bil med 40 tons last etc. I det redovisade fallet hamnar break-even på ungefär samma nivå som för vagnslast med forsling i båda ändar, men kombitrafiken är sannolikt ändå mer konkurrenskraftig dels i och med att den är effektivare vid mindre sändningar dels i och med att lastbäraren är obruten genom hela transporten och transportkvaliteten därmed är bättre.

Kostnad vagnslast med forsling



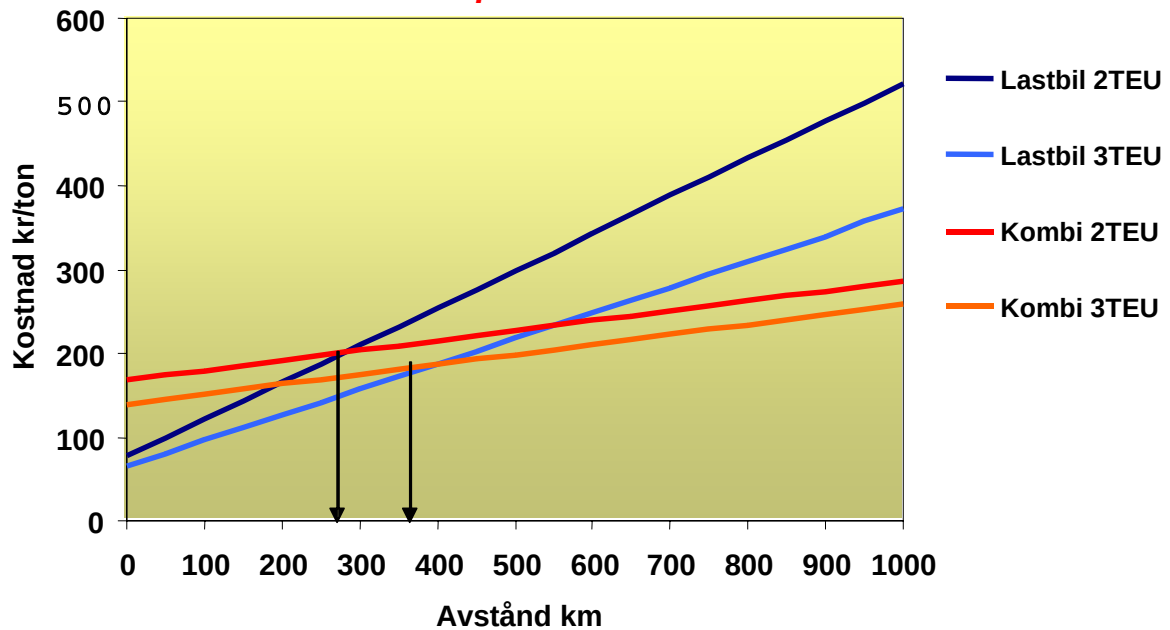
Figur: Kostnadsjämförelse vagnslast (4-axlig, enstaka vagn) med och utan forsling och lastbil

Kostnad kombitransport - direkt lastbil



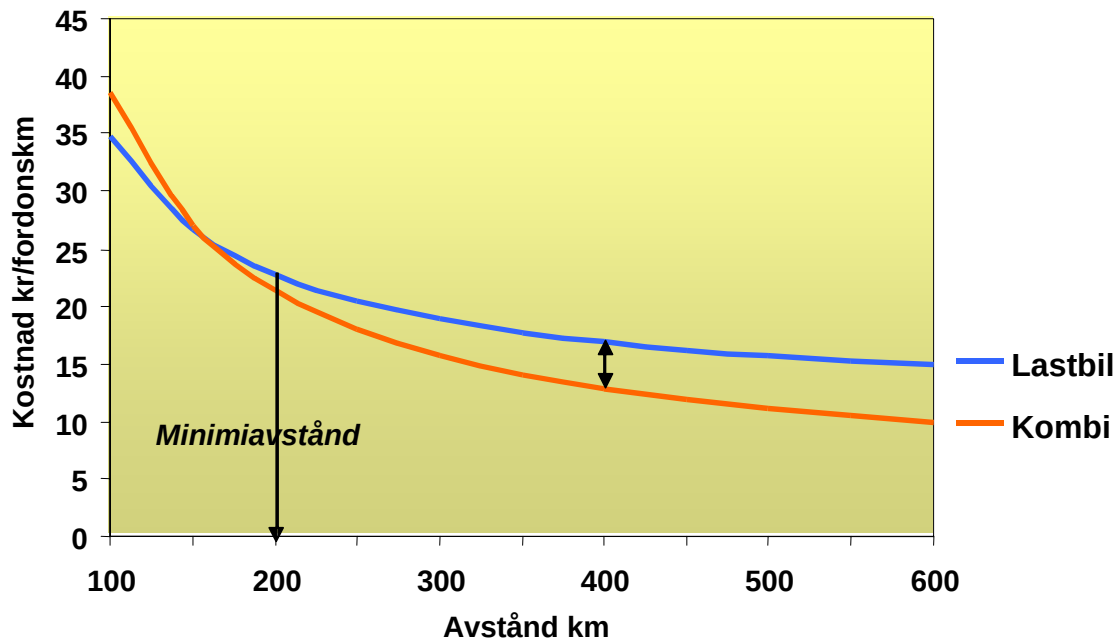
Figur: Kostnad för kombitrafik med en semitrailer med 25 ton last jämfört med direkt lastbilstrafik med olika fordonsstorlekar.

**Marknad Lastbil-Kombitransport till Göteborgs Hamn
- matartransportavstånd 50 km**



Figur: Kostnad för kombitrafik till hamn med matartransport i en ände och olika antal containrar per vagn eller lastbil. En TEU motsvarar en 6m-container (20 fot).

**Kostnadskillnad Lastbil-Kombi till Göteborgs Hamn
- Ekonomiskt utrymme för matartransport**



Figur: Kostnad för transport av 3 TEU till hamn beroende på avstånd med direkt lastbil och kombi. Mellanskillnaden visar det ekonomiska utrymmet för matartransport i en ände.

Den andra slutsatsen man kan dra är att de tyngre lastbilarna som införts i Sverige har försämrat förutsättningarna för kombitrafik. I det valda exemplet har break-even-point förskjutits från ca 50 mil jämfört med en 51,4-tons bil ca 35 mil till 85 mil. Jämför man med en EU-lastbil som får väga 40 ton och lastar 25 ton precis som trailern ligger break-even på 35 mil d.v.s. 50 mil lägre än i Sverige. Skillnaden är således markant. Samma effekt har givetvis uppstått i förhållande till vagnslasttrafiken.

Höjningen av bruttovikten för lastbilar skedde genom att europeiska axel/boggitryck tillämpades på svenska långa lastbilar med bibehållande av längden (och t.o.m. en utökning till 25,25m). En diskuterad EU-anpassning till 18m uteblev och förbyttes i en ökad bruttovikt. Dessutom slopades kilometerskatten. Detta givetvis med det goda syftet att förbättra näringslivets transportmöjligheter.

Den *positiva effekterna* för näringslivets transporter framgår tydligt om man jämför en normal EU-lastbil på 40 ton med en svensk lastbil på 60 ton. Transportkostnaden i Sverige blir då ca 30% lägre per tonkilometer.

Den ökade bruttovikten på lastbilarna i Sverige innebar att tonkilometerpriset i Sverige sjönk med ca 20% vilket gav följande negativa effekter för järnvägen i Sverige:

- Lastbilen blev konkurrenskraftigare mot järnväg på längre avstånd och för allt större volymer
- Marknadspriset på transporter sjönk vilket gav en prispress även på järnvägstransporter
- Tågoperatörernas lönsamhet försämrades därmed kraftigt

Att en förskjutning av break-even-point påverkar järnvägens marknadsandel så mycket beror också på att ju längre avstånd, desto mindre transportvolym transporteras. De största volymerna finns således på korta avstånd. Även om de längre avstånden ger större transportarbete så svarar ändå transporterna under 50 mil för ca 70 % av transportarbetet för långväga transporter (över 10 mil).

En slutsats man kan dra av jämförelser mellan kostnaderna är att järnvägen nästan alltid har lägre kostnader än lastbilen på rena undervägstransporter. Kostnaderna är jämförbara i de fall transporten med järnväg kan gå direkt från en industri eller terminal till en annan industri eller terminal med spåranslutning där matartransporten kan köras rationellt. Om kostnader tillkommer för omlastning och matartransport med lastbil, ökar ofta kostnaderna så att järnvägen inte blir konkurrenskraftig varför godset går på lastbil hela vägen. Samma lastbil som används för fjärrtransporten kan även användas för matartransporten utan omlastning, vilket gör att matartransporterna till lastbilen blir relativt sett mycket billigare.

Även om kostnaden per vagnkilometer är lägre för järnvägen än för lastbilen ligger det pris som järnvägen måste ta ut per transporterad tonkilometer inte lika långt under lastbilen, utan snarare inom vad som skulle kunna betraktas som konkurrensfältet. Orsaken till detta är bland annat att järnvägen har en annan transportstruktur med mer enkelriktade råvaruflöden och därmed högre tomkörningsandel än lastbilen. Om dessa transporter skulle gå på lastbil skulle kapacitetsutnyttjandet för lastbilen bli väsentligt sämre. Även om jämförelsen således kan sägas vara något irrelevant säger den något om det pris som järnvägen i genomsnitt måste ta ut för varje transporterat ton för att täcka sina totala kostnader.

Marginalkostnaden för en järnvägstransport i olika lägen blir i allmänhet lägre än motsvarande marginalkostnad beräknad för lastbil. I praktiken kan dock lastbilsföretagen ha lättare att konkurrera med priset, dels beroende på åkeriets och förarens mer direkta kontakt med kunderna och därmed möjlighet att få "marginella" transportuppdrag, dels beroende på

att järnvägen inte har samma möjligheter att sätta varierande priser på enskilda transporter. Priset för en enskild transport behöver inte motsvara kostnaderna men på lång sikt måste ändå de totala kostnaderna täckas in.

Hamnkombitrafik

Situationen för hamnkombitrafik (se diagram på sidan 36) är annorlunda än för kombitransport beroende på att matartransport endast behövs i ena änden. I andra änden omlastas containrar direkt till båt eller lagras i hamnen i väntan på lastning på båt. Situationen blir då gynnsammare i jämförelse med en transport där en lastbil kan köra direkt från kund till kund men där en kombitransport kräver omlastning och matartransport i båda ändar. Vid transport till hamn krävs ändå omlastning vare sig transporten kommer med lastbil, kombitransport eller vagnslasttransport.

En annan anledning till att kombitransporter av containrar är effektiva är att en stor del av båttrafiken och hamnterminalerna är anpassade till containertransporter. Containrar kan på båtar stuvats både bredvid och ovanpå varandra, de kan stuvats under däck och ovanpå däck och de kan förankras i varandra och i båten genom att de kan låsas fast i hörnlådorna. Containerns dimensioner blir därmed inte dimensionerande för den totala mängden gods som kan transporteras med en båt.

Motsatsen gäller för järnväg och lastbil. Lastbilarnas bredd, höjd och längd samt viktbegränsningar innebär att maximalt 18 m eller tre 20-fots-containrar kan köras på en lastbil eller två fullt utlastade containrar. Lastbilarnas höjd kan inte heller utnyttjas fullt ut. Ett annat problem är att pallstat gods inte kan stuvats effektivt i en container eftersom den invändiga bredden är precis för liten för att ställa två pallar i bredd (2x1200mm), vilket däremot går i en konventionell lastbil eller järnvägsvagn.

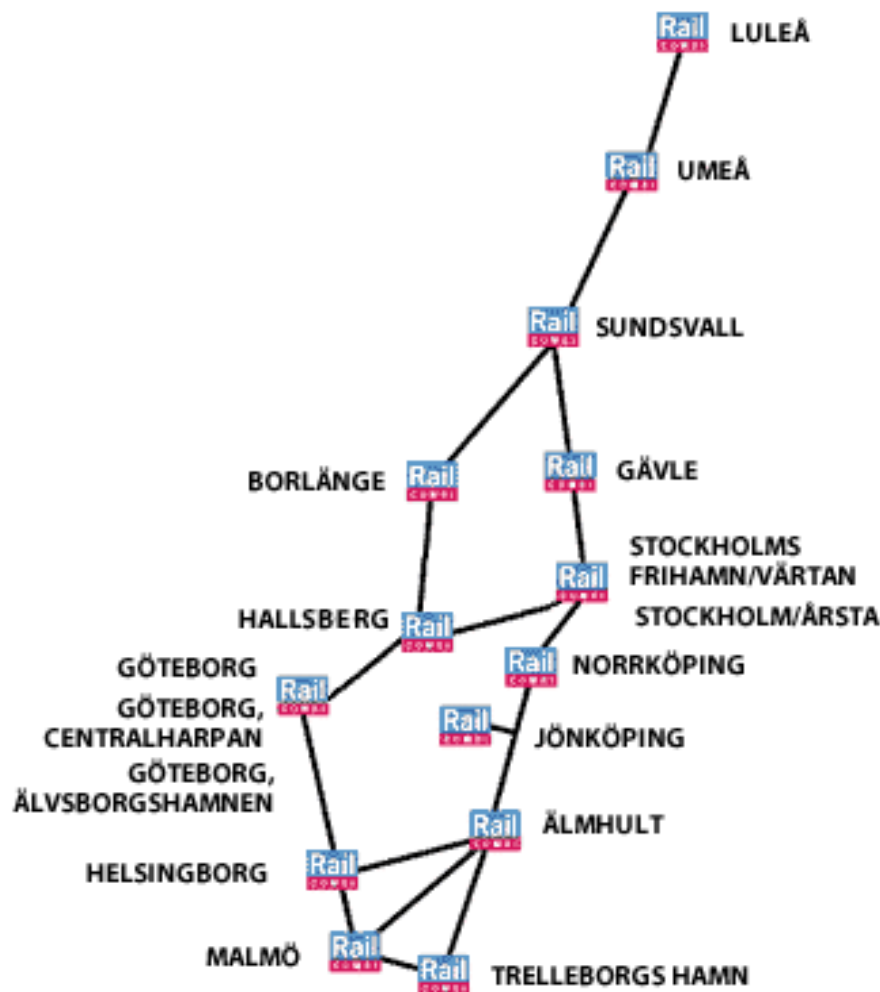
På en järnvägsvagn kan man också lasta tre containrar, även om de är fullt utlastade. Men i en vagnslast kan man lasta mycket mer: Bredden är normalt 3,0 m i stället för containerns 2,5 m och höjden är högre. Med den större lastprofilen som är under genomförande i Sverige som är 3,6 x 3,6m i tvärsnitt och med högre axellast går det att lasta nästan dubbelt så mycket som i container ställda på motsvarande vagnlängd.

4 Olika typer av kombitrafik

4.1 Konventionell kombitrafik

Befintligt system för kombinerade transporter i Sverige

Den dominerande skandinaviska operatören av kombitransporter är RailCombi som ägs svenska Green Cargo samt norska Cargo Net. I Sverige trafikeras 16 terminaler, belägna i 13 tätorter, se figur.



Figur: RailCombis terminalnät i Sverige (Figur: RailCombi).

Det befintliga kombisystemet, opererat av RailCombi, är ett så kallat tungkombisystem, vilket innebär att det är avsett att vid flertalet terminaler klara hantering av samtliga lastbärare med undantag av rullflak.

I detta system är topplyftning respektive griparmslyftning de dominerande hanteringsmetoderna. Hanteringsutrustningen är dimensionerad för de tyngsta lastbärarna som förekommer i systemet, vilket i praktiken innebär att de skall klara att lyfta påhängsvagnar med en bruttovikt av 45 ton. För en motviktstruck av reach-stackertyp innebär detta, om lastbäraren hanteras med ett ok med en egenvikt av 10 ton, en axellast på 110 ton. Detta ställer i sin tur mycket höga krav på underlaget vid de terminaler där dessa truckar används.

Eftersom hanteringskostnaden på terminalerna vanligen beräknas som en engångskostnad för att lasta om en lastbärare mellan lastbil och järnvägsvagn, oavsett lastbärarens storlek, medför den samlade hanteringen av stora och små lastbärare att de mindre lastbärarna, får onödigt höga omlastningskostnader. Som exempel kan nämnas att ett C-klass växelflak, med en bruttovikt av 16 ton (se avsnitt 5.3) ofta hanteras med samma utrustning som en påhängsvagn med en bruttovikt av i storleksordningen 33–45 ton.

Utöver RailCombi bedriver Göteborgs Hamn AB ett antal så kallade skyttlar mellan hamnen i Göteborg och ett antal orter i Sverige. Även dessa system är att betrakta som tungkombi. Ett flertal av dessa skyttlar trafikerar RailCombis terminaler och drivs med RailCombi som operatör. Andra operatörer är BK Tåg, Green Cargo och TGOJ Trafik. De orter, utöver de ovan nämnda, som har kombiterminaler som betjänar detta system är följande:

- Eskilstuna
- Insjön
- Karlstad (Vänerexpressen)
- Södertälje

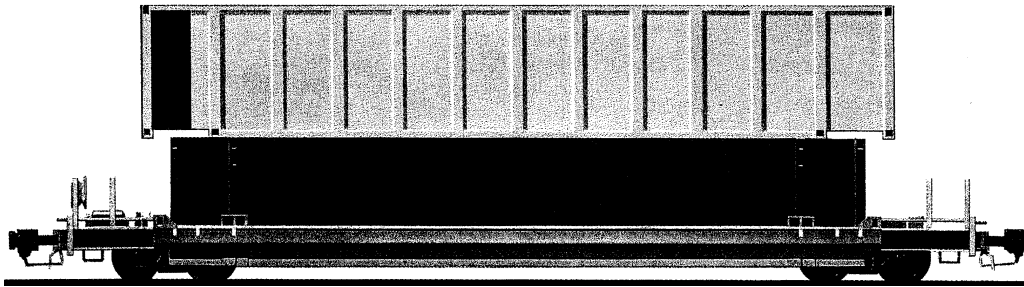
Sammantaget bedrivs i Sverige frekvent tungkombitrafik på 16 orter och minst 20 terminaler. Utöver detta förekommer att heltåg och vagngrupper med kombilastbärare lastas och lossas på industrispår inom olika industrianläggningar. Exempel på detta är Volvos fabriker i Olofström samt Torslandaverken i Göteborg. Vidare förekommer omlastning av kombilastbärare mellan normalspåriga vagnar och vagnar med finsk/rysk spårvidd i Haparanda/Torneå.

4.2 Storskaliga system

Double stack containrar – två våningar containrar

Storskaliga system är väl utvecklade i Nordamerika med långa tåg och vagnar med försänkt lastyta som tillåter lastning i två plan – double stack, – eller t o m tre plan – triple stack, se figurerna nedan. Sådana system lämpar sig väl för långa avstånd och stora volymer och fungerar ungefär som ett containerfartyg på land, varför denna typ av trafik i USA ibland även kallas för "torr-sjöfart". I USA ingår denna trafik delvis i transoceana transportkedjor där järnvägen fungerar som "landbridge" mellan två hamnar. Men även inrikes styckegods och t.o.m. post transporteras i dessa tåg.

I Europa kan storskaliga system bli aktuella för transeuropeiska transporter, som torde ha en stor utvecklingspotential, samt för landbunden feedertrafik från och till stora hamnar. En ny godsjärnväg som nu håller på att byggas från Rotterdam mot Ruhrområdet (Betuwe-linjen) byggs redan från början så att den kan trafikeras av double-stack-containertåg.



Figur: Nordamerikansk double-stack-containervagn



Figur: Triple-stack transport. Containrarna med en höjd på endast 1,9 m är lägre än normalt och kan därför transporteras i de nordamerikanska double-stack-korridorerna. De används för tryckkänsligt gods.

En generell utvidgning av lastprofilen för double-stack-transporter är dock i Europa mindre sannolikt, bl.a. på grund av att större delen av järnvägsnätet här är försett med kontaktledning. Däremot kan det vara intressant att för vissa godsslag använda lågbyggda containrar, varav två staplade ovanpå varandra skulle kunna transporteras inom dagens eller en endast något utvidgat lastprofil.

4.3 Småskaliga system

Linjebaserade system – Lättkombi

Lättkombi är ett linjetåg-baserat transportsystem för containrar och växelflak, avsett att i första hand täcka kortare och medellånga avstånd. I och med att tågen gör mellanuppehåll kan de täcka in fler relationer än den konventionella kombitrafiken och eftersom terminalerna är enkla, obemannade och inte kräver någon tung utrustning behöver trafikunderlaget per terminal inte heller vara lika stort. Terminalerna ligger delvis i sidotågväg och enhetslasterna kan lastas och lossas med en gaffeltruck.

Ett linjebaserat system med små enhetslaster finns sedan många år i drift i Japan, se figur. Tågen stannar i sidotågvägen och lastas och lossas under kontaktledning av gaffeltruckar, som finns stationerade på terminalen som också är bemannade. I detta system hanteras relativt stora volymer. De flesta containrarna är 12-fots-minicontainrar, men större lastenheter kan också hanteras.

I det svenska lättkombisystemet lastades och lossades under strömförande kontaktledning av en gaffeltruck, se figur. Gaffeltrucken följde med på tåget på en djuplastningsvagn. Tåget stoppas så att truckvagnen stannar vid en avkörningsramp som finns på varje terminal. Lokföraren körde trucken av tåget för att lasta och lossa. Lastenheterna lastades antingen direkt på en väntande lastbil eller placeras på lastbockar i väntan på vidare transport. Efter avslutad lossning och lastning kördes trucken åter på truckvagnen och tåget fortsätter till nästa terminal. Uppehållstiden var ca en halv timme per terminal.

Lättkombisystemet fyller två syften, dels att fånga upp mindre flöden över kortare och medellånga avstånd, dels att fungera som matartransportsystem till tungkombinätet. Genom ett utbyggt lättkombinät kan förutsättningar skapas för en konsolidering av tungkombitrafiken. Tillsammans skulle tung- och lättkombisystemen kunna bilda grunden för en konkurrenskraftig och lönsam kombitrafik i Sverige och på sikt även på europeisk nivå.

Nedanstående tabell innehåller en jämförelse mellan tung- och lättkombisystemet.



Figur: Linjetårgsbaserat lättkombi-system i Japan, MFFTS (Multi-Functional Freight Track System). Truckarna är stationerade på terminalerna, då dessa hanterar stora volymer. Bilden visar lastningen av containrar under kontaktledning på terminalen i Umekoij nära Kyoto (Foto: J-O Wede).



Figur: Lättkombisystemet som kördes av SJ Gods 1998-2001. Lastning och lossning sker under kontaktledning med hjälp av gaffeltruck som följer med tåget. Lokföraren körde trucken. De flesta terminalerna låg i sidotågväg.

Tabell: Jämförelse mellan tung- och lättkombi.

	Storskaligt system – Tungkombi –	Småskaligt system – Lättkombi –
Lastbärare	Containrar Växelflak Semitrailrar	Lätta 20'-containrar Växelflak
Omlastningsteknik	Portalkran, kompletterad med gaffeltruck, stativtruck eller railstacker, helautomatiserade högkapacitetsterminaler	Gaffeltruck, senare övergång till horisontell överföringsteknik (t ex CCT2)
Järnvägsvagnar	Container- och trailertransportvagnar	Containervagnar
Maxhastighet (Medelhastighet)	100–120 (80) km/tim	160 (60) km/tim
Tåglängd	helst full tåglängd (700 m)	ca 15 fyraxl. vagnar (300 m)
Trafikeringsprincip	Direktåg	Linjetåg
Turtäthet	en avgång/dygn (övernatt)	en till två avgångar/dygn o linje (dag- och nattavgångar)
Terminalavstånd	ca 15–50 mil	ca 5–15 mil (större avvikelser kan förekomma; inte alla tåg angör alla terminaler utmed en linje)
Mataravstånd fr/t terminal	långt; upp till över 10 mil	kort; i regel mindre än 5 mil
Uppehållstid i undervägsterminaler	–	15–30 min

4.4 Vagnslastbaserade system

Rullflak

Ett annat intressant system är rullflak på vridramsvagnar. Fördelen ligger i att det inte krävs någon speciell terminal utan att rullflaken kan lastas och lossas vid varje frilastspår. Vanligtvis innebär detta att rullflak transporteras i vagnslastsystemet.

I motsats till vanliga växelflak sker omlastningen av rullflak horisontellt med hjälp av ett på lastbilen installerad lastväxelaggregat. Rullflak transporteras på vridramsvagnar. Omlastningen går till så att vridramen på järnvägsvagnen svängs ut, lastbilen backar upp snett mot sidan av järnvägsvagnen och bilens lastväxlare kopplas till rullflakramens lyftbygel. Därefter skjuts rullflaket över till vagnens vridram som sedan vrids in och förreglas i sin slutgiltig position. Med hjälp av lastbilens lastväxelaggregat sker även lastning och lossning av rullflak från/till markplan.

Ett visst problem är att rullflaken kommer i stark lutning när de lastas eller lossas från/till markplan, vilket begränsar användningsområdet. Om man kan undvika denna lutning kan de dock användas även för transport av t ex pallgods. Fördelen med rullflak är att det inte krävs någon stationär terminalutrustning utan omlastningen kan i princip ske vid varje frilastspår.

Rullflak-tekniken används i flera europeiska länder, bl a i Nederländerna och Schweiz, här under beteckningen ACTS (Abroll-Container-Transport-System). I Sverige används rullflak bl a för soptransporter.

Både trailertåg- och ACTS-systemet har gemensamt att de inte tar konventionella lastbehållare som containrar eller växelflak. Detta är en förklaring till att de är nischprodukter i kombitrafiken. Rullflak används dock i stor utsträckning framförallt i byggbranschen och för sop- och skrottransporter. De kan därför utgöra ett viktigt komplement till övrig kombitrafik.



Bild: Direktöverföring av rullflak mellan lastbil utrustad med lastväxlare och järnvägsvagn försedd med vridbar lastram (Bild: Hiab)



Bild: Järnvägsvagn försedd med vridbara lastramar för rullflakshantering. Vagnen är lastad med två rullflak

C-sam

C-sam var ett system som användes i Sverige för styckegodstransporter från 1980-talet till 1992. Det byggde på en minicontainer som stod på tvären på järnvägsvagnen och på längden på lastbilen. Styckegodssystemet bestod av ca 30 knutpunkter där det fanns terminaler och oftast också rangerbangårdar. Styckegodsvagnarna kördes i vagnslastsystemet mellan knutpunkterna och växades ibland under väg.

En järnvägsvagn rymde 5 st C-sam minicontainrar som stod på tvären. De hade samma bredd som en lastbil 2,60 m och en längd på 3,40 m. Containrarna ställdes på längden på distributionsbilarna som i regel rymde 1-3 containrar beroende på storlek. Vagnarna placerades på ett frilastspår och lastbilen kunde själv dra över containern eller lasta vagnen genom att ställa sig vinkelrätt mot vagnen.

Systemet var idealiskt för mindre sändningar men ett problem var att det kunde vara svårt att fylla en vagn med fem små sändningar som skulle till samma ort. Det krävdes också specialbilar för att hantera containrarna. Vidare måste vagnarna växlas ut till terminalspåren och stå där medan bilarna lämnade och hämtade gods. Här finns en skillnad mot Lättkombi där vagnarna följer med tåget och lastas och lossas på uppehåll under vägen utan växling. I Lättkombisystemet är således tåget och lastbilen oberoende av varandra.

4.5 Lastbilsbaserade system

Lasthöjd och vagnteknik

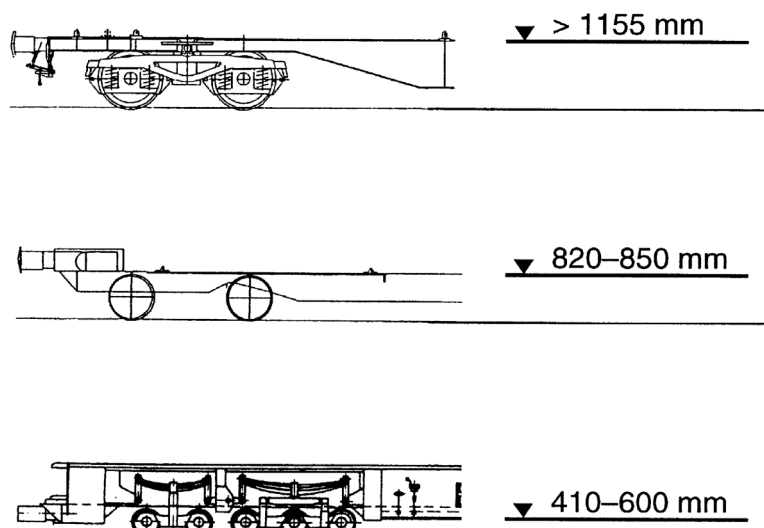
Ett problem uppstår när man skall transportera lastbilar eller trailrar på järnvägsvagnar på grund av höjden som blir för stor när man ställer lastbilsenheten på järnvägsvagnen. Det finns olika lösningar på detta alltifrån att man använder lågbyggda vagnar till att man förser en trailer med järnvägshjul.

Den normala lösningen för att transportera trailrar är att vagnen har en ficka mellan boggierna där man kan placera lastbilens hjulaxlar. Centrumpannan till trailern kan då vila och låsas på ändpartierna med normal golvhöjd. Den normala golvhöjden är 1100-1200 mm och styrs av bufferhöjden och hjuldiametern.

För kombitrafiken anskaffas numera i Europa containervagnar med en genomgående lastytehöjd på ca 82-85 cm över rälsöverkant – ca 35 cm lägre än hos de flesta normalt byggda vagnarna. För att klara denna lastytehöjd även ovanför boggierna krävs att hjuldiametern hos dessa vagnar är mindre än normalt.

I England används vagnar med försänkt lastyta mellan boggierna liknande de amerikanska double-stack-vagnarna för att kunna transportera en normal high-cube-container inom den betydligt mer begränsade brittiska lastprofilen.

En ännu lägre golvhöjd kräver speciella boggikonstruktioner, typ Rullande Landsväg (se figur 6.3). Det ger ett jämnt lågt golv över hela vagnen och då kan man köra på en hel lastbil på gaveln i ett tåg och ställa den varsomhelst i hela tåget.



Figur: Typiska golvhöjder hos olika vagn typer. För golvhöjder ner till ca 80 cm räcker det att minska hjuldiametern. Ännu lägre golvhöjder kräver speciella boggikonstruktioner med extremt små hjul, typ Rullande Landsväg.

Rullande landsväg

Rullande landsväg kallas den kombiteknik där hela lastbilar transporteras på speciella låggolvsvagnar. Vagnarna är kortkopplade och bildar en genomgående körbana över hela tågets längd. Golvhöjden varierar mellan ca 410-600 mm. För att möjliggöra denna lastytehöjd erfordras komplicerade, i både anskaffning och underhåll dyra speciallöpverk. Eftersom axlarna i dessa löpverk inte kan belastas lika högt som i konventionella löpverk måste vagnsvikten fördelas på fler axlar. Låggolvsvagnarna i rullande landsväg är utrustade med 4-6-axliga löpverk (dvs upp till 12 axlar per vagn) med hjuldiametrar ner till 330 mm.

Ändvagnarna är försedda med en svängbar buffertkonsol som är utrustad med konventionella koppelinrättningar och buffertar för att kunna kopplas till loket respektive liggvagnen som ofta finns med i tåget för medföljande lastbilschaufförer.

Ett tåg lastar 15-25 lastbilar. Lastbilarna körs upp på tåget för egen maskin via en ramp vid tågänden. Hela proceduren tar ungefär 20 minuter. Behovet av terminalinfrastruktur är litet och en snabb introduktion därför möjlig. Dock är vagnarna dyra i anskaffning och underhåll och brutto-/nettoviktsförhållandet är dåligt eftersom man tar med hela lastbilen. Rullande landsvägar förekommer i första hand i trafiken över alperna genom Schweiz och Österrike, i mindre utsträckning även på andra håll där det finns flaskhalsar i vägnätet. Förbindelser i tysk inrikestrafik, som drevs på rent kommersiella villkor, har lagts ned av lönsamhetsskäl.

De ökande lastbilsmåtten utgör ett allvarligt problem för denna kombiteknik. Den befintliga vagnparken klarar knappast varken tyngre eller längre lastbilar. Det skulle dessutom bli mycket svårt att bygga vagnar med dagens konstruktionsprinciper som skulle klara högre lastbilsvikter och större längder.

Ett försök med rullande landsväg genomfördes av SJ Gods för transitgoods mellan Norge och kontinenten via Trelleborg i mitten av 1990-talet. Chaufförerna följde i regel med tåget som hade en sovvagn. Det visade sig svårt att fylla tåget och därmed få lönsamhet och det lades ned efter en kort provperiod. De principiella problemen med rullande landsväg visade sig också här:

- Om chauffören måste följa med sparar inte åkeriet så mycket kostnader samtidigt som tåget belastas med extra kostnader för sovvnagnar
- Specialbyggda vagnar med små hjul är dyra i anskaffning och underhåll
- Låg nyttolast i förhållande till bruttovikt eftersom hela bilen ställs på en järnvägsvagn

Sammantaget innebär detta att det är mycket svårt att få företagsekonomisk lönsamhet på rullande landsvägstrafik. Det fungerar bara om järnvägen har någon form av naturligt monopol såsom t.ex. att man skall passera ett naturhinder som Alperna eller Engelska kanalen eller att särskilda avgifter tas ut av lastbilarna. I vissa fall har också rullande landsväg subventionerats av samhället för att minska lastbilstrafiken.

I Sverige har en ny typ av vagn föreslagits som klarar även svenska 25 m-lastbilar med upp till 60 tons bruttovikt. Denna vagn, kallad för Flexiwaggon, är dock inte av typen rullande landsväg utan lastning och lossning sker genom en rörlig, åt båda hållen utsvängbar mittsektion. Varje vagn lastas således separat och det räcker därför med att försänka golvet *mellan* boggierna. Ett tåg bestående av dessa vagnar tillåter således också att lastbilar kör av och på under vägen. Vagnen kännetecknas dock av många rörliga delar och de principiella nackdelarna med att frakta hela lastbilar, framförallt det dåliga bruttovikt-/nettolast-förhållandet, kvarstår.

Trailertåg

Det ursprungligen amerikanska systemet med trailertåg (RoadRailer) – semitrailrar som förses med boggier eller enkelaxellöppverk – är intressant genom att det utnyttjar enkla terminaler och har ett mycket gynnsamt nyttolast/taravikt-förhållande under järnvägstransporten (som i regel svarar för större delen av den totala transportsträckan). Systemet finns sedan många år i kommersiell drift på flera linjer i USA och har numera också introducerats på ett antal relationer i Europa. I England kopplas trailertåg-enheter för post även till konventionella godståg och i Nordamerika t o m till långdistans-persontåg, där de går i hastigheter upp till 160 km/tim.

I motsats till samtliga andra kombitekniker, där en lastbärare lastas på en järnvägsvagn, blir med denna teknik själva lastbäraren – en semitrailer – en järnvägsvagn. Detta sker genom att sätta trailern på järnväglöppverk (i regel boggier, men även enkelaxliga konstruktioner förekommer). Två trailrar var vilar på ett gemensamt löppverk. Ändlöppverken är försedda med konventionella järnvägsboppel och buffertar för att kunna kopplas till loken. Trailrarna är försedda med en genomgående huvudluftledning och för att kunna ta upp de långsgående krafterna inom tåget är golvet förstärkt vilket medför en ca 1 ton högre egenvikt. Fördelen med trailertåg ligger förutom i det mycket gynnsamma netto-/taravikt-förhållandet under järnvägstransporten att problem med lastprofilen undviks.

Trailertåg används sedan många år i Nordamerika. I Europa började mot slutet av 1980-/början av 1990-talet en omfattande försöksverksamhet med olika system. Nedanstående tabell ger en överblick över de – sinsemellan inkompatibla – systemen som testades hos olika järnvägsföretag i Europa.

Kommersiell trailertågstrafik kördes bl a mellan Italien, Tyskland och Holland, i Schweiz och i England. Huvudsakligen transporterades färsk- och dagligvaror samt i England även post. De flesta system är numera nedlagda även om det finns planer på att åter starta upp trafik.

Tabell: Trailertågssystem prövade eller planerade i Europa

System	Tillverkningsland	Beställare	Prototyp i drift fr.o.m.
med trailerkoppel			
Road Railer	F	(SNCF)	1/90
	D	DB,DSB,ÖBB	6/90
Carro Bimodale	I	FS	1986
Trailer Train I	GB	Tiger Rail	1986
Transtailer	E	Transfesa	1990
med adapterkoppel			
Kombitrailer	D	NSB	5/90
		Hupac	III/90
Coda E	NL	SJ,NS	I/89
Semi Rail	F	SNCF	7/89
Trailer Train II	GB	Tiger Rail	IV/90
	N	NSB	I/91
Simmering Graz Pauker	A	ÖBB	?

(Källa: Die Bundesbahn, nr 7, 1990, sid 669, kompletterad)

Iron Highway

Ett system som man försökte utveckla i USA är systemet Iron Highway, avsett för transport av semitrailrar. I motsats till det vanliga sättet att transportera semitrailrar i USA, nämligen lastade på vanliga flakvagnar – den större amerikanska lastprofilen tillåter detta – (TOFC = Trailers on Flat Cars), lastas bilarna i detta system på permanentkopplade ”plattformar” med mjuka axellösa enkelhjul-löpverk som uppges ha ca 30% lägre rullmotstånd än dagens vagnar.

Lok befinner sig i båda tågändar och i tågmitten finns en delbar ”vagn” bestående av två ihopkopplade ramper. Genom att dela tåget skapas en påfartsmöjlighet till de båda tåghalvorna. Loken behöver alltså inte kopplas av. Ett tåg är ca 400 m långt och tar 20-40 semitrailrar, beroende på tåglängden. Semitrailrar av valfri längd kan transporteras. Att lasta/lossa ett tåg tar ca 45 min under förutsättning att båda tåghälften lastas/lossas samtidigt med hjälp av två dragbilar. Tiden för delning och ihopkoppling av tåget tillkommer.

Iron Highway introducerades 1995 i två pilotrelationer, nämligen i Kanada med två tåg mellan Toronto och Montreal (CP Rail) och en förbindelse i USA mellan Chicago och Detroit (CSX).

5 Lastbärare och hanteringsteknik

5.1 Standardiserade lastbärare

Grundkrav på lastbärare

De typer av lastbärare som förekommer inom kombitransportsystem har ursprungligen utformats utifrån behov och begränsningar hos sjöfart, lastbil och järnväg. Dessa transportslags krav på lastbärare beskrivs enligt följande:

Sjöfart

Standardiserade yttre format, främst avseende längd och bredd samt staplingsbarhet ombord på fartyg och vid mellanlagring i hamnar. Vidare skall det vara möjligt att topplyfta lastbärare samt att transportera dessa på väg- eller järnväg till och från hamnar.

Lastbil

Ett krav vid transport med lastbil är att de skall klara gällande dimensions- och bruttoviktsbestämmelser när de är lastade med en fullt utlastad kombilastbärare. Det är även önskvärt att kunna lasta och ställa av lastbärare direkt till/från vägfordon. Vidare eftersträvas låg egenvikt (tara) hos lastbäraren.

Järnväg

Ett minimikrav för järnvägstransporter är att de lastade på för ändamålet avpassade järnvägsvagnar skall klara järnvägens lastprofil. Bärigheten hos dessa vagnar skall vidare kunna utnyttjas på ett effektivt sätt. Kostnadseffektiva vagnkonstruktioner med låg egenvikt skall kunna nyttjas. Det är vidare önskvärt att kombilastbärare skall kunna hanteras under kontaktledning.

Standard för lastbärare

Med en enhetslastbärare för intermodal transport avses en stor standardiserad lastbärare, avpassad för att kunna transporteras på land, på lastbil eller på järnvägsvagn, samt för att i förekommande fall även kunna transporteras till sjöss, med fartyg. Stora lastbärare kan delas in i följande huvudgrupper:

- Container, byggd enligt ISO-standard
- Väckelflak, främst byggda enligt CEN-standard
- Andra lastbärartyper såsom rullflak och påhängsvagnar

Medan grupperna container och väckelflak har väl utarbetade standarder, saknas till stor del flernationell standard för den sistnämnda gruppen. Standarden för såväl ISO-container som

CEN-växelflak omfattar bland annat dimensioner och anslutningsmått för hantering respektive säkring av lastbäraren och högsta tillåtna bruttovikter.

Containrar

Med en container avses en stor standardiserad lastbärare, som är avpassad för att kunna transporteras till sjöss och på land med såväl lastbil som järnvägsvagn. Containern är utformad utifrån sjöfartens krav vilket innebär att den är staplingsbar upp till 6 fullastade enheter i höjd samt kan topplyftas i så kallade hörnlådor.

Med container avses här en lastbärare utförd enligt den internationella standard som ISO rekommenderat, och som accepterats och tillämpas världen över, ofta benämnd ISO-container. För att uppnå en enhetlig beteckning av containrar, där såväl längd som höjd anges, har det i ISO-standarderna införts beteckningar, se tabell. Standarderna föreskriver bland annat vissa dimensioner, ursprungligen måttsatta i fot enligt nedan:

- Längderna är 40 fot, 30 fot, 20 fot och 10 fot
- Bredderna är för samtliga 8 fot (2 438 mm)
- Höjderna finns standardiserade för de tre höjderna 8 fot, 8 1/2 fot samt 9 fot

Även höjder mindre än 8 fot, är möjliga inom standarden. Exempel på detta är halvhöga tankcontainrar (4 fot höga), avsedda för gods med hög densitet. Det förekommer även andra längder såsom 45 fot (13,5 m) upp till 53 fot (15,9 m) som inte omfattas av ISO-standard. Containrar kan vara utrustade med gaffeltunnlar för lyft med gaffeltruck men det är inget krav.

Växelflak

Med växelflak avses, enligt EUs direktiv nr 75/130/EEC, den del av ett fordon på vilken gods transporteras, som kan skiljas från fordonet och sedan kopplas på igen. Ett växelflak består i sin grundform av en ram med någon form av påbyggnad och är vanligen konstruerat som ett lastbilsflak och kan lyftas av, med lyfthjälpmiddel, eller ställas av på stödben. Det är oftast inte avsett att staplas på andra växelflak. Det är relativt vanligt att växelflak har gaffeltunnlar.

Växelflak är inte lika hårt standardiserade som containrar utan är istället främst kopplade till standarder som baseras på tillåtna mått i vägtrafikförordningarna. Den generella bredden på europeiska växelflak är 2,55 m. Med denna bredd ryms precis 2 alternativt 3 EUR-pallar (1200*800 mm) i bredd beroende på hur de används. I Sverige tillåts en fordonsbredd på 2,60 m vilket medfört att en stor del av de flak som används i svensk inrikestrafik har denna bredd. Det innebär att det utan problem ryms två pallar à 1200mm eller 3 pallar à 800mm på bredden.

Växelflak förekommer i ett stort antal längder från 6,06 m (20 fot) och uppåt. Den av CEN utarbetade växelflaksstandarderna (se Bark et al 2002) bygger på att antingen ett långt växelflak transporteras med dragbil och påhängsvagn, vilka uppfyller EUs normerade krav på fordonskombinationer, eller att två korta växelflak av C-klass transporteras på lastbil med släp. För långa växelflak (A-klass) gäller standarderna SS-EN 452 och för korta växelflak (C-klass) SS-EN 284 med dimensioner enligt tabell.

Påhängsvagn

En påhängsvagn, även kallad trailer eller semitrailer, är en släpvagn som är försedd med en dragtapp vilken som kopplas till en dragbil med en speciell draganordning i form av en vändskiva. Genom denna kopplingsanordning, överför påhängsvagnen del av sin massa till

dragbilen. Alternativt kan påhängsvagnen kopplas till en speciell framvagn, även kallad dolly. Tillsammans utgör då påhängsvagn och dolly, i princip, en släpvagn.

En påhängsvagn består vanligen av ett ramverk, en påbyggnad samt ett hjulställ med oftast två eller tre axlar. De påhängsvagnar som skall kunna användas vid kombitransporter (och lyftas upp på järnvägsvagnar) utrustas med särskilda lyftbeslag.

I flertalet länder inom EU-området är 13,6 m den största tillåtna längden för påhängsvagnar. Undantaget är bland annat Finland respektive Sverige där längre påhängsvagnar, upp till 18,0 m, är tillåtna och även vanligt förekommande.



Figur: Container



Figur: Växelflak



Figur: Trailer

Tabell: Mått och vikt för typiska enhetslastar i olika utföranden

Typbeteckning	Längd m (fot)	Bredd m EU-S	Höjd m normal	Bruttovikt ton	Lastvikt ca ton	Rymd ca m ³
Containrar						
A	12,12 (40)	2,438	2,591	30,5 ton	26,4	64
B	9,09 (30)	2,438	2,591	25,4 ton	24,4	51
C	6,06 (20)	2,438	2,591	24,0 ton	21,5	33
D	3,02 (10)	2,438	2,438	10,2 ton	8,8	16
Växelflak						
A 1212	12, 12	2,55-2,60	2,670	34,0 ton	23,5 / 26,5*	74
A 1250	12, 50	2,55-2,60	2,670	34,0 ton	23,2 / 26,2*	76
A 1360	13,60	2,55-2,60	2,670	34,0 ton	22,8 / 25,8*	80
C 715	7,15	2,55-2,60	2,670	16,0 ton	11,4 / 13,4*	43
C 745	7,45	2,55-2,60	2,670	16,0 ton	11,4 / 13,4*	45
C 782 -volym	7,82	2,55-2,60	2,900	16,0 ton	11,4 / 13,4*	50
Förslag KTH						
C+	10,7	2,60	2,900	22,0 ton	19	70
Påhängsvagn						
EU - standard	13,6	2,55	2,670	32,5 ton	25,0	90
EU - jumbo	13,6	2,55	2,670	32,5 ton	24,7	100
S, SF	18,0	2,60	3,500	41,5 ton	33,0	140

*) I Tyskland tillåts en bruttovikt på 44 ton till/från kombiterminal

Förslag till växelflak för kombitrafik i Sverige

I kombitrafik med lastbil-järnväg är växelflak en intressant lastbärare beroende på att det bäst kan utnyttja både lastbilens och järnvägsvagnens kapacitet och är flexibelt med hänsyn till olika hanteringsutrustning och logistikupplägg. Ett framtida kombisystem med stor geografisk täckning bör baseras på lastbärare klass C vilket innebär att de är uppbyggda på ett underrede med hörnlådor som överensstämmer med standard för en 20 fots ISO-container med längden 6,06 m.

Växelflak klass C finns i de standardiserade längderna 7,15 m, 7,45 m samt 7,82 m. Dessa lastbärare är emellertid anpassade för att utnyttja längden 18,75 m som gäller enligt EUs generella bestämmelser. Det innebär att en 3-axlig lastbil med en 2-axlig släpvagn eller en 3-axlig lastbil med en tillkopplad boggikärra får ha en bruttovikt på 40 ton. I vissa EU-länder såsom Tyskland tillåts en bruttovikt på 44 ton vid transport av växelflak till eller från en kombiterminal.

Växelflakens bruttovikt kan vid 40 tons tillåten bruttovikt för hela ekipaget vanligen uppgå till 14 ton vardera. Med en bruttovikt på 44 ton kan växelflakens vikt uppgå till 16 ton. Det kan här noteras att ett effektivt utnyttjande av landsvägsfordonen är en förutsättning för att kombitransporter ska vara ett konkurrenskraftigt alternativ till en direkt lastbilstransport.

I Sverige kommer transporter som utförs med växelflak av klass C, med upp till 15,4 m sammanlagd invändig lastytelängd, på lastbilsekipage med en bruttovikt på ungefär 45 ton och en totallängd på upp till 20 m att vara synnerligen ineffektiva i jämförelse med svenska

25,25m-fordon som har en möjlig lastytelängd på ca 21,9 meter och en lastvikt på 40 ton vid 60 tons bruttovikt.

En svensk 25,25m modulekipage kan bestå av en 3-axlig lastbil med 7,82 m långt växelflak, en boggikärra med vändskiva (dolly) med en 13,6m påhängsvagn av EU-utförande. Ett ekipage av detta slag har en bruttovikt på 60 ton får en total inre lastytelängd på 21,86 m. Denna fordonskombination kan användas för kombitransporter om lastbilen är utrustad för växelflak samt påhängsvagnen försedd med lyftbeslag för griparmar. Den kräver emellertid tung hanteringsutrustning på grund av den ojämna viktfordelningen där den mindre lastbäraren endast väger 16 ton medan den större väger upp till 34 ton.

Ett villkor är att ett 60 tons ekipage, med en längd av 25,25 m av framkomlighetsskäl måste bestå av minst två lastbärarenheter. En övergång till exempelvis tre lastbärarenheter medför nackdelar, bland annat ur kostnadssynpunkt, eftersom det kommer att krävs en till hantering vid varje omlastning på kombiterminal.

En ansats är att bibehålla principen med två lastbärare på ett 25,25 m långt ekipage och att låta dessa bli lika stora, vara av växelflaksutförande samt inte ha fasta hjulsatser. Med denna ansats skulle en ny typ av kombilastbärare, kallad växelflak klass C+, med följande egenskaper erhållas.

- Utvändig längd: 10,7 m
- Bruttovikt: 22-24 ton
- Hantering: Gaffelfickor för hantering med gaffeltruck
Lyftbeslag för griparmslyft

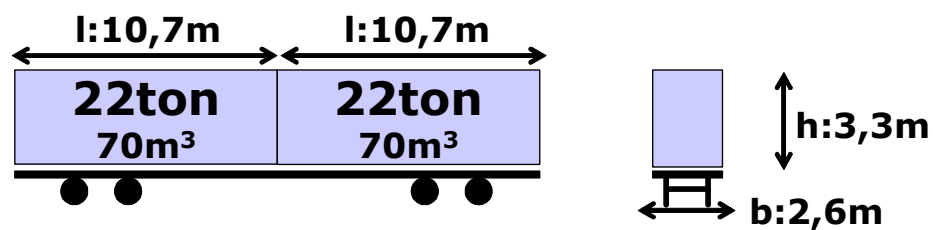
Beträffande gaffelhanteringen är ett förslag att tekniken utvecklas på så sätt att lastbäraren kan låsas fast till gaffelvagnen vid hantering och transport med truck. På detta sätt skulle de risker som är mest påtagliga vid gaffelhantering av stora lastbärare kunna elimineras. Hanteringen kan vidare underlättas om gaffeln får en ledad infästning till gaffelvagnen som möjliggör vridning av lastbäraren både i horisontal- och vertikalplanen.

Eftersom lastbäraren erhåller en bruttovikt i nivå med en ISO-container klass C är det lämpligt att den baseras på en bottenram för växelflak med dimensioner enligt klass C, det vill säga hörnlådor enligt samma dimensioner som en 20 fots ISO-container. En fördel med detta är att de lastbilsekipage som utformas för dessa lastbärare även kan transportera kortare containrar och växelflak med dimensioner enligt klass C.

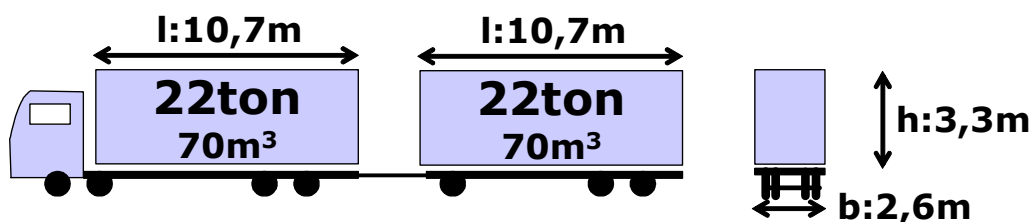
En reservation är här att det finns en risk för att den föreslagna fordonskombinationen ovan inte kommer att godkännas som modulfordon. I så fall begränsas den totala fordonslängden till 24 m vilket medför att lastbärarnas längd måste minskas till 10,3 m. Fordonskombinationens bruttovikt kommer dock fortfarande att vara 60 ton.

En stor fördel med denna typ av lastbärare är att lastbil och släpvagn transporterar lika långa lastbärare och att dessa, om de förses med stödben, enkelt kan skiftas mellan lastbil och släpvagn. En annan möjlighet är att för transport av ett flak åt gången skapa en enkel, och för ändamålet kostnadseffektiv, fordonskombination bestående av en 2-axlig dragbil med en 2-axlig påhängsvagn, vilket kan vara effektivt i tårtorsdistribution.

Att använda enhetliga och lika långa växelflak som är optimerade med hänsyn till svenska lastbilar, är inte bara effektivt ur transportsynpunkt, utan har också stora fördelar ur logistiksynpunkt. Enhetliga logistiksystem kan byggas upp från produktions till konsumtionsledet.

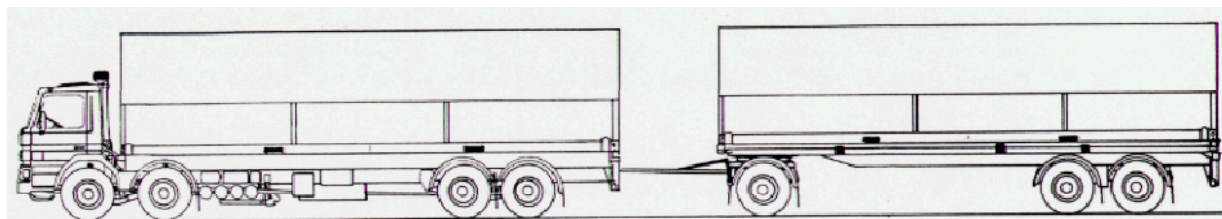


Axellast 16 ton vikt 64 ton

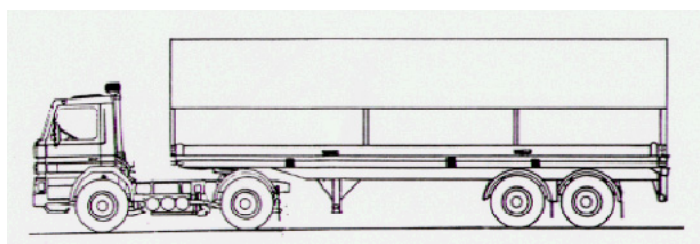


Svensk lastbil vikt 60 ton längd 25,25m höjd 4,5m

Figur: Väckelflak anpassat för svensk lastbils- och järnvägstrafik: Längd 10,7 m, bredd 2,6 m och höjd 3,3 m. Med en maxvikt på 22 ton kan den lastas med enkla industrigaffeltruckar på enkla terminaler.



Figur: Fordonskombination med 60 tons bruttovikt och 25,25m alternativt 24 m längd för transport av två väckelflak klass C+



Figur: Fordonskombination för transport av ett väckelflak klass C+

5.2 Stora enhetslaster

Det pågår en intensiv utveckling i syfte att utvidga användningsområdena för lastenheterna i kombitrafiken, t ex har specialcontainrar för transport av kaffe och kakao, som traditionellt transporterats i säckar, tagits fram och i bl a USA och England testas man containrar för transport av bilar och massgods (kol). Den ökande containeriseringen ökar järnvägens möjligheter att transportera feedergods till sjöfarten.

Den yttre bredden på lastbärare som används i kombitrafik dimensioneras av bestämmelserna för vägtrafiken, medan höjden begränsas av järnvägens lastprofil. Vanliga containrar är 2,5-2,6 m breda och 2,6 m höga, high-cube-containrar 2,9 m. Det finns dock en trend mot större containrar och växelflak. Framförallt går utvecklingen mot högre lastenheter med en invändig höjd på upp till 3 m. Järnvägen möter denna trend dels genom att skaffa vagnar med en lägre lasthöjd, dels genom en utvidgning av lastprofilen. När det gäller det senare handlar det framförallt om att åstadkomma tillräckliga hornhöjder.

Två exempel på större lastbärare är DBs Jumbo-behållare, växelflak som används i tysk inrikestrafik, och spanska Transfesa's MEGAKOMBI-container. Båda behållare har en invändig höjd på 3 m och förfogar över höj- och sänkbara tak för att underlätta lastning och lossning och för att kunna utnyttja lasthöjden maximalt.

En container vars dimensioner och lastförmåga vida överstiger konventionella containrar är den svenska STORA-boxen, framtagen i samarbete mellan Stora och SJ och avsedd för transport av stående pappersrullar. Med en bredd på 3,6 m utnyttjar denna container den nya svenska lastprofilen maximalt. Prototypen är 12,5 m lång och kan ta upp till 75 tons last. Dimensionerna och lastförmågan antyder redan att denna behållare inte är avsedd för kombitrafik lastbil/järnväg. Istället skall den användas i systemtåg mellan Storas svenska pappersbruk och utskeppningshamnen Göteborg, där omlastning sker till båt för vidaretransport till Belgien. Den kan (och behöver) inte hanteras i kombiterminaler med konventionell omlastningsutrustning.

STORA-boxen visar vilken utvecklingspotential det finns för lastbehållare när man släpper kravet på att behållarna också skall kunna framföras i vägtrafik. Järnvägens jämfört med vägtrafikens (åtminstone på bredden) generösare lastprofil och högre lastgränser kan då utnyttjas. I ett europeiskt perspektiv är det visserligen osannolikt att lastbehållare med STORA-boxens dimensioner kommer att kunna framföras på det europeiska järnvägsnätet inom överskådlig framtid, men det vore intressant att undersöka vilka dimensioner en ”järnvägscontainer” som inte är bunden till vägtrafikens måttbegränsningar skulle kunna få för att kunna framföras på dagens europeiska järnvägsnät eller ett framtida europeiskt godstrafiksnät.

STORA-boxen används i en kombinerad transportkedja järnväg/sjöfart. Men det är också tänkbart att använda lösa lastbehållare i ren järnvägstrafik, som då närmast skulle kunna karaktäriseras som ”containeriserad vagnslasttrafik”.

Fördelarna av lösa lastbehållare gentemot konventionella godsvagnar ligger i enklare lastning och lossning (gäller främst bulkgoods) och att lastenheterna lätt kan förflyttas verksinternt hos kunden. I gynnsamma fall kan också vagnarnas stilleståndstider minskas genom att lastenheterna kan lastas av från vagnarna omedelbart efter deras ankomst hos mottagaren medan godset lossas successivt senare. Vagnarna står då redan till förfogande för andra transportuppgifter. Motsvarande gäller för lastningen.



Figur: Stora-boxen med sin bredd på 3,6 m utnyttjar den nya bredare lastprofilen maximalt och är avsedd för kombinerad trafik båt/järnväg.

Ett exempel på containrar som endast utnyttjas i järnvägstrafik är vridcontainrarna som SJ använder för transport av träflis och som ersatt tidigare konventionella godsvagnar.

Utvecklingen går således mot en användning av lösa lastbehållare även utanför kombitrafiken. De kommer knappast att ersätter de konventionella godsvagnarna helt (som ju också som sådana erbjuder en utvecklingspotential) men kan utgöra ett viktigt komplement till dessa. En sådan utveckling kan eventuellt också bidra till att öppna dörren för nya produktionsmetoder i vagnslasttrafiken, t ex linjetågsliknande trafikupplägg.

5.3 Minicontainrar

I samband med introduktionen av småskaliga kombitekniker kan även mindre lastenheter bli intressanta. Hittillsvarande försök att introducera minicontainrarsystem har visserligen inte krönts med någon större framgång. Orsaken till detta ligger dock förmodligen inte i lastenheternas storlek i sig utan i att trafiken producerades inom ramen för vagnslasttrafiken med många undervägsrangeringar som följd samt att produktionssystemen för kombitrafiken varit anpassade till storskaliga flöden med stora lastenheter. Visserligen kunde man placera flera minicontainrar på en vagn, men eftersom vagnen endast gick mellan två punkter fick alla minicontainrar ha samma avsändnings- och bestämmelsestation, vilket givetvis delvis motverkade idén med mindre lastenheter. Nya produktionssystem – t ex linjetåg, som också tillåter lastning och lossning under vägen – kan göra att minicontainrarsystem åter blir intressanta i framtiden.

Av tabell framgår en sammanställning av de viktigaste parametrarna för tre minicontainrarsystem, den svenska Csam-containern, DSBs +box, som har stora likheter med det svenska systemet, och DBs logistikbox. Av dessa finns idag endast DBs logistikbox i drift.

Minicontainrar hanteras antingen med gaffeltruck eller med hjälp av ett på lastbilen installerat lastväxelaggregat. Kranhantering är delvis också möjlig. Av DBs logistikbox kan flera placeras på en gemensam bärram så att dessa kan lyftas samtidigt vilket underlättar hanteringen i terminalerna. Under järnvägstransporten placeras minicontainrar i regel med längssidorna bredvid varandra, dvs tvärs till färdriktningen, under lastbilsforslingen i regel i längdriktning. På så sätt kan de tillåtna måtten i väg- resp järnvägstrafik utnyttjas optimalt.

Tabell: Sammanställning över olika minicontainrarsystem

Sammanställning över olika minicontainrarsystem						
System	Csam (Sverige)		+box (Danmark)	Logistik-box (Tyskland)		
Beteckning	Mini- container	Jumbo- container	–	log 4	–	log 6
<i>Utvändiga mått:</i>						
Bredd	2600	2600	2550	1700	2100	2500
Längd	3400	3400	3380	2500	2500	2500
Höjd	2330	2680	2670	2470	2470	2470
<i>Invändiga mått:</i>						
Bredd	2440	2440	2440 *)	1640	2040	2440
Längd	3290	3290	3,2 - 3,3 m	2440	2440	2440
Höjd	2020	2370	2000 *)	2140	2140	2140
Egenvikt	1180 kg	?	1400 kg	800 kg	?	1200 kg
<i>Lastförmåga:</i>						
Antal europallar (1200 x 800 mm)	8 **)	16	8	4	5 ***)	6
Inv. volym	16 m3	19 m3	17 m3	8,56 m3	6,28 m3	12,74 m3
Max. lastvikt	6280 kg	6700 kg	6800 kg	3000 kg	?	4500 kg

*) = Dörrbredd resp –höjd

**) = vid krysslastning 6

***) = alternativt 4 industripallar (1200 x 1000 mm)

uppgifter i kursiv stil är uppskattade värden

5.4 Hanteringsteknik

Hanteringsteknik

Omlastning av lastbärare mellan lastbil och järnvägsvagn kan ske enligt huvudprinciperna lyftande överföring eller direktöverföring.

Lyftande, vertikal, överföring kan ske på följande sätt:

- Genom gaffellyft med truck
- Topplyft med hjälp av kran eller truck
- Griparmslyft med hjälp av kran eller truck

Direktöverföring kan ske på följande sätt:

- Med hjälp av vridbara lastramar på en järnvägsvagn samt en lastbil, eller specialtruck, med lastväxlarutrustning för rullflakshantering
- Horisontell överföring med t ex hydrauliska system

Hantering med gaffeltruck

För att kunna hanteras med en gaffeltruck måste en lastbärare vara utrustad med gaffeltunnlar. Dessa förekommer på containrar och växelflak med 20 fots underrede (C-klass).

Denna typ av hantering kräver enklast möjliga utrustning på trucken samt medför ringa extra egenvikt för hanteringsanordningen. En nackdel med denna hanteringsmetod är att lastbäraren lutar mot trucken när denna förflyttas för att undvika att lastbäraren glider av gaffeln. Lutningen av lastbäraren kan under ogynnsamma omständigheter medföra risker att lasten förskjuts i lastbäraren och/eller att lastbäraren skadas.

Hantering med topplyft respektive griparmslyft

Principen för topplyftning är att lyftanordningen greppar lastbärarens, i detta fall containerns, övre hörnlådor.

Principen för griparmslyftning är att fällbara griparmar på kranens eller truckens lyftok greppar särskilda lyftbeslag som är permanent anbringade på en påhängsvagns eller ett växelflaks ramverk.

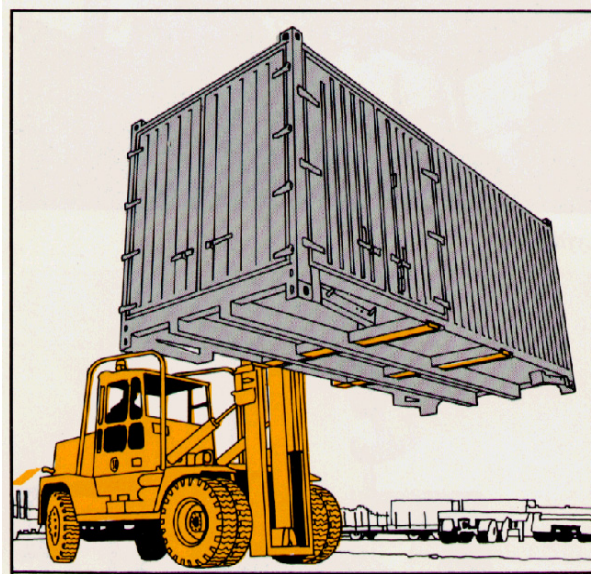
Vid hantering av stora lastbärare, med hjälp av topplyftok, griparmsok, eller kombinationsok som kan användas för både topplyftning och griparmslyftning, används vanligen tunga truckar eller portalkranar.

De tunga truckarna är vanligen av så kallad reach-stackertyp vilket innebär lyftoket är roterbart och fripendlande upphängt i en utskjutbar lyftbom.

Horisontell överföring

Grundprincipen vid direktöverföring är att lastbäraren skjuts eller rullas mellan en lastbil och en järnvägsvagn. Rullflak kan direktöverföras mellan en med lastväxlarutrustning utrustad lastbil och en järnvägsvagn om järnvägsvagnen är utrustad med en eller flera vridbara lastramar.

En annan variant för direktöverföring av lastbärare är att dessa förflyttas i sidled mellan lastbil och järnvägsvagn, till exempel med hjälp av en terminalbunden lastväxlaranordning såsom CCT (CarConTrain).



Figur: Gaffeltruck (SJ frakthandbok 1988-04)



Figur: Reach-stacker (Kalmar Industries)



Figur: Portalkran (Kalmar Industries)

Kostnader för olika hanteringsmetoder

De metoder för hantering av olika typer av lastbärare som beskrivits ovan har olika för- och nackdelar till olika kostnadsnivåer. Generellt är det dyrare att anskaffa utrustning som kan hantera både tunga och lätta lastbärare. Det är även mera kostsamt att iordningställa terminalyta för tyngre hanteringsutrustning. Om spektrat av lastbärare som skall hanteras kan begränsas finns även möjlighet att minska styckkostnaden för hantering av lättare lastbärare. Det är därför av intresse att på ett enkelt sätt jämföra kostnaderna för att anskaffa och använda följande typer av hanteringsutrustning:

- Gaffeltruck med 20 tons lyftkapacitet avpassad för hantering av C-klass växelflak med en bruttovikt av maximalt 16 ton.
- Gaffeltruck med 28 tons lyftkapacitet avpassad för gaffelhantering av C-klass lastbärare, såsom 20 fots ISO-containerar, med en bruttovikt av upp till 24 ton.
- Gaffeltruck med topplyftok och 32 tons lyftkapacitet under lyftok, främst avpassad för hantering av ISO-containerar klass A, B och C samt, om lyftoket hakas av, för gaffelhantering av C-klass växelflak.
- Reach-stacker med kombinationslyftok och 45 tons lyftkapacitet som kan hantera samtliga typer av lastbärare som förekommer i svensk kombitrafik.
- Gummihjulsburen dieseldriven portalkran med kombinationsok och 45 tons lyftkapacitet som kan hantera samtliga lastbärare som förekommer i svensk kombitrafik.

Kostnadsjämförelsen (nedan) baseras på uppgifter från Kalmar Industries (Johansson 2004) samt tidigare av Leander (1996) insamlade data som här är uppdaterade med KPI.

Av insamlade data framgår, enligt Bark et al (1990), vidare att tidsåtgången per lastbärare, vid en upprepade hantering av lastbärare i samband med omlastning mellan lastbil och järnvägsvagn, även benämnd cykel- eller hanteringstid, kan uppskattas till 3 minuter vid hantering med truck och 2,5 minuter med portalkran.

Jämförelsen indikerar att gaffeltruck är en kostnadseffektiv hanteringsmetod samt att kostnaderna stiger kraftigt när en lyftkapacitet på 45 ton efterfrågas tillsammans med en möjlighet att hantera alla typer av lastbärare. Vidare kräver dessa hanteringsmetoder att terminalytorna har en hög bärighet eftersom en truck med 45 tons lyftkapacitet med full last får en axellast på 110 ton. För portalkranar med gummihjul krävs likaså underlag av god beskaffenhet, vanligen i form betongkörbanor.

Av tabell framgår att skillnaden i kapitalkostnad per år endast är liten mellan de gaffeltruckar som klarar 16 respektive 24 tons lastbärare. För dessa båda trucktyper är bemanningskostnaden lika. Vidare antas drift- och underhållskostnaderna vara av samma storleksordning. Om kapitalkostnaden utgör mindre än en tredjedel av dessa truckars totala timkostnad kommer ökningen i timkostnad att vara mindre än 5% när lyftkapaciteten ökar med 50%, från 16 ton till 24 ton. Detta innebär att en gaffeltruck med 24 tons kapacitet ser ut att vara optimal i framtida kombisystem.

Vid en jämförelse uppåt i storlek framgår att portalkranar endast är av intresse på riktigt stora terminaler. I Sverige handlar det om en handfull riktigt stora terminaler såsom Stockholm, Göteborg och Malmö samt i hamnar. Vidare framgår att det är kostsamt att anskaffa lyftkapacitet för att kunna hantera påhängsvagnar. Däremot är det möjligt att till rimlig kostnad kunna hantera containerar av klass A, med 30,5 tons bruttovikt.

Tabell: Prestanda för olika typer av hanteringsutrustning

Hanterings- utrustning	Lastbärare					Lyft- kapacitet (ton)	Största axellast (ton)
	Växelflak (klass)		Container (klass)		Trailer		
Gaffeltruck	C					16	45
Gaffeltruck	C		C			24	60
Gaffeltruck m topplyftok	C		C	A		30,5	85
Reachstacker	C	A	C	A		34	110
Reachstacker	C	A	C	A	X	42	110
Portalkran	C	A	C	A	X	42	-

Tabell: Kostnader för olika typer av hanteringsutrustning

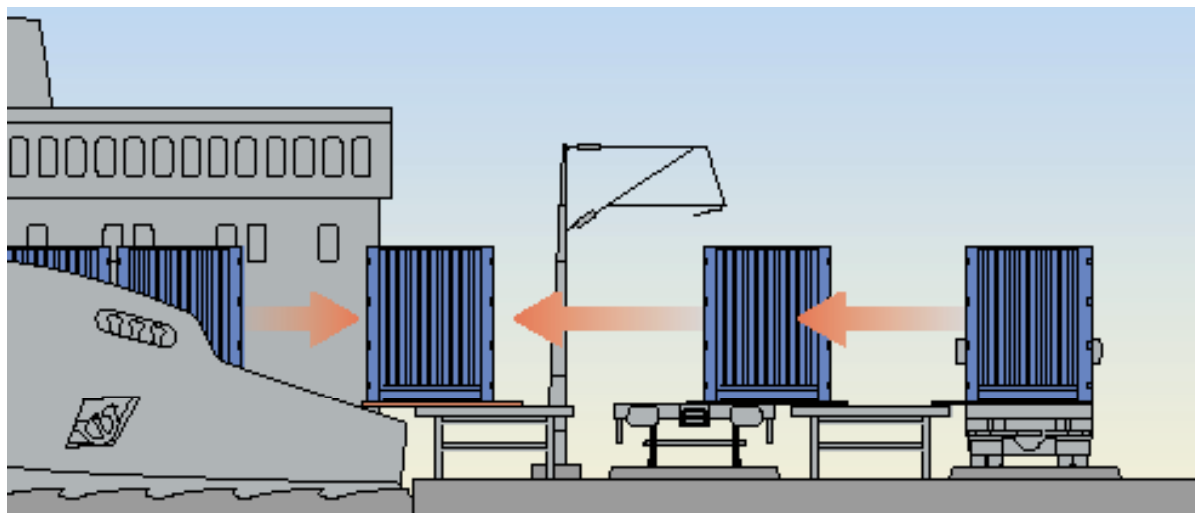
Hanterings- utrustning	Lyft- kapacitet (ton)	Investe- rings- kostnad (Mkr)	Livs- längd år	Årskostnad vid 10% kalkylränta (Tkr)	Under- hålls- kostnad (Kkr/h)	Bränsle- förbruknin- g (l/h)	Lyftkost- nad typisk (kr/lyft)
Gaffeltruck	20	1,3	10	240	41	13	150
Gaffeltruck	28	1,8	10	335	41	13	165
Gaffeltruck m topplyftok	32	3,0	10	560	63	18	200
Reachstacker	35	5,2	10	970	87	22	300
Reachstacker	45	5,2	10	970	87	22	300
Portalkran	45	11,5	20	1460	270	15	350

En rekommendation är att som basalternativ på mindre terminaler enligt ovan välja gaffeltruckar med 24 tons lyftkapacitet och vid behov gradera upp resurserna på vissa terminaler så att även containrar av klass A, med 30,5 tons bruttovikt, kan hanteras. En sådan uppgradering innebär i detta fall att en 32 tons gaffeltruck används istället för en 28 tons dito. Till denna truck skall finnas ett topplyftok som hakas fast på gaffeln när containrar skall hanteras inom den aktuella terminalen.

Horisontell överföring och "Autokombi"

För att ytterligare effektivisera terminalhanteringen behöver ett system för automatisk horisontell överföring utvecklas. Ett exempel på ett sådant system är det svenska CCT-systemet (CarConTrain) som testats i en prototyp men aldrig kommit i kommersiell produktion. Systemet består av en vagn som går parallellt med spåret som är försedd med armar för horisontell överföring. Lastbållaren lyfts upp en bit från vagnen via de hydrauliska och låsbara cotainertapparna så att armen, som är försedd med luftkuddar kan komma in inunder. Lastbehållaren sänks ned på armen och överförs till vagnen. Denna kan sedan åka iväg parallellt med spåret och ställa av lastbehållaren på en lagringsyta eller på motsvarande sätt överföra den till en lastbil.

Systemet är modulärt uppbyggt, för små behållare krävs en enhet och för större krävs flera. En överföringscykel tar ungefär 90 sekunder. Systemet kan överföra enhetslaster med hörnlådor av valfri bredd och längd, det kan således t ex vara 2,5 eller 3,6m breda eller 3 eller 1000m långa, vilket innebär att man skulle kunna lossa ett helt tåg med containrar på 90 sekunder. Eftersom det kan göras helautomatiskt skulle det kunna användas i obemannade terminaler, lager och hamnar. Tåget kan lossas oberoende om lastbilen finns tillgänglig och kan komma när som helst under dygnet eftersom man inte är beroende av personal. Detta system kallas här *autokombi*. Detta ger mycket stora möjligheter att skapa effektiva logistiska flöden i framtiden.



Figur Exempel på ett horisontellt överföringssystem, det svenska CarConTrain (CCT). Systemet kan överföra containrar och växelflak med olika bredd och längd mellan transportmedel och till/från lagerplaster. Systemet kan göras helautomatiskt.

Erfarenheterna visar att det är svårt att få industrin och operatörerna att bidra till utveckling av generella system som inte ger omedelbar avkastning. De kan däremot utveckla speciella system som passar just deras egna transporter men som har begränsat värde för andra kunder.

Det tyder på att samhället genom direkta stödinsatser kan behöva stödja arbetet med att ta fram nya intermodala system. Det gäller då arbetet med att ta fram ett nytt horisontellt överföringssystem liksom att ta fram en ny standard för växelflak. Förutom medel till forskning och utveckling behövs det här medel till demonstrationsprojekt. Det kan vara väl investerade pengar om man vill åstadkomma ett optimalt transportsystem.

Om man skall utveckla ett horisontellt automatiskt lastnings- och lossningssystem så krävs 50-100 Mkr. CCT-systemet finns framtaget men har aldrig kommit längre än till prototypstadiet p g a svårigheterna med att finansiera utvecklingen. Problemet är att det i regel krävs samfinansiering av industrin som endast satsar på system som de själva har direkt nytta av och inte på generella system. Utvecklingen av ett sådant system skulle emellertid skapa helt nya förutsättningar för intermodala transporter i framtiden, inte bara mellan järnväg och lastbil utan också mellan järnväg och sjöfart.

5.5 Helautomatiska terminaler

I storskaliga system krävs högkapacitetsterminaler, som t ex på dagen kan utnyttjas för omlastning lastbil-tåg och på natten för omlastning tåg-tåg. De kan fungera som nav eller brytpunktsterminaler i ett europatäckande tungkombinät. Olika terminallösningar har utvecklats och nedan presenteras två system, som kanske har kommit längst i utvecklingen. Det handlar om ett franskt och ett tyskt system och av bägge finns prov- och demonstrationsanläggningar i drift.

Commutor

I slutet av 80-talet började de franska statsjärnvägarna (SNCF) med utvecklingen av en terminallösning som också klarar av byte av lastenheter mellan olika kombitåg – med eller utan mellanlagring. Systemet kallas för COMMUTOR. 1991 byggdes en försöksterminal i Trappes utanför Paris. Här testades systemkomponenterna för två olika versioner, TECHNICATOME (TA) och AUTOMATISME & TECHNIQUE (AT). Nedanstående figur visar principuppbyggnaden av två terminaler baserade på TA- resp AT-lösningen.

I TA-terminalen sträcker sig 30-36 traverskranar över spår-, lager- och den emellanliggande fördelarzonen, dvs på varje vagnlängd kommer ett kranfält. Eftersom traverskranarna står fast i längsled krävs det självkörande transportplattformar i fördelningszonen som ombesörjer förflytningen av lastenheterna mellan olika kranfält. Alla järnvägsvagnar måste således ha samma längd, vilket är en viktig begränsning för denna terminallösning.

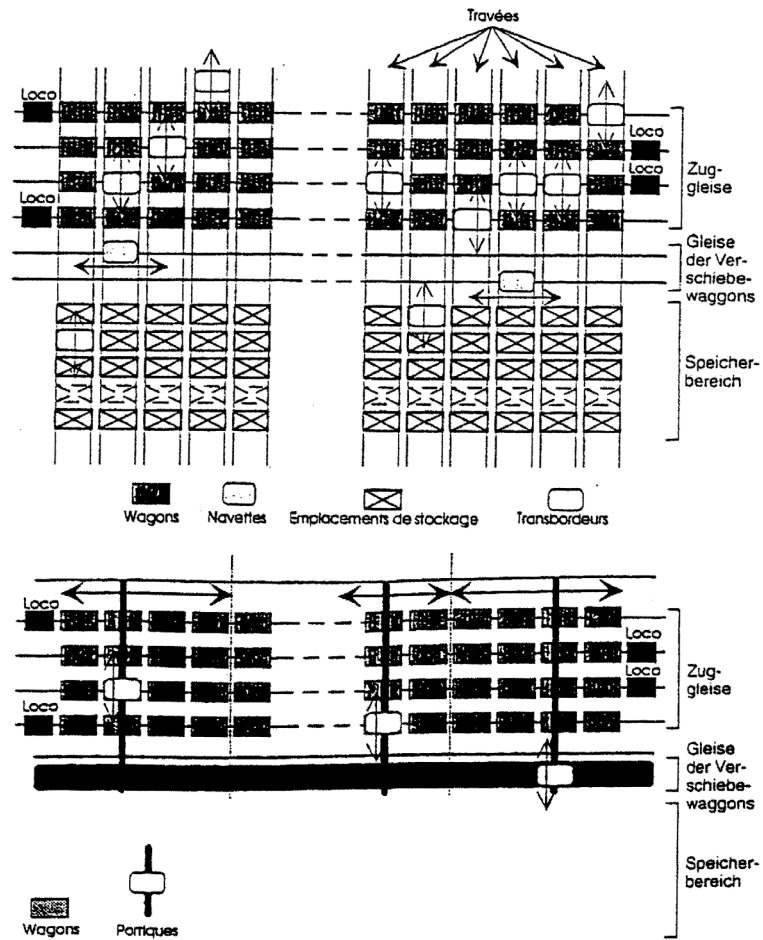
Vagnarna fixeras med hjälp av hydrauliska justeranoläggningar, installerade i och mellan spåren, i rätt position. Enligt SNCF skulle en fullt utbyggt terminal kunna hantera 60 tåg á 30-36 vagnar per natt med en uppehållstid på en timme per tåg. Konventionella terminaler klarar högst 20 tåg per natt med ett genomsnittligt uppehåll på 4 timmar. Lastning och lossning av 30 containrar tar 15 minuter. Dimensionerande för terminalens kapacitet är antalet transportplattformar i fördelarzonen.

AT-terminalen består av åtta till nio portalkranar som täcker spår- och fördelarzonen. Varje kranfält täcker således 3-4 vagnlängder. Hanteringen i lagerzonen sker med separata portalkranar, spårbundna självkörande transportplattformar eller självnavigerande – alternativt laserstyrda – robotfordon. AT-terminalen är inte bunden till en specifik vagnlängd.

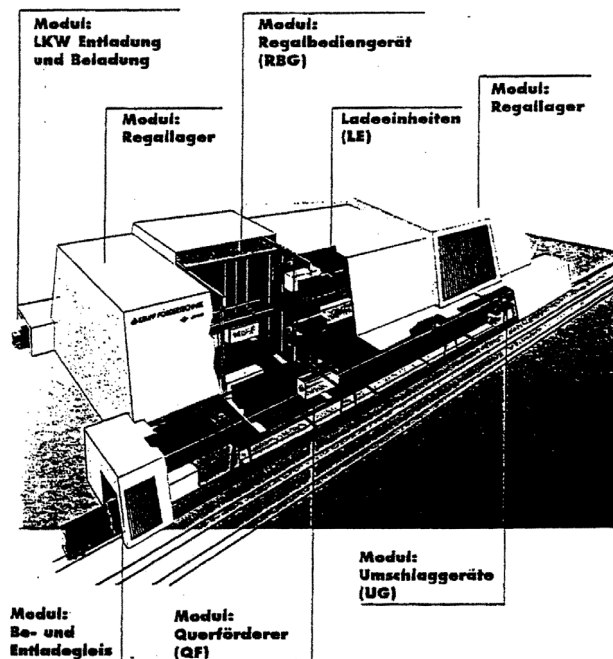
Av ekonomiska och tekniska skäl (framförallt funktionssäkerhet) bestämde SNCF sig för en vidareutveckling av TECHNICATOME-tekniken. Därmed låser man sig också till en specifik vagnlängd vilket kan få allvarliga konsekvenser för den internationella kombitrafiken. Planer finns för en storterminal med denna teknik i Paris-förorten Noisy le Seè. (Ruscheweyh, T.: Commutor – Die vollständige Automatisierung von Containerumschlagbahnhöfen. Die Deutsche Bahn, nr 11/1993)

Krupp-Schnellumschlaganlage (KSU)

I Tyskland har Krupp utvecklat en helautomatisk terminal med integrerat mellanlager som kan lossa eller lasta ett helt tåg medan det sakta rullar genom terminalen. Figur 6.6 visar uppbyggnaden av en större sådan terminal. Hela anläggningen är inrymd i en stor hall där lastbärarna kan lagras i flera våningar. Anläggningen är därför jämförelsevis utrymmesbesparande och samtidigt minskas bulleremissionerna.



Figur: COMMUTOR-terminaler, överst TECHNICATOME-versionen (TA), nederst AUTOMATISME & TECHNIQUE-versionen (AT). (Källa: Die Deutsche Bahn, nr 11/1993)



Figur: Krupp-Schnellumschlaganlage (KSU)

Tågen stannar inte i terminalen utan rullar med mycket låg hastighet genom anläggningen, driven av en rangerrobot. Lastning och lossning sker i två moduler. I den första modulen lastas tåget av med hjälp av en traverskran, som rör sig under omlastningen med samma hastighet som tåget – kranen rullar efter varje passerad vagnlängd tillbaka till utgångspositionen för att utföra samma procedur igen med nästa vagn. Lastenheterna sätts sedan på en tvärgående transportplattform som för dem till mellanlagret eller direkt till en traverskran på andra sidan terminalen där de omedelbart kan lastas på en väntande lastbil.

I den andra modulen sker i princip samma sak, bara i omvänd riktning. Består lagret av flera våningar (som i ovanstående figur) är det kompletterat med en rälsgående portalkran som går i samma axel som de på tvären gående transportplattformarna och tar över lastenheterna från dem.

KSU-terminalen klarar av att hantera 40 containrar fördelade på ett 600 m långt tåg med två moduler på ca 15 minuter. En cykel tar ca 45 sekunder. KSU är inte bunden till en speciell vagn typ. Containrar, växelflak och semitrailrar kan hanteras. Platsbehovet för hela anläggningen är liten. Längden på terminalen är i motsats till konventionella terminaler oberoende av tåglängden. I princip skulle flera kilometer långa tåg kunna hanteras förutsatt att mellanlagerkapaciteten är tillräcklig.

En prov- och demonstrationsanläggning byggdes 1994 i Duisburg-Rheinhausen.

6 Vagnar och tågkoncept

6.1 Konventionella tågssystem

Nuvarande vagnar

I ett konventionellt tungkombisystem kan godsmängden per vagn, eller lastvikten, ökas genom att vagnen görs lättare med bibehållen bruttovikt och/eller genom att vagnens bruttovikt kan höjas genom att främst ökade axellaster tillåts.

Den hittills mest användbara vagnen för tungkombi är av typen Sdgmns med nedsänkt hjulficka, som är utvecklad för transport av påhängsvagnar, med en längd av upp till 12,5 m och utformade enligt tidigare EU-standard. Begränsningar föreligger dock beträffande möjligheten att med denna vagn transportera 13,6 m långa påhängsvagnar, som är utformade enligt nuvarande EU-regler.

Sdgmns-vagnens breda användbarhet består i att den kan användas för transport av flertalet lastbärare av klass A. Den kan vidare lastas med två lastbärare av klass C med en längd av upp till 8,05 m.

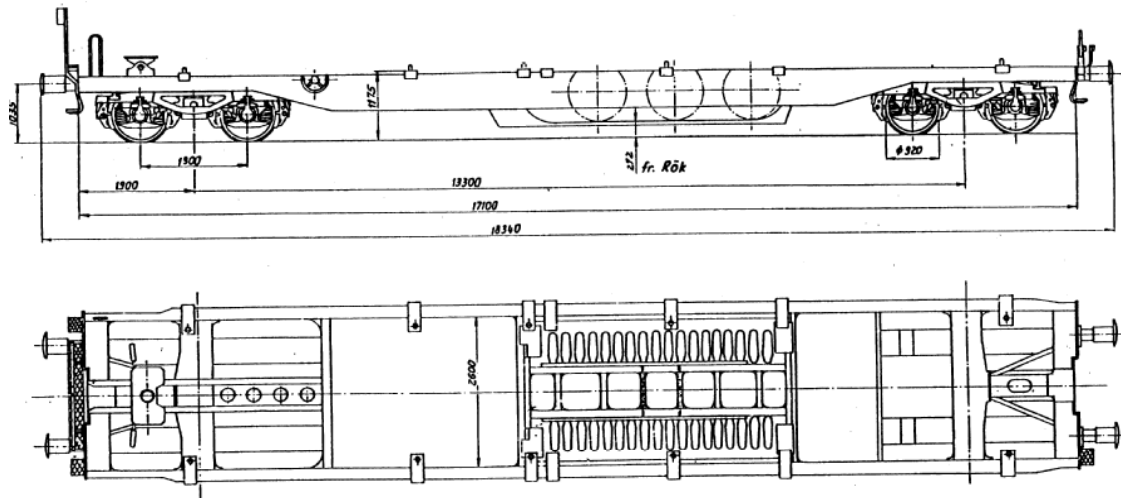
För transport av påhängsvagnar längre än 12,5 m, eller främst av 13,6 m längd, använder RailCombi idag en ledad 6-axlig vagn, typ Sdggmrss, som kan lasta två påhängsvagnar eller lastbärare klass A. Vagnen kan även lasta upp till fyra lastbärare klass C.

Vidare används i en minskande omfattning 2-axliga vagnar, typ Lgjns-w, vilka är utrustade med långslagig stötinrättning. Dessa vagnar har en tillåten bruttovikt på 45 ton, vid 22,5 tons axellast, samt har en egenvikt på 12,5 ton. Detta medför att dess lastförmåga uppgår till 32,5 ton vilket är tillräckligt för att transportera två fullt utlastade växelflak klass C eller en container klass A. Ett fullastat växelflak, klass A, är däremot för tungt för vagnen. Vagnens lastyta är avpassad efter att kunna lasta två 7,15 m långa växelflak, klass C.

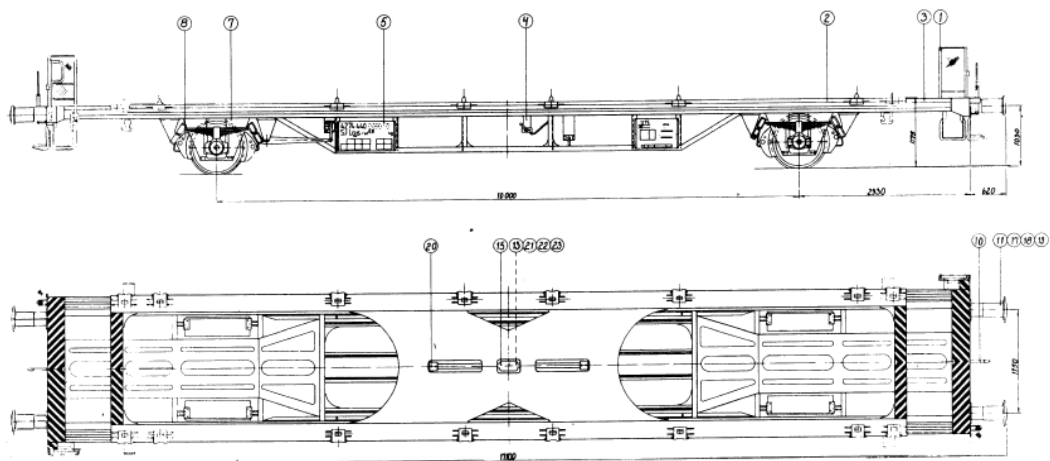
Den uppgift denna vagn idag är mest lämpad för är att transportera container klass A i tåg som utgör en del i vagnslastsystemet. Här kommer vagnens viktigaste komponent, den långslagiga stötinrättningen som är avsedd att dämpa rangerstötar, väl till pass.

Utöver detta finns ett antal 2-axliga vagnar, utan långslagig stötinrättning, som har en lastyta som är 15,7 m lång och en lastförmåga på 32,5 ton. Detta möjliggör transport av samtliga växelflak av klass C samt container klass A.

En pågående utveckling inom svensk tungkombi är att 2-axliga vagnar, främst av Lgjns-typ ersätts av 6-axliga vagnar, typ Sdggmrss, som klarar att transportera samtliga aktuella typer av lastbärare.



Figur: Kombivagn typ Sdgmns, som används för transport av påhängsvagnar samt containrar och växelflak upp till klass A (Ritning: SJ Gods)



Figur: Kombivagn typ Lgjns-w, som används för transport av containrar och växelflak upp till klass A (Figur: SJ Gods, 1985)



Figur: Boggivagn typ Sgnss, avsedd för transport av två växelflak klass C respektive C+ alternativt två containrar klass C eller en lastbärare klass A (Bild: AAE)



Figur: Ledad kombivagn typ Sdggmrss, som används för transport av två påhängsvagnar eller containrar och växelflak upp till klass A (Bild: AAE)

Effektiva vagnar

Eftersom en ansats är att i ett nyutvecklat kombisystem införa en ny typ av lastbärare C+, med en längd av max 10,7m, behövs det även en vagn som klarar att på ett effektivt sätt kan transportera dessa lastbärare. Dessa vagnar kan utformas enligt följande:

- 4-axlig boggivagn, typ Sgnss, avsedd för två växelflak klass C respektive C+ alternativt tre containrar klass C eller en lastbärare (växelflak eller container) klass A.
- 6-axlig ledad boggivagn, typ Sdggmrss, avsedd för fyra lastbärare klass C respektive C+ eller två lastbärare klass A.
- 2-axlig vagn, typ Lgns, avsedd för två lastbärare klass C eller en lastbärare klass C+ eller A.

Data för dessa tre vagntyper framgår av tabell. I tabellen lastas vagnarna med två typer av lastbärare, i form av det ovan föreslagna växelflaket klass C+, här med en ansatt längd av 10,7 m och bruttovikt på 22 ton, samt ISO-container klass C, med en bruttovikt på 24 ton.

Tabell: Data för olika vagn typer vid transport av enhetslaster typ C och C+.

Vagn typ	Lgns		Sgnss			Sggmrss	
Antal axlar	2		4			6	
Lastytans längd (m)	16,0		21,5			2*21,5	
Vagnlängd ö.b. (m)	17,1		22,8			44,9	
Axel/boggieavst (m)	10,0		17,4			2*19,6	
Egenvikt (ton)	11		21			32	
Lastbärare	C+	C	C+	C	C	C+	C
Längd max (m)	10,7	6,06	10,7	6,06	6,06	10,7	6,06
Antal lastbärare (st)	1	2	2	2	3	4	4
Prestanda							
Lastvikt (ton)	22	48	43	48	72	85	95
Vagnens bruttovikt (ton)	33	64	64	69	93	117	127
Axellast (änd/mittboggi)	16,5	30,5	16,0	17,2	23,2	16,8/25,0	22,2/22,0

En slutsats av tabellen är att en 2-axlig vagn av Lgns-typ inte är så intressant eftersom den endast kan ta ett växelflak typ C+. Den 6-axliga är av intresse när en axellast på minst 25 ton är tillåten. Denna vagn typ kräver emellertid att kompakta lastbärare, såsom container klass A placeras i rätt läge för att undvika att mittboggin överbelastas.

För lastbärare av klass C+ förefaller en konventionell 4-axlig boggivagn vara bäst. Eventuellt kan två eller flera sådana vagnar kortkopplas. Den får en axellast på endast 16 ton vilket kan innebära att den kan tillåtas för högre hastighet, förslagsvis 160 km/h med full last. Det innebär inte bara kortare transporttider, utan även högre produktivitet och större möjlighet att köra trafik även på dagen tillsammans med persontrafik.

Här kan noteras att det alltid är möjligt att placera växelflak klass C, enligt svensk-europeisk standard SS-EN 284, i samma lägen på vagnarna som ett växelflak klass C+. Den enda nackdelen med detta förfarande är att vagnarnas kapacitet utnyttjas sämre än annars eftersom dessa växelflak är kortare och har lägre lastförmåga, och bruttovikt, än klass C+. Detta gäller även vid vägtransport av lastbärare klass C på lastbilar anpassade för klass C+.

Tågssystem

I tabell redovisas också vilka egenskaper dessa alternativ erbjuder vid olika, i framtiden möjliga, tillåtna axellaster såsom 25 ton, 27,5 ton respektive 30 ton samt en tillåten tåglängd av 750 m i jämförelse med dagens 650 m-tåg och 22,5 tons axllast. I jämförelsen förutsätts att vagnar av respektive typ kopplas samman i ett helt tåg och i ett första fall alla lastbärare utgörs av växelflak klass C+, jämförelsen benämnd alternativ C+. I ett andra fall förutsätts att hälften av lastbärarna utgörs av växelflak klass C+ och den andra halvan av container klass C. Detta fall är benämningen i jämförelsen C/C+.

Tabell: Jämförelse mellan tungkombitåg med olika typer av vagnar och lastbärare

Alternativ	1	2	3	4	5	6	7	8
Tåglängd	650		750					
Axellast (ton)	22,5		25,0-27,5				30,0	
Vagn typ	Sgnss		Sgnss		Sggmrss		Sgnss	Sggmrss
Antal axlar (st)	4		4		6		4	6
Antal vagnar	27		31		16		31	16
Lastbärare	C+	C/C+	C+	C/C+	C/C+	C/C+	C/C+	C/C+
Antal lastbärare	54	33/32	62	36/38	64	36/38	36/38	32/32
Nyttolast vid f=70% ton	650	890	740	1010	850	740	1010	740
Volym (m3)	4320	3790	4970	4390	5130	3760	4390	3760
Pallplatser (st)	1400	1230	1610	1420	1660	1220	1420	1220
Tågvikt vid f=70% ton	1450	1670	1670	1900	1560	1590	1900	1590
Tågvikt vid f=100% ton	1730	2050	1890	2330	1890	1970	2330	1970

Tabell: Jämförelse mellan lättkombitåg med olika typer av vagnar och lastbärare

Alternativ	1	2	3	4	5	6	7	8
Tåglängd	650		375					
Axellast (ton)	22,5		25,0-27,5				30,0	
Vagn typ	Sgnss		Sgnss		Sggmrss		Sgnss	Sggmrss
Antal axlar (st)	4		4		6		4	6
Antal vagnar	27		31		16		31	16
Lastbärare	C+	C/C+	C+	C/C+	C+	C/C+	C/C+	C/C+
Antal lastbärare	54	33/32	31	18/19	32	18/19	18/19	16/16
Nyttolast vid f=70% ton	650	890	370	505	425	370	505	370
Volym (m3)	4320	3790	2485	2195	2565	1880	2195	1880
Pallplatser (st)	1400	1230	805	710	830	610	710	610
Tågvikt vid f=70% ton	1450	1670	835	850	780	795	850	795
Tågvikt vid f=100% ton	1730	2050	945	1165	945	985	1165	985

I den översta tabellen framgår kapacitet för konventionella tåg med 650 respektive 750 m längd. Av denna framgår att tågvikterna med normal fyllnadsgrad på 70% inte överstiger 1900 ton, och att de oftast ligger omkring 1600 ton. Det innebär att ett Rc-lok eller ett duolok är tillräckligt som dragkraft för dessa tåg. Om fyllnadsgraden är 100%, som den kan vara i systemtåg, ligger dock tågvikterna omkring 2000 ton och upp till 2300 ton. Här är det i så fall nödvändigt med två duolok eller Rc-lok, alternativt krävs nya 4-axliga eller 6-axliga ellok.

I den under tabellen anges motsvarande data för lättkombi under förutsättning att tåglängden uppgår till max 375 m. Lättkombitågen är kortare eftersom systemet är mer småskaligt och att de skall kunna gå in på sidotågvägar i mindre terminaler. En längd på 375m kan vara lämplig eftersom två tåg blir 750 m. Vid stort trafikunderlag och på längre sträckor där tågen inte skall stanna skulle i så fall två tåg kunna kopplas ihop.

Av tabellen framgår att lättkombitågen normalt får en maxvikt på omkring 800 ton med 70% fyllnadsgrad och maximalt 1200 ton vid 100% fyllnadsgrad. Det innebär att ett duolok eller Rc-lok räcker som dragkraft. Möjligheten finns då, att med bra vagnmateriel, höja hastigheten till 160 km/h. Det innebär i sin tur att det är lättare att köra lättkombitåg på dagen då det går mycket persontåg. Därigenom skulle effektiviteten i systemet kunna ökas radikalt, så att det mer eller mindre blir som ett löpande band.

Till en början kan efterfrågan under dagen vara liten eftersom de flesta transporter sker övernatt. Det finns dock volymer som mycket väl kan gå på dagen t ex matartransporter till utrikestrafik och hamnar. Dessutom kan med prisdifferentiering mer lågvärdigt gods transporteras på dagen och kanske också en del distributionstrafik på långa avstånd som ändå inte hinner fram övernatt.

Val av vagntyper för framtida kombisystem

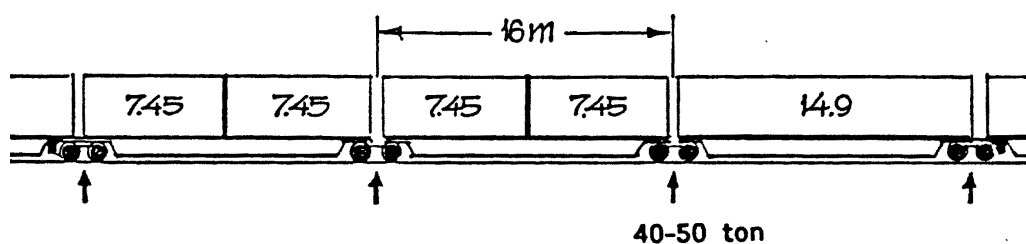
Jämförelserna ovan utgör ett underlag för val av vagntyper för ett framtida kombisystem. Av underlaget framgår att den 4-axliga boggivagnen utgör det mest mångsidiga och flexibla alternativet. En orsak är att den är det enda alternativet vid dagens axellast på 22,5 ton. Vid en blandad sammansättning av lastbärare erbjuder den bästa nyttolasten vid given tåglängd. Detta eftersom den klarar att transportera tre containrar av klass C (20 fots längd). En fördel är även att den utgör en hanterbar enhet, avpassad för 2-3 lastbärare, när den används i ett vagnslastbaserat kombisystem. Denna vagn ger när den endast är lastad med två lastbärare klass C låga axellaster, vilket är till fördel om den skall användas i snabba tåg och höga hastigheter. I dessa fall kan vagnen tillåtas för 160 km/h med blockbroms.

Den 6-axliga boggivagnens stora fördel är i system som i huvudsak transporterar lastbärare klass C+ samt i systemtågsliknande kombitåg. I en heltågslösning erbjuder denna vagn fler platser för lastbärare klass C+, vid en given tåglängd. Dessutom bortfaller, vid en jämförelse mot ett tåg bestående av 4-axliga boggivagnar, var fjärde boggi i ett heltåg.

Den 2-axliga vagnen bedöms endast kunna utgöra ett alternativ den dag en axellast på 30 ton kan tillåtas. En fråga är även vilka hastigheter som i framtiden kommer att tillåtas för vagnar med 30 tons axellast. Denna vagn bedöms därför som ointressant inom överskådlig tid.

Kortkopplade vagnar - integraltåg

Längdutnyttjandet kan ökas genom kortkoppling av vagnar. I Europa förekommer t ex vagnenheter av upp till fem kortkopplade vagnar. Mindre avstånd mellan lastenheterna innebär också lägre luftmotstånd och därmed sänkt energiförbrukning. Figuren nedan visar ett förslag till integraltåg som i princip är en enda lång flat lastyta, som möbleras med containrar efter behov.



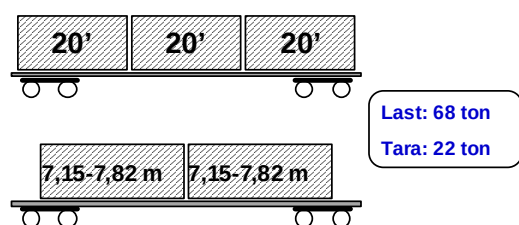
Figur: Förslag till integraltåg. Genom kortkoppling av flera vagnmoduler kan längdutnyttjandet ökas.

Långa vagnar

Längre godsvagnar kan vara ett sätt att öka effektiviteten i kombitrafiken. En möjlighet är en 25 m lång vagn som skulle kunna lasta 4 st 20'-containrar alternativt 3 st 7,82 m-flak. Vid samma längdmeterkapacitet kan antalet boggier genom långa vagnar reduceras med 25%. Långa containervagnar en högre kapacitet och transporterar fler behållare per axel. Maxvikten per behållare är något lägre, men fortfarande högre än om tvåaxliga containervagnar (med stax 22,5 ton) används. Problemet med för höga lastvikter kvarstår dock. Lastenheterna får inte bli för tunga.

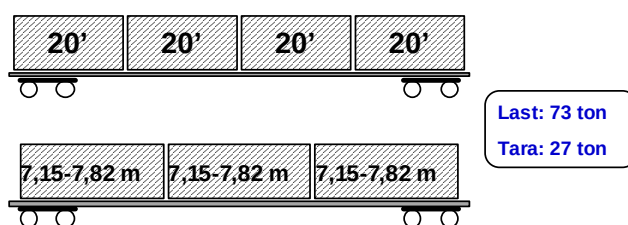
Lastprofilsbredden är däremot i regel inget problem, eftersom lastenheternas bredd begränsas i kombitrafiken av de maximalt tillåtna breddmått för vägtrafiken. Detta gäller med undantag för vissa minicontainrarsystem, där containerns placeras i tvärriktningen på järnvägsvagnen och i längdriktningen på lastbilen.

I dag: Lastytelängd - 19 m



3 st 20'-enheter á - 22,7 ton
 eller:
 2 st 7,15-7,82m-växelflak á - 34,0 ton

I framtiden: Lastytelängd - 25 m



4 st 20'-enheter á - 18,3 ton
 eller:
 3 st 7,15-7,82m-växelflak á - 24,3 ton

Figur: Förslag till lång boggivagn som kan lasta 4 st. 20-fots-containrar.

	Konventionell boggicontainervagn, stax 22,5 ton	Lång containervagn, stax = 25,0 ton	Som jämförelse: 2-axl. containervagn, stax =22,5 ton
Lastytelängd	19 m	25 m (+32 %)	14,5 m
Taravikt	22 ton	27 ton (+23 %)	12 ton
Lastvikt	68 ton	73 ton (+7 %)	33 ton
Antal lastbehållare			
•20'-containrar	3 st	4 st (+33 %)	2 st
•7,15-7,82-växelflak	2 st	3 st (+50 %)	
Antal behållare/axel			
•20'-containrar	0,75 st/ax.	1,00 st/ax. (+33 %)	1,00 st/axel
•7,15-7,82-växelflak	0,50 st/ax.	0,75 st/ax. (+50 %)	
Maxvikt per behållare			
•20'-containrar	22,7 ton	18,3 ton (-19 %)	16,5 ton
•7,15-7,82-växelflak	34,0 ton	24,3 ton (-29 %)	

Tabell: Jämförelse mellan "normallånga" boggicontainervagnar (stax 22,5 t) och långa containervagnar (stax 25 t) enligt förslag i figur ovan. (Data: G.Troche).

6.2 Nya tågssystem

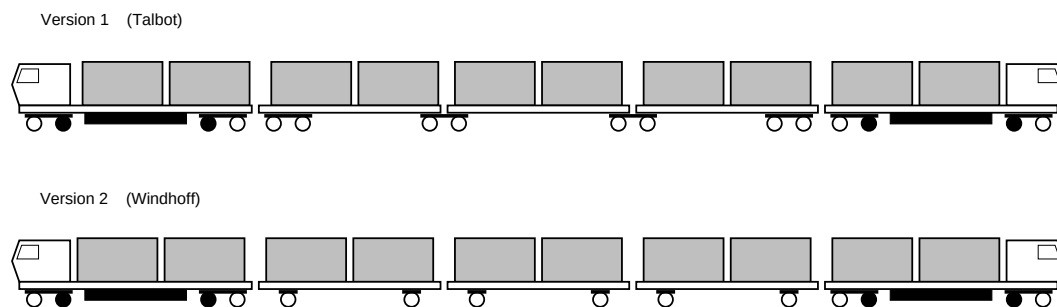
Motorvagnsliknande koncept – CargoSprintern

Med CargoSprinter-tågen introducerade DB ett helt nytt fordonskoncept för godstrafik. CargoSprinter är multipelkoppelbara femvagnars-tågsätt för transport av containrar och växelflak med små förarhytter i varje ände och egen drivning i ändvagnarna, se figur. Anskaffningskostnaden uppgavs ligga ungefär i nivå med priset för ett motsvarande antal lastbilar med samma sammanlagda transportkapacitet.

De hittills byggda tågsätten är dieseldrivna och således oberoende av kontaktledning. De kan t.ex. sättas in som godsskyttlar direkt mellan terminaler eller kunder med egen spåranslutning. Utvecklingsmålet är en hybridversion för att slippa dieseldrift under kontaktledning.

Möjligheten att multipelkoppla flera enheter kan utnyttjas för att inrätta så kallade Train-Coupling-and-Sharing-upplägg (TCS) där enstaka tågsätt kopplas ihop till längre tåg och delas upp igen i lämpligt belägna brytpunkter. På så sätt kan driftskostnaderna och behovet av tåglägen minskas. Tågen är utrustade med ZAK-automatkoppel och hela kopplingsproceduren, som styrs av lokförarna, tar bara några minuter. Bromsprovet utförs automatiskt med hjälp av det nya elektroniska bromsstyrnings- och -kontrollsystemet EBAS.

Med CargoSprinter-tåg ombesörjdes bl.a. kommersiell provtrafik med flygfrakt till och från flygplatsen i Frankfurt/Main. Trafikupplägget innebar att en CargoSprinter-enhet var avgick från Osnabrück och Hamburg på kvällen; strax efter midnatt möttes de båda enheterna i Hannover och kopplades ihop och fortsatte till Frankfurt där tåget angjorde den spåranslutna flygfrakterminalen på Frankfurts flygplats. Ett motsvarande upplägg kördes i motriktningen. Tågens maxhastighet var 120 km/tim. Denna trafik blev emellertid nedlagd, främst beroende på de höga banavgifterna i Tyskland, som huvudsakligen beräknas per tågkilometer, vilket slår ekonomiskt hårt mot små tågenheter.



Figur: Principskiss på CargoSprinter, Talbots respektive Windhoffs modeller.

Det har funnits intresse för CargoSprintern bl.a. i Storbritannien, Nederländerna och Australien. Det har också funnits planer på att utveckla tågkoncept med elektrisk drivning för posttransporter i Schweiz. I England har ett förslag till en dieseldriven tvåvagnsenhet för transport av containrar, växelflak och rullpallar presenterats som bygger på samma grundidé som CargoSprintern. I detta koncept "TruckTrain" ingick en version med täckt lastutrymme och rulljalousiedörrar med en maxhastighet på 160 km/tim som drevs av en 550-750 hk dieselmotor.

7 Utvärdering av effektiva tågssystem

7.1 Ekonomisk utvärdering av effektiva tågssystem

En ekonomisk utvärdering har gjorts av några av de nya trafiksystem som har beskrivits i denna rapport. Transportkostnader har beräknats med på KTH utvecklade generella kostnadsmodeller för olika avstånd och i jämförelse med lastbil samt för vissa specificerade transportupplägg och transporter med en mer detaljerad modell.

Kombitrafik

Kostnadsstrukturen för en typisk kombitransport av tre containrar framgår av figur. Av figuren framgår att terminalkostnaderna d.v.s. lyft av och på, svarar för en stor del av kostnaderna, 43% och matartransporterna, som svarar för 31%. Tillsammans svarar de således för 74% innan lasten står på tåget. Fjärrtågdragningen står för endast 20%. Administrations- och planeringskostanden är liten, endast 6%, eftersom systemet är relativt enkelt och försäljning inte sker direkt mot kund utan via åkerier och speditörer.

Av detta framgår tydligt att det är terminal- och matartransportkostnaderna som man i första hand måste försöka minska om konkurrenskraften skall öka. I lättkombisystemet används enhetslaster på högst 24 ton och längst 11m som kan lyftas av normala industrigaffeltruckar. Det innebär inte bara lägre lyftkostnader utan också lägre kostnader för byggande av terminalerna. I stället för få stora terminaler kan man ha många små terminaler och då kommer man närmare kunderna och matartransportavståndet minskar och därmed kostnaderna.

Med linjetåg kan man täcka fler relationer och når därmed en större marknad. Tågen blir visserligen något mindre och därmed dyrare men detta har mindre betydelse för totalkostanden. Med duolok och effektiva vagnar kan kostnaden för tågdragning minskas men det gäller även för tungkombisystemet.

Kostnadsstrukturen för en typisk lättkombitransport framgår av nästa figur. Kostnadsandelen för matartransport är 17% och terminal 20% och tillsammans har de minskat till 37%. Tågrdragningskostnaden har ökat till 54% och administration och planering utgör 9%.

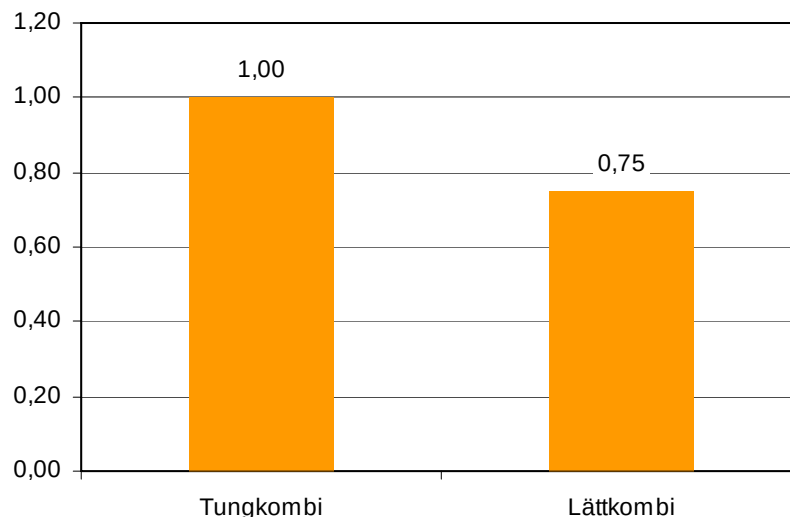
Kostnaden i kr/ton för tre containrar med tungkombi, lättkombi och motsvarande gods lastat direkt i en lastbil framgår av figur. Av denna framgår att konventionell kombitransport har svårt att konkurrera med lastbil. Exemplet gäller med följande förutsättningar: Att matartransportavståndet är 5 mil i varje ände, att godset måste lastas i en container vid

kombitransport och att nyttolasten därmed blir mindre eftersom matartransporten med lastbil dimensionerar vikten.

Det bör framhållas att med andra förutsättningar så kan tungkombi konkurrera med direkt lastbil t ex kortare matartransportavstånd, lättare gods etc. Det intressanta är emellertid att jämföra med lättkombi som får en mycket lägre kostnad i kr/ton. Här kan kombitransport verkligen konkurrera med lastbil på en motsvarande transport och därmed även med sämre förutsättningar, t ex kortare totalavstånd.

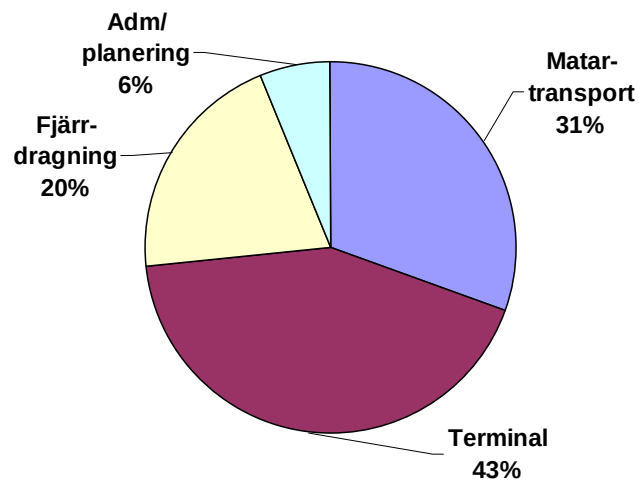
Av figur framgår kostnaden i kr/ton på olika avstånd. Av denna framgår att break-even-point mellan lastbil och tungkombi ligger på ca 55 mil. För lättkombi ligger den på 40 mil med samma förutsättningar. Av figuren framgår också att lättkombisystemet blir dyrare än tungkombi på riktigt långa avstånd uppemot 100 mil beroende på de högre tågdragningskostnaderna.

Av figur framgår också kostnaden för en enskild transport av två växelflak mellan Helsingborg och Trollhättan. I detta fall är tungkombiterminalerna belägna i Malmö och Göteborg och lättkombiterminalerna i Helsingborg och Trollhättan. Kalkylen visar att den totala transportkostnaden blir 25% lägre med lättkombisystemet.



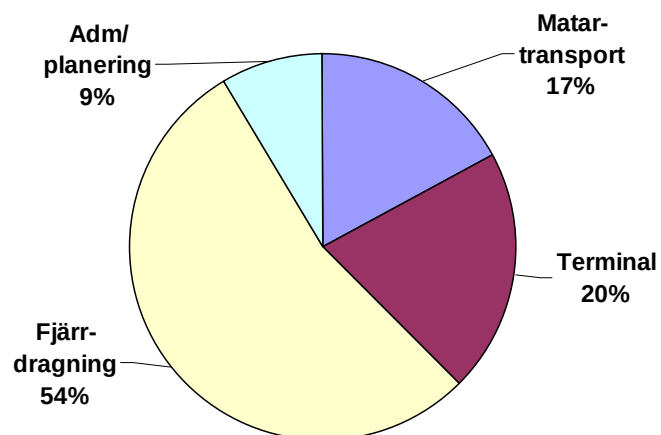
Figur: Exempel på kostnad för en transport med tungkombi och lättkombi. Avser en transport av två växelflak på en boggivagn mellan Helsingborg och Trollhättan.

Kostnadstruktur Tungkombi



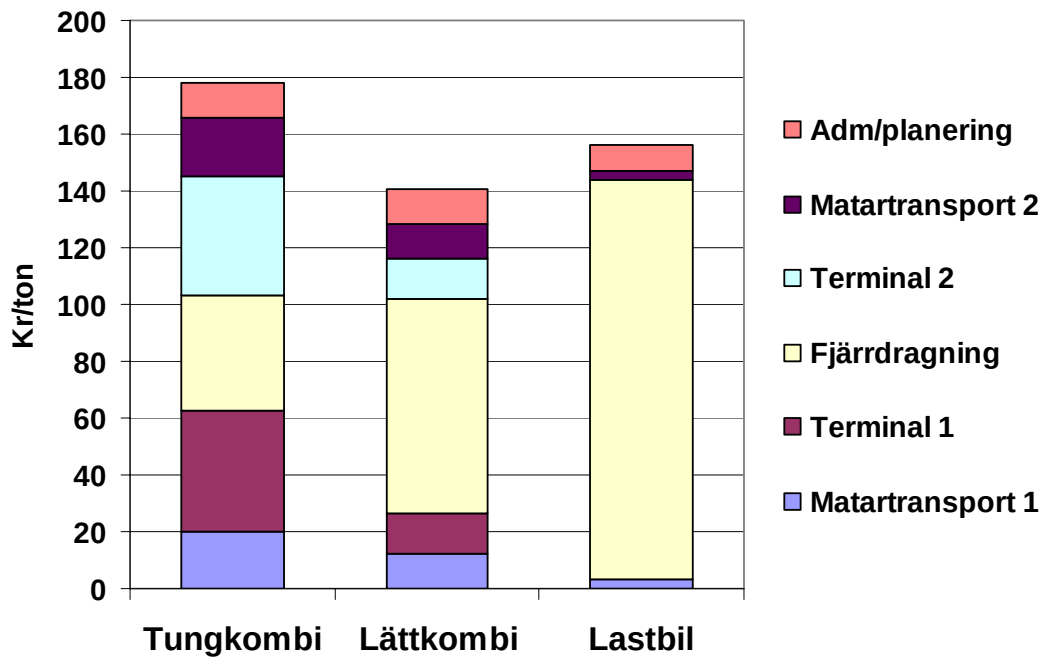
Figur: Kostnadsstruktur för en tungkombitransport av tre containrar på ett avstånd av 50 mil med matartransport på 5 mil i varje ände

Kostnadstruktur Lättkombi



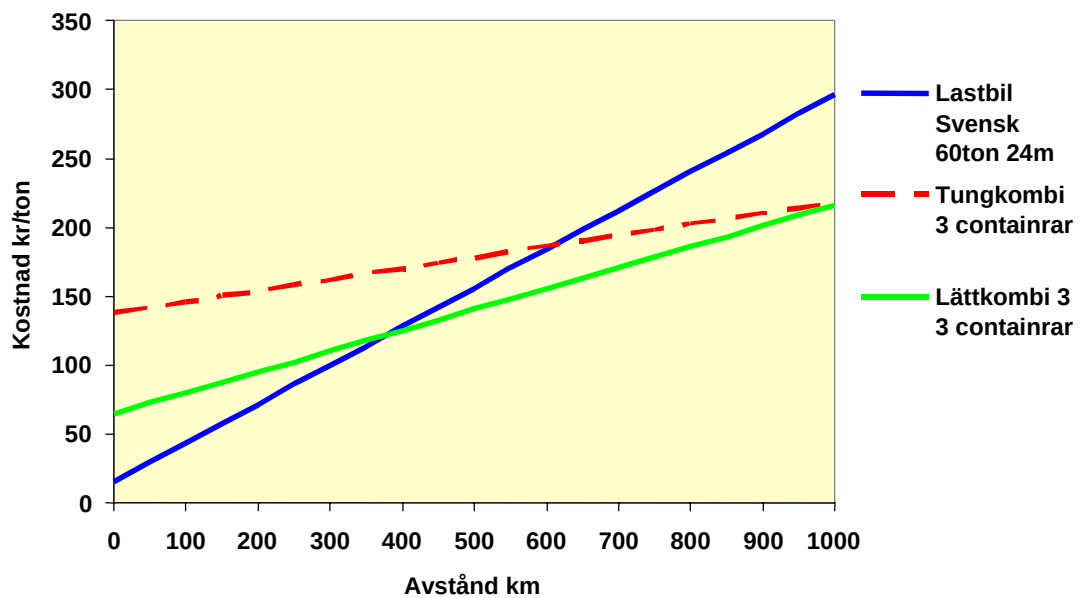
Figur: Kostnadsstruktur för en lättkombitransport av tre containrar på ett avstånd av 50 mil med matartransport på 3 mil i varje ände

Kostnad för en transport på 50 mil



Figur: Kostnad i kr/ton för olika typer av kombitransport och en direkt lastbilstransport

Kostnad tungkombi - lättkombi - direkt lastbil



Figur: Kostnad i kr/ton för olika typer av kombitransporter och lastbil beroende på avstånd. Samma förutsättningar som i figurerna ovan.

8 Potential för kombitrafik

Potentialen för kombitrafik beror på många olika faktorer. Den konventionella kombitrafiken utvecklas i takt med den ekonomiska utvecklingen och konkurrenssituationen. Svårare att bedöma är Lättkombi och Hamnkombi. Hamnkombin har utvecklats snabbt de senaste åren dels på grund av containeriseringen av världshandeln och sjöfarten, dels på en konsekvent satsning av Göteborgs hamn. Lättkombi är ett nytt system som kan ha en stor potential om det förverkligas. Eftersom särskilda analyser gjorts av Lättkombi och Hamnkombi redovisas de nedan i avsnitt 9.1 och 9.2. Därefter följer i avsnitt 9.3 en prognos över den totala godstrafiken där all kombitrafik ingår och redovisas separat.

8.1 Lättkombi

Marknadspotentialen för lättkombisystemet beror på

1. Den totala marknaden för långväga lastbilstransporter
2. Vilka varuslag som kan transporteras i systemet
3. Vilka terminaler som trafikeras
4. Vilka relationer dvs mellan vilka terminaler som transporter kan ske
5. Vilka relationer som systemet är ekonomiskt konkurrenskraftigt gentemot direkt lastbilstransport
6. Vilka relationer som systemet är kvalitetsmässigt konkurrenskraftigt
7. Hur systemet organiseras och säljs

Den totala marknaden för långväga lastbilstransporter över 10 mil omfattar 86 miljoner ton (2002). Generellt sett blir de transporterade volymerna större ju kortare avståndet är. Detta är en viktig anledning till att det är angeläget att få till stånd ett kombisystem som är konkurrenskraftigt på så korta avstånd som möjligt.

Idén bakom lättkombisystemet är att allt som kan transporteras på ett lastbilsflak och som inte är längre än 7-10 m också skall kunna transporteras i systemet.

Man kan dock från början utesluta vissa varuslag av masstransportkaraktär där man vet att ett kombisystem inte kan bli konkurrenskraftigt gentemot direkt lastbilstransport eller vagnslasttransport samt vissa varuslag med särskilda krav som kan vara svåra att hantera.

Följande varuslag har därför uteslutits:

Mjölk-och mejeriprodukter	(CTSE	031)
Rundvirke	("	051)
Pappersmassa	("	101)
Flis - och träavfall	("	192)
Järnmalm och skrot	("	080)
Andra malmer	("	090)
Mineraler	("	072)
Fabriksbetong	("	141)
Sand, grus, sten	("	071)
Kol och koks	("	110)
Olja	("	120)
Tjära	("	130)

En viss del av det resterande godset är t ex långgods som inte går att lasta i en 6-m container eller ett växelflak. Denna andel har antagits vara 10 %. Frånräknas de ovan nämnda varuslagen och 10 % av det resterade godset återstår en total potential på 41 miljoner ton, vilket är den marknad som lättkombisystemet skall arbeta på. Denna marknad motsvarar således nästan halva den långväga lastbilsmarknaden.

Ett linjenät med terminaler har lagts upp med utgångspunkt från kunskap om nuvarande lastbilsflöden som kan vara intressanta för lättkombisystemet. Detta nätverk omfattar 40 terminaler inom Sverige och 11 linjer (se figur i kapitel 5.1).

För att få fram vilka transporter som kan vara ekonomiskt konkurrenskraftiga för systemet har beräknats vilket matartransportavstånd systemet kan bära på olika fjärrtransportavstånd mätt efter järnvägssträckans längd. Av dessa beräkningar framgår att på ett fjärrtransportavstånd på 10 mil kan lättkombisystemet bära en matartransport på 5 km ToR i varje ände (dvs sammanlagt 20 km lastbilsträcka). Detta motsvarar ungefär medeltransportavståndet inom en och samma tätort.

Detta innebär att transportkostnaden med lättkombi som inkluderar 20 km matartransport, omlastningar och 100 km fjärrtransport med tåg är likvärdig med 100 km direkt lastbilstransport.

På motsvarande sätt kan beräknas att vid 20-mils fjärrtransportavstånd kan systemet bära 2 mils matartransportavstånd och vid 30 mil kan det bara 4 mils matartransportavstånd i båda ändarna. 2 mils matartransportavstånd motsvarar ungefär medeltransportsträckan i en kommun, medan 4 mil motsvarar medeltransportsträckan i en A-region.

Följande kriterier har därför använts för att avgränsa vilka transporter som kan bli ekonomiskt konkurrenskraftiga med direkt lastbilstransport:

Vägavstånd för direkt lastbilstransport:

- > 10 mil: Relationer med gods mellan tätorter med lättkombiterminal (matartransportavstånd < 5 km)
- > 20 mil: Relationer med gods mellan kommuner med lättkombiterminal (matartransportavstånd < ca 2 mil)
- > 30 mil: Relationer med gods mellan A-regioner med lättkombiterminal (matartransportavstånd < ca 4 mil)

Givetvis kan transporter vara konkurrenskraftiga även på längre matartransportavstånd om man matar i rätt riktning, men eftersom terminalerna ligger relativt tätt är detta inte så intressant.

Med dessa kriterier finns en potential på 17 miljoner ton lastbilsgods mellan de 40 terminalerna där lättkombisystemet är ekonomiskt konkurrenskraftigt (applicerat på godsvolymer 2002). Av denna volym ligger 12 miljoner ton på samma linje medan 5 miljoner ton således kräver byten mellan linjer. Det tyder på att det med utgångspunkt från praktisk erfarenhet utarbetade linjenätet är relativt effektivt, även om det givetvis går att optimera ännu bättre med utgångspunkt från de data som nu tagits fram.

Av den potentiella volymen på 12 miljoner ton utgör 67 % inrikesgods och 33 % gods som skall vidare till utlandet med fördelningen 55 %/45 % mellan export/import.

En del av det potentiella godset kan transporteras i tungkombinätet mellan de kvarvarande tungkombiterminalerna vilket är effektivt när man kan få underlag för direkttåg som är större än lättkombitågen. Denna godsvolym som kan komma att gå i ett framtida lättkombinät är väsentligt mindre än de teoretiska potentialen som beräknats ovan beroende på faktorer som man inte kan ta hänsyn till i en sådan beräkning t.ex. sändningsstorlekar och kvalitetskrav.

Marknadspotential för lättkombisystem

Godsvolymer 2002	Miljoner ton	Andel
Långväga lastbilstransporter totalt:	85,7	100%
därav		
Lämpliga varugrupper	41,0	48%
därav		
Mellan de 40 terminalerna på konkurrenskraftiga avstånd:	17,3	20%
därav		
- Med de 11 direktlinjerna	11,7	14%
därav		
- Inrikes	7,1	8%
- Utrikes export	2,6	3%
- Utrikes import	2,0	2%

Tabell: Potential för lättkombi enligt beräkning utifrån ett konstruerat linjenät (se sid:)

8.2 Hamnkombi

Som framgått av ovan har hamnkombitrafik en särskilt stor konkurrenskraft jämfört med vanlig landkombitrafik. Det beror dels på att det endast krävs matartransport och omlastning i en ände (jämfört med direkt lastbilstransport) dels på att containern är en effektiv lastbärare vid sjöfrakt och kan stuvast både på höjden och på bredden på en båt. Containern skyddar också godset vid sjöfrakt och i hanteringen i hamnarna och just därför är godset ofta containeriserat vid sjöfrakt. Containeriseringsgraden inom sjöfarten har också ökat snabbt.

En särskild analys har genomförts av containertrafiken till/från Göteborgs hamn av Banverket som ett underlag till en utbyggnad av järnvägstrafiken till hamnen. Kombitrafiken till Göteborgs hamn svarar för 2/3 av den totala hamnkombitrafiken i Sverige och har ökat snabbt de senaste åren genom en konsekvent satsning på "järnvägsskyttlar" direkt till och från hamnen från olika inlandsterminaler "torrhamnar". Vissa delar av analysen redovisas här för att belysa hamnkombitrafikens utvecklingspotential.

Som delvis framgått ovan är en av grundtankarna bakom containertransporternas framtida expansion att en mycket stor andel av godset kan containeriseras. Denna möjlighet är nästan helt styrande för den framtida utvecklingen. Det är dock uppenbart att vissa godsslag är lättare att containerisera än andra och att vissa godsslag i det närmaste är omöjliga att containerisera. Skälet till detta kan vara transportekonomiskt, vilket innebär att det blir dyrare att transportera i container än att lasta direkt i en järnvägsvagn eller på lastbil.

Att godset inte går att containerisera kan också bero på dess fysiska egenskaper, dvs. att vissa varuslag har särskilda krav som kan vara svåra att tillfredsställa vid en containerisering. Huvudskälet, och det som framför allt har varit styrande vid beräkningarna, är dock att godset är svårt att hantera rationellt eller helt enkelt omöjligt att lasta i en container.

Det är stora skillnader mellan de olika varuslagen när det gäller möjligheten att containerisera. Som extrema exempel kan nämnas livsmedel och malm, där livsmedel är lättcontaineriserat, medan malm i det närmaste är omöjligt att containerisera. Containeriseringsförmågan för respektive varuslag (CTSE-nivå) som redovisas i tabell har varit styrande för beräkningarna av framtida hamnkombitrafik. Det bör noteras att vissa varuslag, t.ex. kemiska produkter, i vissa fall kan vara såväl svåra som lätta att containerisera.

Av figur framgår godsets containeriserbarhet år 2002 för de transporter som då redan gick med järnväg till/från Göteborgs hamn. Av figuren framgår att 38 % av godset var redan containeriserat år 2002. Ytterligare 30% av godset bedömdes som lättcontaineriserat utifrån de kriterier som nämnts ovan och ytterligare 30% var mellansvårt att containerisera. Endast 2% var svårt eller nästan omöjligt att containerisera. Det bör dock framhållas att endast godsets fysiska egenskaper har beaktats och att härtill kommer de transportekonomiska konsekvenserna. Den verkliga potentialen är således väsentligt mindre än den teoretiska.

Det bör också framhållas att Göteborgs hamn har specialiserat sig på sådant gods som går att containerisera och att massgods och basgods i stor utsträckning använder sig av andra hamnar på Västkusten. Utvecklingen av sjöfarten och industrins logistiska system kan komma att driva på utvecklingen mot en ökad containerisering i en hamn som Göteborg, medan andra hamnar specialiserar sig på andra typer av fartyg och gods. Det är svårt att förutsäga utvecklingen men containeriseringen i världshandeln har gått mycket snabbt de senaste decennierna.

Ett antal terminalorter med möjliga skyttlar har varit utgångspunkt för analysen, se tabell. För att få fram vilka transporter som kan vara konkurrenskraftiga för skyttlarna har för varje ort

med hjälp av en modell från KTH beräknats vilka matartransportavstånd med lastbil som är möjliga för att hela transporten ska vara lönsam, se figur på sid . Detta innebär att man beräknar vilka matartransportavstånd respektive skyttel kan bära i relation till fjärrtransportavståndet med järnväg.

Den beräknade potentialen för skyttlarna omfattar fyra flöden till och från de aktuella orterna:

- Järnvägstransporter mellan orten dit skytteln går och Göteborg
- Lastbilstransporter mellan orten dit skytteln går och Göteborg
- Järnvägstransporter mellan orten dit skytteln går och utlandet
- Lastbilstransporter mellan orten dit skytteln går och utlandet

För järnvägstransporter mellan orten dit skytteln går och Göteborg, förväntas befintlig vagnslasttrafik ersättas av skytteln. Lastbilsflödena mellan orten dit skytteln går och Göteborg förväntas ersättas av skytteln i den befintliga relationen. Transporter mellan orten dit skytteln går och utlandet kommer genom övergången till skyttlarna att bli ett helt nytt flöde, där skytteln för järnväg ersätter befintlig vagnslasttrafik eller lastbilstrafik.

Utrikes transporter till Norge, Finland, Baltikum, Ryssland och Polen ingår inte i potentialen, eftersom transporter till de fyra förstnämnda antas passera till och från Sverige via gränser där sjöfartstransporter till och från Göteborg har mycket svårt att konkurrera. Detta gäller även transporter till och från Polen, där gränspassagen dock ersätts med färja. Även andra begränsningar har lagts in vid beräkningar av potentialen för att få en så realistisk bild som möjligt.

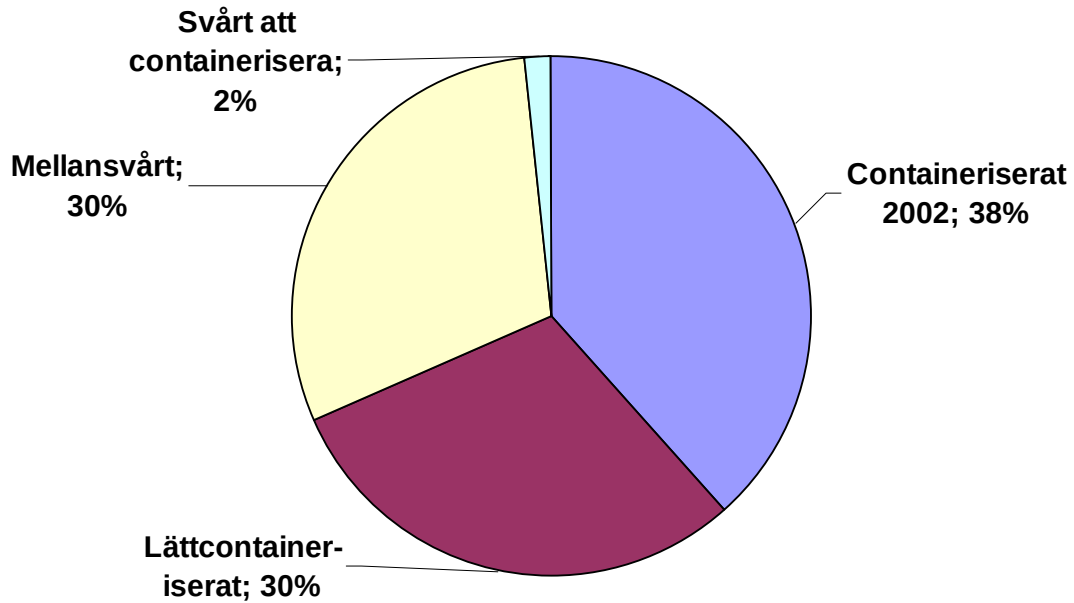
Resultatet framgår av figur. Det lättcontaineriserade godset uppgår 2015 till ca 1,3 miljarder tonkilometer inrikes och lika mycket utrikes. Totalt sett kommer ungefär lika mycket gods från järnväg som från lastbil. Räknar man även in gods som är medelsvårt att containerisera ökar volymerna med drygt 50%. I verkligheten kommer dock endast en del av detta att förverkligas. I prognosen för 2020 som redovisas i nästa avsnitt uppgår hamnkombitrafiken till ungefär halva den totala potentialen av lätt- och medelsvårcontaineriserat gods.

Skyttlar till Göteborgs hamn

Till/från	Avstånd
Terminalort	km
Jönköping	211
Åmål	192
Nässjö	249
Karlstad	277
Hallsberg	273
Malmö	314
Eskilstuna	402
Fagersta	409
Södertälje	417
Borlänge	470
Gävle	534
Sundsvall	756
Olslo	349

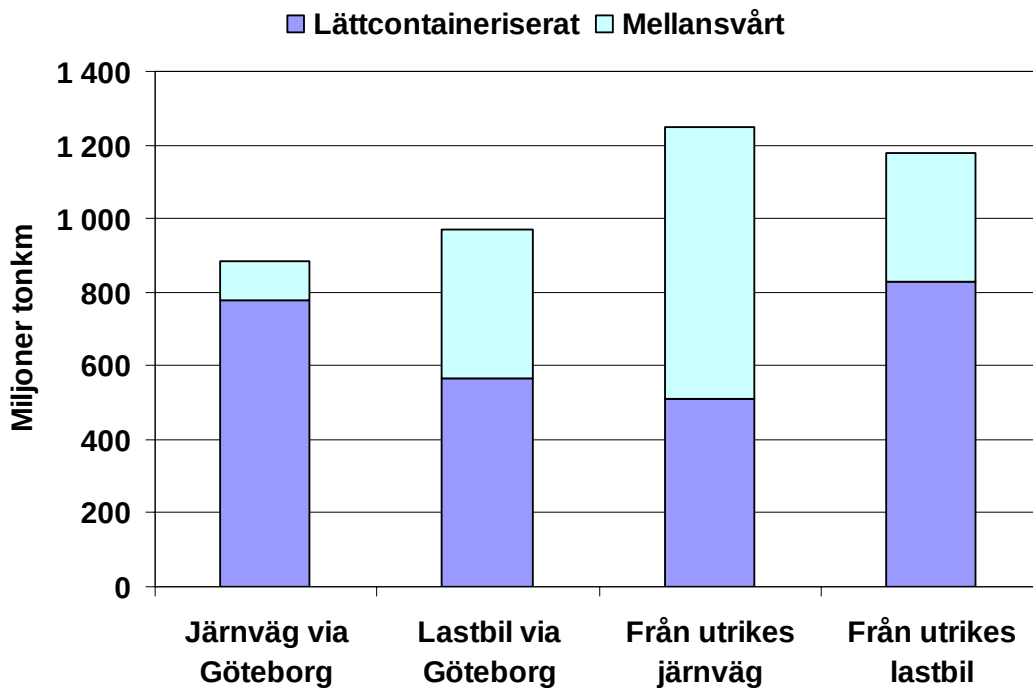
Tabell: Terminalorter för skyttlar till/från Göteborgs hamn

Containeriseringspotential för järnvägstrafiken till/från Göteborgs hamn 2002



Figur: Containeriserbarhet för gods med järnväg till/från Göteborgs hamn 2002.

Potential för skyttlar till/från Göteborgs hamn 2015



Figur: Potentialer för gods via Göteborgs hamn med kombiskyttlar som matartransport inom Sverige på olika delmarknader applicerade på prognos för år 2015.

Containeriseringsförmåga

Förädlingskod	Förädlingsnamn	Snikod	Sektor	Varuslag	Varunamn	Containeriseringsförmåga
3	Lågförädlat	01	Jordbruk	010	Spannmål	Mellansvårt
3	Lågförädlat	01	Jordbruk	020	Frukt	Mellansvårt
3	Lågförädlat	01	Jordbruk	040	Oljefröer	Mellansvårt
1	Högförädlat	02	Livsmedel	031	Mjolk-och mejeriprodukter	Lätt
1	Högförädlat	02	Livsmedel	032	Bryggeriprodukter	Lätt
1	Högförädlat	02	Livsmedel	033	Andra livsmedel och tobak	Lätt
3	Lågförädlat	03	Skogsbruk	051	Rundvirke	Svårt
2	Förädlat	04	Massa/papper	101	Pappersmassa	Lätt
2	Förädlat	04	Massa/papper	191	Papper och papp	Lätt
2	Förädlat	05	Trävaror	053	Sågade och hyvlade trävaror	Lätt
2	Förädlat	05	Trävaror	054	Andra trävaror	Mellansvårt
2	Förädlat	05	Trävaror	192	Flis- och träavfall	Svårt
4	Massgods	06	Gruvor	080	Järnmalm och skrot	Omöjligt
4	Massgods	06	Gruvor	090	Andra malmer	Omöjligt
2	Förädlat	07	Järn/stål	160	Metaller	Mellansvårt
1	Högförädlat	08	Verkstad	170	Metallarbeten	Mellansvårt
1	Högförädlat	08	Verkstad	180	Maskiner och apparater	Mellansvårt
2	Förädlat	09	Kemi	060	Gödselmedel	Mellansvårt
2	Förädlat	09	Kemi	142	Kemiska produkter	Mellansvårt
2	Förädlat	09	Kemi	250	Kemiska produkter sjöfart	Mellansvårt
1	Högförädlat	10	Övrig tillv.	102	Textil och gummi	Lätt
1	Högförädlat	10	Övrig tillv.	193	Färdigvaror	Lätt
1	Högförädlat	10	Övrig tillv.	200	Övriga varor	Mellansvårt
3	Lågförädlat	11	Mineraler	072	Mineraler	Svårt
3	Lågförädlat	11	Mineraler	141	Fabriksbetong	Svårt
3	Lågförädlat	11	Mineraler	150	Kalk och cement	Svårt
4	Massgods	12	Sand/grus	071	Sand, grus och sten	Omöjligt
1	Högförädlat	13	Handel	210	Containers	Lätt
1	Högförädlat	13	Handel	800	Blandad last	Lätt
1	Högförädlat	13	Handel	900	Styckegods	Lätt
4	Massgods	14	Energi	110	Kol och koks	Omöjligt
4	Massgods	14	Energi	120	Olja	Omöjligt
4	Massgods	14	Energi	130	Tjära	Omöjligt
3	Lågförädlat	15	Övrigt	220	Sopor, avfall och snö	Svårt
3	Lågförädlat	15	Övrigt	810	Vägarbeten	Omöjligt
5	Transit	16	Transit	999	Transit	Omöjligt

Tabell: Containeriserbart gods från olika varugrupper. Källa: Utredning om skytteltrafik till/från Göteborgs hamn av Jakob Wajzman, Banverket.

8.3 Prognoser för olika scenarier

I samband med Järnvägsutredningen gjorde Järnvägsgruppen KTH i samarbete med Banverket prognoser för Banverkets Framtidsplan och några olika organisationsmodeller för år 2010 och för ett utvecklingsalternativ för år 2020 (Bilaga till SOU 2003:104 Järnvägsutredningen: Framtida järnvägstrafik av Bo-Lennart Nelldal och Jakob Wajnsman). Utvecklingsalternativet byggde på de förslag till ny teknik och nya trafiksystem för "Effektiva tågssystem för godstransporter" som redovisas i KTH:s rapporter.

De av KTH presenterade förslagen baseras inte på en speciell organisationsstruktur, men kan närmast karaktäriseras som liknande den i alternativet regional satsning. Förslagen förutsätter således en utvecklad linjetrafik med konkurrerande internationella och nationella linjer, en inrikes småskalig kombitrafik samt matarbanor och industrispår. De förutsätter också en fungerande marknad för utrikestransporter på järnväg och en ökad interoperabilitet.

För en fullständig redovisning hänvisas till rapporten. En översiktlig redovisning av olika variabler som använts för i prognosalternativen framgår av tabell nedan.

Tabell: Förutsättningar för olika prognosalternativ

	1990	2002	Prognos 2010			Prognos 2020	
			Referens	Bas	Regional satsning	Referens	Effektiva tågssystem
Inrikes järnväg							
Tätorter (antal)	ca 550	257	257	221	537	257	562
Axellast (ton)	22,5	22,5	22,5	25,0	25,0	22,5	30,0
Medelpris (kr/tonkm)		0,23	0,23	0,20	0,19	0,23	0,15
Medelhastighet (km/h)		50	50	53	60	50	70
Matarbidrag					JA		
Lättkombiorter					20		40
Utrikes järnväg							
Medelpris (kr/tonkm)		0,35	0,35	0,34	0,32	0,35	0,28
Medelhastighet (km/h)		25	25	33	51	25	70
Inrikes lastbil							
Bruttovikt ton	51,4	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Pris (kr/tonkm)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Medelhastighet (km/h)		70	70	70	70	70	70
Utrikes lastbil							
Bruttovikt ton i utlandet	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Pris (kr/tonkm)		0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Medelhastighet (km/h)		50	50	50	50	50	50
Utrikes sjöfart							
Pris (kr/tonkm)		0,20	0,20	0,17	0,17	0,20	0,15
Medelhastighet (km/h)		12	12	12	12	12	12

Till att börja med kan konstateras, att om inga utbudsförändringar sker, så kommer järnvägens marknadsandel att långsamt minska från 24% 2002 till 22% 2020. Det beror på den ekonomiska utvecklingen där branscher med mer högförädlad gods ökar snabbare än basgods

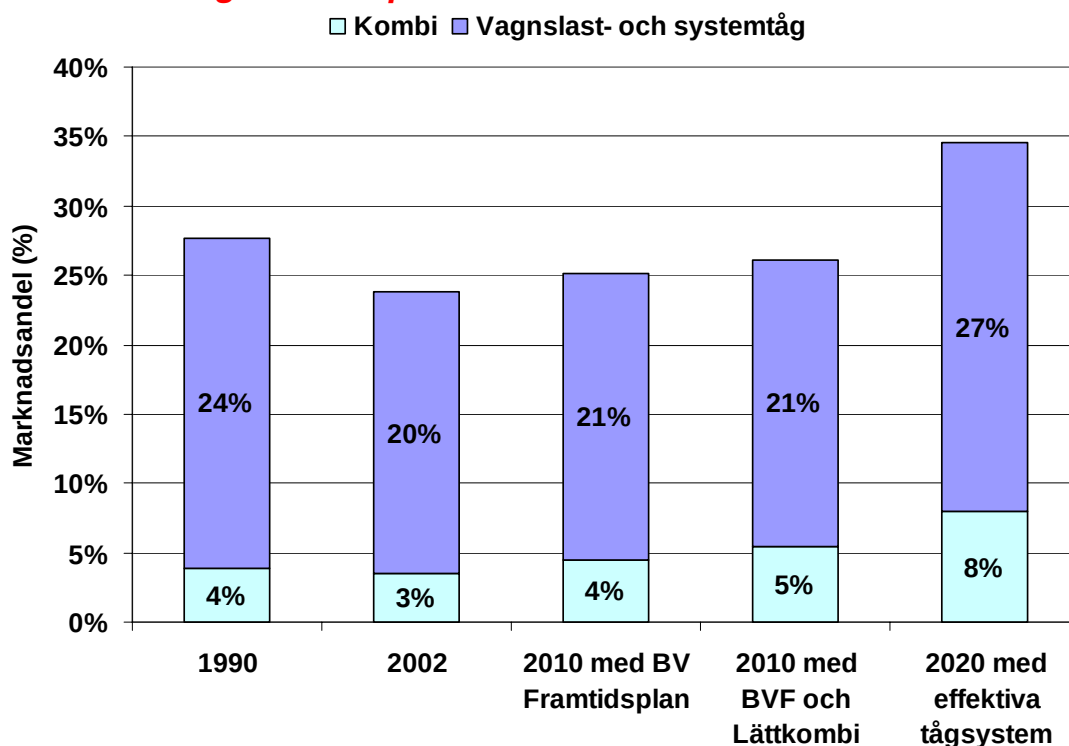
och massförädlad gods och att utrikestransporterna ökar snabbare än inrikestransporterna. I tillväxtbranscherna liksom i utrikestrafiken har lastbilstrafiken redan från början en högre marknadsandel än järnvägen och får därför en snabbare tillväxt med ökad marknadsandel som följd.

Ser man bakåt i tiden så har järnvägens marknadsandel varit väsentligt högre, 1990 var den 28% och låg omkring denna nivå från 1985-1991. Att järnvägens marknadsandel har minskat beror från 1990 till en liten del på den ekonomiska utvecklingen men till större delen på utbudsförändringar där lastbilen blivit bättre och järnvägen relativt sett sämre.

I prognosen för 2010 med Banverkets framtidsplan genomförd ökar den till 25% främst som följd av ökad axellast till 25 ton och lastprofil C för vagnslast- och systemtåg samt i något högre kvalitet i utrikestrafiken som följd av en fortsatt avreglering.

I figuren har en översiktlig prognos för kombitrafiken lagts in som en del av den totala järnvägstrafiken. Den konventionella kombitrafiken har förutsatts ha en generell ökning som är lika som i sektorn handel som består av mer högvärdigt gods och har en högre tillväxt än genomsnittet. Hamnkombitrafiken har förutsatts öka ännu snabbare så att en del av den potential som finns tas tillvara. En särskild prognos har gjorts för Lättkombitrafiken.

Järnvägens marknadsandel av långväga godstransportarbete 1990-2002-2010-2020



Figur: Utvecklingen av järnvägens och kombitrafikens marknadsandel 1990-2002 samt för några olika prognosalternativ med olika utbudsförändringar 2010 och 2020.

Kombitrafiken hade år 2002 en andel av det totala långväga transportarbetet på 3% vilket var lägre än år 1990 då den var 4%. Kombitrafiken har således tappat i konkurrenskraft under 1990-talet främst beroende på lastbilarnas ökade bruttovikt som inneburit att direkt lastbilstrafik har blivit konkurrenskraftigare jämfört med kombitrafik lastbil-järnväg.

I basprognosen till år 2010 ökar kombitrafiken något snabbare än vagnslast- och systemtågstrafiken. År 2010 ökar den till 4% med de förutsättningar som angivits ovan. Om ett Lättkombisystem med 20 terminaler etableras beräknas kombitrafikens andel öka till 5%. Järnvägen får då totalt 26%, lastbilen 36% och sjöfarten 38% av det långväga transportarbetet i Sverige, se tabell.

En fortsatt avreglering ligger också till grund för alternativet med effektiva tågssystem för år 2020. Det har skett en teknisk utveckling av Duolok och godsvagnar samt terminalteknik för kombitransporter och nya transportupplägg har introducerats i enlighet med de förslag som redovisats. Det ger väsentligt bättre ekonomi för såväl kombitrafik som vagnslast- och systemtåg. Något fler industrispår har byggts mellan 2010 och 2020 men några matarbidrag ingår inte. Utrikestransporterna förutsätts fungera lika bra som inrikestransporterna vilket betyder mycket eftersom utgångsläget är så dåligt och efterfrågan ökar snabbare för utrikestransporterna.

Resultatet av effektiva tågssystem blir att järnvägens marknadsandel ökar till 35%, vilket kan jämföras med 24% år 2002 eller med 25% för basalternativet år 2010. I detta fall har ett lättkombisystem med 40 terminaler etablerats i enlighet med idéskissen. Hamnkombitrafiken ökar snabbare än den konventionella kombitrafiken. Den konventionella kombitrafiken ökar i takt med sektorn handel med en viss omfördelning från tungkombi till lättkombi. Resultatet blir att kombitrafikens marknadsandel ökar till 8% medan vagnslast och systemtåg svarar för 27%.

En ökning till 35% kan tyckas vara stor men alternativet innehåller också stora systemförändringar av transportsystemen inrikes och av organisation och marknadsförutsättningar utrikes. Ser man bakåt i tiden så har lastbilstrafikens marknadsandel ökat från 25% år 1985 till 35% år 1996 på bara 11 år som följd av att stora förändringar skett genom ökad bruttovikt och bättre vägar samt genom en avreglering som kommit kunderna tillgodo.

Ökningarna i inrikestrafiken beror till större delen på lägre kostnad och kortare transporttider svarar för ett tillskott på 1,6 miljarder tonkilometer, industrispåren för 0,7 miljarder tonkilometer och lättkombisystemet som svarar för 2,1 miljarder tonkilometer. Sammantaget ger detta ett tillskott på 4,4 miljarder tonkilometer som annars skulle transporteras på lastbil. Det motsvarar ungefär 4% av den totala transportmarknaden i Sverige år 2020. Stora förändringar sker också i utrikestrafiken.

Tillsammans med utrikestrafiken innebär det att lastbilens transportarbete minskar med ca 10 miljarder tonkilometer och att ca 1,9 miljoner lastbilstransporter skulle försvinna från våra vägar. Samtidigt minskar näringslivets transportkostnader genom den ökade effektiviteten i järnvägens transportsystem. För att åstadkomma detta krävs en fungerande järnvägsmarknad samt utveckling av nya produkter och användandet av ny teknik som till stor del redan finns i dag men som inte är implementerad.

Om kombitrafiken utvecklas enligt detta scenario kommer den att vara ett väsentligt bidrag till järnvägstrafikens tillväxt och till att dämpa ökningen av lastbilstrafiken. Kombitrafiken uppgår till sammanlagt 8 miljarder tonkilometer år 2020 och är nästan tre gånger så stor som i dag. En del av kombitrafikens ökning är en allmän tillväxt och en del kommer från

vagnslasstrafiken men uppskattningsvis är ungefär en tredjedel eller ca 3 miljarder tonkilometer gods som annars skulle gå på lastbil.

Godstransportarbete 1990-2002 - 2010 - 2020

Totalt transportarbete <i>Miljarder tonkilometer</i>	1990	2002	<i>Prognos 2010</i>			<i>Prognos 2020</i>	
			<i>Referens</i>	<i>Bas</i>	<i>Bas med Lättkombi</i>	<i>Referens</i>	<i>Effektiva tågssystem</i>
Järnväg	16,2	16,2	17,5	19,3	19,3	18,2	26,9
Kombitrafik	2,6	2,8	3,7	4,1	5,0	4,4	8,0
Långväga lastbil	21,2	30,8	36,6	34,6	33,7	42,1	32,3
Sjöfart	27,6	30,8	34,6	34,4	34,4	36,6	34,1
Totalt långväga	67,6	80,6	92,4	92,4	92,4	101,3	101,3
Kortväga lastbil	8,0	7,3	8,4	8,4	8,4	9,5	9,5
Totalt	75,6	87,9	100,8	100,8	100,8	110,8	110,8
Marknadsandelar % av långväga tonkm							
Järnväg	24	20	19	21	21	18	27
Kombitrafik	4	3	4	4	5	4	8
Långväga lastbil	31	38	40	37	36	42	32
Sjöfart	41	38	37	37	37	36	34
Summa	100	100	100	100	100	100	100

Tabell: Totalt transportarbete med olika transportmedel och marknadsandelar för långväga transportarbetet över 10 mil 1990-2002 och för olika prognosalternativ

9 Slutsatser

9.1 Strategiska utvecklingsfaktorer

När det gäller kombitrafik hänger tågsystem, lastbärare och terminalteknik ihop och måste ses i ett sammanhang. Användning av Duolok har även stora fördelar i kombitrafiken och det som redovisats i projektet ”effektiva tågsystem” om vagnteknik, signalsystem och infrastruktur har betydelse för såväl vagnslast och systemtåg som kombitrafiken. Nedan följer en genomgång av de strategiskt viktigaste förslagen.

Tågsystem

- Linjetågssystem för Lättkombi med många små terminaler under vägen
- Terminaler i sidotågväg
- Lastning och lossning av enhetslaster under ett kort uppehåll
- Växelflak och lätta containrar i Lättkombisystem med många terminaler
- Tunga containrar och trailers koncentreras till få stora terminaler i ändpunktstrafik

Linjetågssystem med många små terminaler skulle kunna vidga marknaden för kombitrafiken på ett radikalt sätt och komplettera det nuvarande ändpunktsystemet med få stora terminaler. En förutsättning är att man **avgränsar systemet till växelflak och containrar av max 10,7 m längd och vikten 25 ton**. Då kan man använda vanliga industrigaffeltruckar och terminalerna kan göras enkla och billiga. Bäst är om terminalerna ligger i sidotågväg så att tåget kan lasta och lossa under ett uppehåll på 15-30 minuter.

Samtidigt skulle detta möjliggöra att det nuvarande kombisystemet, **tungkombisystemet** – som kan hantera alla typer av lastbärare, alltså även 40 fots-containrar och trailers - **kan koncentreras till ett färre antal större terminaler**, förslagsvis hamnarna och de största inlandsterminalerna. Detta skulle kunna förbättra lönsamheten i det tungkombisystemet och det skulle kunna vidareutvecklas ytterligare i de långa relationerna inte minst i den internationella trafiken som i dag är underutvecklad.

En sådan omstrukturering hade naturligtvis varit lättare att göra om all kombitrafik bedrevs inom samma företag eller koncern, men den kan också göras med hjälp av markandsmekanismerna. Det finns förslag från Järnvägsutredningen och godstransportdelegationen om att Banverket skall ta ett större ansvar för terminalerna och att dessa skall öppnas för alla operatörer eftersom flera operatörer i dag bedriver kombitrafik i Sverige.

Ett Lättkombisystem bedrevs som pilotprojekt av SJ Gods 1998-2001 men lades ned på grund av bristande lönsamhet. Systemet fungerade väl både tekniskt och markandsmässigt och hade

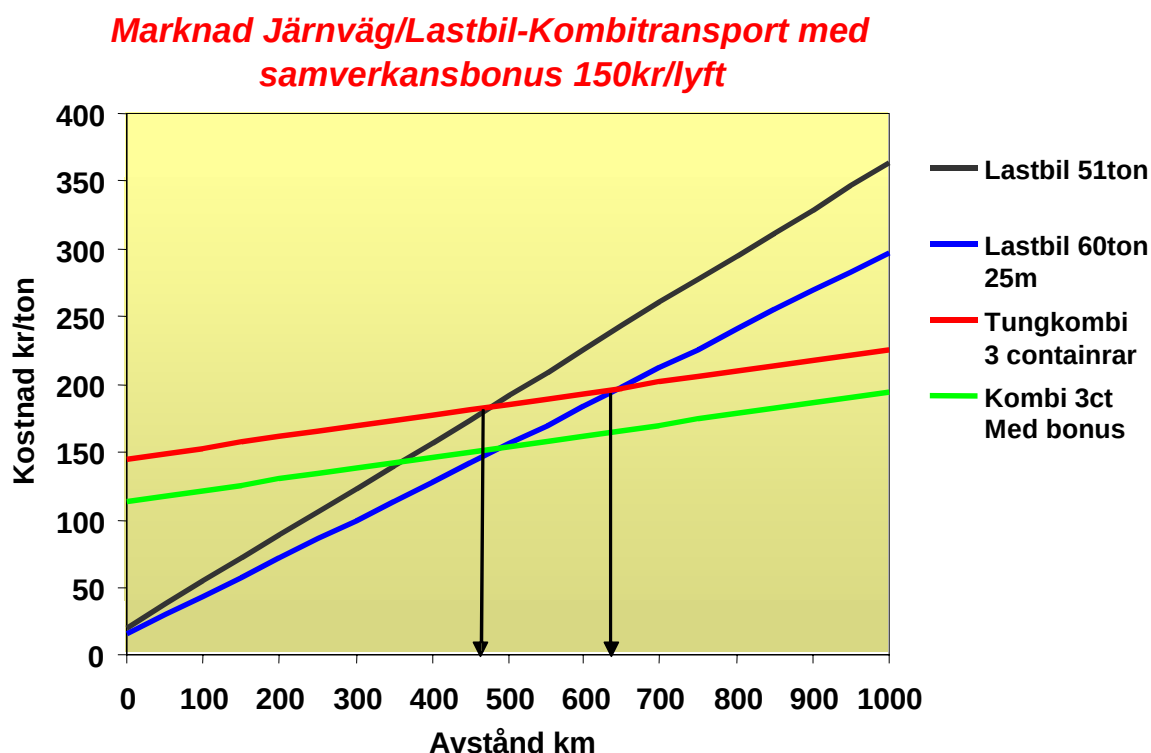
mycket hög kvalitet. Så egentligen behövs det ingen mer forskning och utveckling för att sätta igång ett system. Det kanske snarare behövs någon form av ekonomisk stimulans för att etablera ett system. Ingen operatör eller kund har i dag tillräcklig uthållighet för att bygga upp ett system.

Ett sätt att stimulera nya kombitransporter är att "lyfta av" delar av eller hela lyftkostnaden, s.k. samverkansbonus. Det skulle kunna ges till att stimulera nya kombitransporter och nya transportsystem under en introduktionsperiod, liksom det av godstransportdelegationen föreslagna stödet till demonstrationsprojekt.

Järnvägsgruppen KTH har tidigare studerat ett sådant system i samband med Järnvägsutredningen. Syftet med detta system var att stimulera både regionala matartransporter med järnväg och lastbil till vagnslasttrafik samt matartransporter till kombitrafik.

För att samverkansbonus skall ha effekt, bör den uppgå 150 kr per lyft av en trailer, container eller växelflak. Det är ungefär lyftkostnaden för ett växelflak med en industrigaffeltruck enligt Lättkombikonceptet och halva lyftkostnaden för en tung container eller trailer. För att vara neutralt gentemot vagnslasttrafiken bör det också utgå till nya transportupplägg med direkt omlastning från lastbil till järnvägsvagn s.k. forsling samt till matartransporter på järnväg men behöver inte ges till systemtåg.

Om syftet är att stimulera nya operatörer och nya transportsystem skulle det kunna ges under en period av 5 år. Det är ungefär den tid som kan behövas för att bygga upp ett lönsamt företag. En sådan bonus skulle således både stimulera intermodalitet och framväxten av nya intermodala transportsystem.



Figur: Kombitransport med och utan samverkansbonus på 150 kr per lyft jämfört med lastbil direkt med olika bruttovikt. Med samverkansbonus kan kombitrafikens konkurrenskraft återställas i avvaktan på utveckling av effektivare terminalteknik.

Lastbärare och hanteringsteknik

- Ta hänsyn till hela logistikkedjan
- Satsa på växelflak som passar både lastbil och järnväg
- Effektivaste lastbäraren i Sverige är 10,7 m med maxvikt ca 22 ton
- Utveckling av småskalig terminalteknik
- Automatisk lastning och lossning

Logistiksystemen bör i större utsträckning **integreras med transportsystemen**. Växelflak och containrar möjliggör i större utsträckning en integrerad kedja från fabriksgrund till lager och distribution och har dessutom den fördelen att lastbäraren kan skiljas från vagnen/underredet/hjulen. Viktigt är också att den är relativt billig så att den tål att stå still medan den mer komplicerade utrustningen – vagnar och lastbilar – kan producera hela tiden.

Växelflaket har en störst potential i kombinerad trafik lastbil-järnväg dels för att det går att optimera för olika typer av lastbilar och trafik dels för att det är enkelt att hantera med gaffeltruck och att det kan ställas av lastbilen på stödben utan någon särskild hanteringsutrustning. Ett växelflak kan göras högre än en container och med en längd som är anpassad till de svenska lastbilarna.

Lastbilarna i Sverige får vara 25,25 m långa och då är det optimalt om man kan lasta två **växelflak som är 10,7 m långa med en vikt på ca 22 ton**. Om man i stället använder sig av 7,82 m-flak som är det dominerande i dag så förlorar man för mycket i volym och vikt och en kombitransport har svårt att konkurrera med en direkt lastbilstransport. Det är också en effektiv lösning för järnvägstransporter, även om den inte kan ersätta vagnslasttrafiken i vikt och volym.

Det kanske kan tyckas konstigt att föreslå en svensk standard för inrikestrafik men det faktum att vi har längre lastbilar i Sverige utgör redan ett undantag och de transportekonomiska vinsterna av de längre lastbilarna går inte att bortse ifrån. Det finns ändå så pass mycket trafik som är ren inrikestrafik där vinsterna med superväxelflaken skulle vara stora. Dessa lastbilar skall givetvis utformas så att de även kan lasta 20-fots containrar och kortare växelflak.

Om man vill skapa förutsättningar för ökade kombitransporter bör man i första hand stimulera användningen av lastbilar som kan hantera lösa lastbärare d v s växelflak och containrar. Detta kan ske genom att skatteregler och/eller tillåtna bruttovikter anpassas så att det inte är dyrare för en åkare att investera i en bil för lösa lastbärare än för en med fast påbyggnad eller trailer.

Småskalig terminalteknik har redan utvecklats i Lättkombiprojektet: Gaffeltruckar som kan lasta och lossa under strömförande kontaktledningstråd. Trucken följde med på en särskild vagn i tåget och lokföraren gick själv av och körde trucken. Detta fungerade utan problem. I ett större system är det en fördel om det finns en truck på varje terminal. Dels slipper man proceduren med att köra av och på trucken vid stationerna, dels kan trucken användas under dagen för hantering av växelflaken.

Vid hantering av enbart växelflak så kan detta göras av lastbilarna själva med hjälp av stödben och luftfjädring. Med tillgång till gaffeltruck så skulle det också vara möjligt att hantera containrar på ett enkelt sätt. Utrustning som kan behöva vidareutvecklas är låsning av enhetslasten när den ligger på truckens gafflar. Det är också en fördel om containrar förses med gaffeltunnlar som standard, men det går också att använda sig av ett mellanlägg med gaffeltunnlar.

På lång sikt är det idealiska **horisontell överföring som går att göra helautomatisk**. Ett svenskt sådant system finns nästan färdigutvecklat men har aldrig kommit i kommersiell produktion. Det s.k. CCT-systemet är modulärt och kan bestå av en enhet som kan lossa en container på 3-6m längd eller flera enheter som kan lossa ett helt tåg på 1000 m på en gång. Lastbärarna kan också vara bredare t.ex. 3,6 m som Stora-boxarna. Systemet bygger på att vagnarna har hydrauliska containertappar som dels kan låsa lasten när tåget kör dels kan lyfta lasten en liten bit när den skall lossas eller lastas.

Det finns flera liknande system och idéer och en del internationella projekt och prototyper men många är väldigt komplicerade och därmed dyra. Med dessa system så löser man inte grundproblemet nämligen att kostnaden för lyftet och terminalen i sig är ett hinder för utvecklad kombitrafik. För CCT-systemet beräknas lyftkostnaden ligga mellan 75-150 kr/lyft. Fördelen gentemot gaffeltrucken är att systemet kan göras helautomatiskt och oberoende av personal och att det också kan överföra tunga 40-fotscontainrar och motsvarande enheter (dock inte trailers) utan att terminalerna behöver förstärkas.

Om man skall utveckla ett horisontellt automatiskt lastnings- och lossningssystem så krävs 50-100 Mkr. CCT-systemet finns framtaget men har aldrig kommit längre än till prototypstadiet på grund av svårigheterna med att finansiera utvecklingen. Problemet är att det i regel krävs samfinansiering av industrin som dock endast satsar på system som de själva har direkt nytta av och inte på generella system. Utvecklingen av ett sådant system skulle emellertid skapa helt nya förutsättningar för intermodala transporter i framtiden, inte bara mellan järnväg och lastbil utan också mellan järnväg och sjöfart.

Terminaler

- Fullserviceterminaler "Logistikscentra" – strategiskt belägna terminaler för flera transportmedel och lagerfunktioner
- Bytespunkter "Hållplatser" – små enkla terminaler nära kunden eller på vägen för att optimera transportkedjan
- Utnyttja om möjligt hamnarna som fullserviceterminaler
- Lokalisera nästa generation lastbilsterminaler nära järnvägar
- Terminaler öppna för alla operatörer

Utvecklingen av terminalerna hänger helt ihop med trafiksystemen: **Tungskombi med få stora terminaler och Lättkombi med många små terminaler**. Om ett Lättkombisystem introduceras så kommer stordriftsfördelarna i de stora terminalerna att accentueras. Desto viktigare blir det att de är väl lokaliserade i förhållande till transportsystemen och att det finns tillräckliga utrymmen för lager och även viss terminalnära produktion. **Hamnarna utgör en viktig resurs för tungkombihanteringen** men behöver kompletteras med inlandsterminaler och ytterligare terminaler i storstäderna.

Om man vill ha ett långsiktigt hållbart transportsystem bör principen vara att godset skall transporteras så långt in som möjligt i tätorterna med järnväg och sedan distribueras med lastbil så kort avstånd som möjligt. Detta är också ekonomiskt fördelaktigt eftersom matartransporterna med lastbil ofta utgör en stor del av kostnaderna, ofta lika mycket som fjärrtransporterna med tåg. Ett småskaligt Lättkombisystem skulle kunna angöra flera små terminaler och på så sätt minimera matartransporterna. Godstransporter måste få utrymme även i strategiska lägen i storstadsområden.

En lättkombiterminal beräknas kosta 3-7 Mkr. Denna kostnad kan dock jämföras med kostnaden för en konventionell tungkombiterminal som brukar uppgå till 50-100 Mkr för en

normalstor terminal. Det innebär att lägre krav kan ställas på lättkombiterminaler och att de lättare skall kunna anpassas till marknadens behov. Spåren kan ofta användas även som förbigångspår och terminalutrustningen är flyttbar. Det motsatta gäller för tungkombiterminaler som bör vara långsiktiga investeringar väl förankrade i samhälls- och infrastrukturplaneringen och som Godstransportdelegationen föreslagit betraktas som riksintressen.

En del av de nuvarande lastbilsterminalerna ligger inte i anslutning till järnvägen. Det är viktigt att ***nästa generation lastbilsterminaler lokaliseras så att de får koppling till järnvägen*** och därmed större möjligheter att utnyttja kombinerade transporter. Nästa generation terminaler "Freight Services Center" bör lokaliseras för kombinerade transporter och läggas i nära anslutning till järnväg, sjöfart och flyg.

Om man vill ha ökad konkurrens så är det av avgörande betydelse att ***terminalerna är öppna för alla operatörer*** på lika villkor. Det kräver att Banverket eller någon annan samhällinstans tar ett avgörande ansvar för terminalerna.

Rullande materiel

- Duolok med både el- och dieseldrift - kan användas även på oelektrifierade terminaler
- Vagnar för växelflak och containrar kan göras enklare än för trailers
- Boggivagnar är effektivast för tungkombi och medger störst flexibilitet
- Uppgradering till 130-160 km/h för expresskombi är möjlig
- Automatisk låsning av lastbärare med hydrauliska containertappar

Eftersom tungkombitrafik kräver topplyft av enhetslasterna kan dessa terminaler inte vara elektrifierade. ***Med Duolok skulle man således slippa kostsamma växlingsrörelser i tungkombi*** och kostnaden för dubbla lok på många kombiterminaler. Även om Lättkombisystemet tillåter lastning under tråd så ger det en större flexibilitet att även kunna trafikera oelektrifierade spår och även ha möjlighet av att använda sig av topplyft vid behov.

Vagnar för lättkombi kan göras enklare än vagnar för tungkombi eftersom de bara behöver ***dimensioneras för växelflak och containrar*** och inte för trailers. Trailers ställer speciella krav på vagnarna eftersom de måste ha fickor för hjulen vilket komplicerar och fördyrar konstruktionen. I tungkombisystemet så är det emellertid viktigt att ha flexibilitet och då kan det vara en fördel att enbart ha multi-purpose-vagnar som kan ta samtliga förekommande enhetslaster.

Analyser av lättkombitåg med vagnar lastade med olika kombinationer av 20-fotscontainrar och växelflak visar att ***boggivagnar om ca 22 m längd är effektivast***. De får också låg axellast vilket innebär att man kan höja hastigheten utan att kraven på bromsarna blir kritiska, vilket i sin tur underlättar trafik under dagtid. Alla komponenter som beskrivits för vagnslast- och systemtåg t ex mjuka löpverk, kompositblock, elektronisk styrd broms och automatkoppel är också intressant för kombitrafik. Det kan vara lättare att införa dessa i kombitrafiksystemen än i vagnslasttrafiken eftersom de bedrivs som avskilda system.

När det gäller vagnar för kombitrafik är kraven på axellaster och lastprofil normalt inte lika stora som för vagnslast- och systemtåg, eftersom det är lastbilarnas och containerns mått och vikt som är dimensionerande. ***Högre hastighet*** kan däremot vara intressant dels ***för att tågen skall kunna köras på dagen*** bland med persontågen för att öka produktiviteten, dels för att ***öka räckvidden för övernattnings transporter***.

På kort sikt kan det vara intressant är att uppgradera äldre vagnar för högre hastighet 130 km/h och på lång sikt så finns möjligheten med nya löpverk och modern bromsteknik anskaffa vagnar som klarar 160 km/h. Med kompositblock och elektroniskt styrd broms behöver inte vagnarna förses med skivbroms som är mycket dyr i anskaffning.

Vi högre hastighet kan också ***låsbara containertappar*** vara önskvärda av säkerhetsskäl. Om de är hydrauliska kan de kombineras de med lyftanordning som kan möjliggöra helautomatisk horisontell överföring. I detta fall är det också en fördel om vagnarna har automatkoppel så att även stöd- och styrsystemen kopplas automatiskt. Det skulle vara ett intressant utvecklingsprojekt att testa ett tåg med en sådan utrustning.

9.2 Fortsatt forskning och utveckling

Det är viktigt att det sker både forskning, utveckling och demonstration (FUD) där det krävs mer utveckling och demonstration på kortare sikt och mer forskning på längre sikt. Med kort sikt menas här de närmaste 3-5 åren och med lång sikt från 5 år och framåt. De långsiktiga projekten är mer genomgripande och behöver prövas i teorin mer innan de genomförs i verkligheten.

De åtgärder som kan genomföras på kort sikt är sådana där man testar i stort sett färdigutvecklad teknik i praktiken och på så sätt förbereder för ett senare genomförande i större skala. I samband med dessa demonstrationsprojekt kan man också göra mätningar samt vidareutveckla metoder och kalibrera modeller. Det finns alltså utrymme för forskning även i dessa projekt även om tyngdpunkten ligger på utveckling och demonstration.

- Pilotprojekt för etablering av Lättkombisystem
- Pilotprojekt för 10,7 m superväxelflak med järnväg och lastbil
- Uppgradering av befintliga godsvagnar för högre hastighet och axellast – modellberäkning och försöksverksamhet

Pilotprojekt för etablering av Lättkombi skulle kunna sättas i gång ganska snart. Det gäller att samla ett antal kunder kring ett gemensamt projekt eller att en större speditör bestämmer sig för att lägga över en del av sina volymer.

Uppgradering av äldre vagnar för högre axellast och hastighet kan ske i mindre skala och kan åtföljas av mätningar på vagnarna och i banan samtidigt som modellberäkningar kan verifieras eller justeras.

Till utvecklingssteg som kräver fortsatt forskning och utveckling är där tekniken inte finns i dag eller där det behövs ytterligare arbete för att hitta en optimal lösning. Även IT-system kan behov anpassas till tågtrafikens krav så att de blir tillräckligt robusta.

Följande kritiska utvecklingsfaktorer har identifierats lämpliga för fortsatt forskning och utveckling:

- Automatisk terminalteknik för horisontell överföring, utveckling av prototyp
- Duolok, teknisk vidareutveckling och byggande av prototyp
- ECP-broms och robust teknik för Intelligent godsvagnar

När det gäller Duolok så pågår ett forskningsprojekt på KTH som tillsammans med TFK gör en djupare studie av duoloket. När detta är genomfört är det intressant att genomföra ett demonstrationsprojekt.

Automatisk lastning och lossning, det s.k. CCT-systemet (CarConTrain) har varit på väg att utvecklas i Sverige tidigare men har alltid fallit på den sista delen av finansieringen, bidraget från näringslivet. För att det sådant system skall komma till stånd krävs sannolikt en helt statlig finansiering av ett fullskaligt demonstrationsprojekt som kostar 50-100 Mkr.

Hela området med IT-teknik och styrsystem för godståg bildar ett särskilt område som ingår i det nya kompetenscentrat "TIM" som KTH håller på att bilda med andra forskare. Det gäller här att ta fram tillräckligt robusta system som håller för att genomföras i praktiken och som kan genomföras successivt. Svårigheten är inte att hitta sofistikerade lösningar utan att göra det tillräckligt enkelt och billigt så att det kan införas med kort pay-off-tid. Även här är demonstrationsprojekt nödvändiga.

9.3 Sammanfattning

Tågssystem

- Linjetågssystem för Lättkombi med många små terminaler under vägen
- Terminaler i sidotågväg
- Lastning och lossning av enhetslaster under ett kort uppehåll
- Växelflak och lätta containrar i Lättkombisystem med många terminaler
- Tunga containrar och trailers koncentreras till få stora terminaler i ändpunktstrafik

Lastbärare och hanteringsteknik

- Ta hänsyn till hela logistikkedjan
- Satsa på växelflak som passar både lastbil och järnväg
- Effektivaste lastbäraren i Sverige är 10,7 m med maxvikt 22 ton
- Utveckling av småskalig terminalteknik
- Automatisk lastning och lossning

Terminaler

- Fullserviceterminaler "Logistikscentra" – strategiskt belägna terminaler för flera transportmedel och lagerfunktioner
- Bytespunkter "Hållplatser" – små enkla terminaler nära kunden eller på vägen för att optimera transportkedjan
- Utnyttja om möjligt hamnarna som fullserviceterminaler
- Lokalisera nästa generation lastbilsterminaler nära järnvägar
- Terminaler öppna för alla operatörer

Rullande materiel

- Duolok med både el- och dieseldrift - kan användas även på oelektrifierade terminaler
- Vagnar för växelflak och containrar kan göras enklare än för trailers
- Boggivagnar är effektivast för tungkombi och medger störst flexibilitet
- Uppgradering till 130-160 km/h för expresskombi är möjlig
- Automatisk låsning av lastbärare med hydrauliska containertappar

Marknad: Produktgods

Viktigaste kundkrav: Kostnad, kvalitet, tillgänglighet

	I dag	2010	2020
Trafiksystem	Tungskombi (ändpunkter)	Tungskombi Lättkombi (linjer)	Tungskombi Lättkombi
Prestanda	Sth 100	Sth 130	Sth 160
Teknik	Stora kranar Många lastbärare	Småskalig terminalutrustning	Automatisk lastöverföring
FUD-behov	Moduler för enhetslaster	Terminalteknik Duolok	

Effektiva tågssystem för godstransporter – rapporter

Publikationsnummer i Järnvägsgruppens skriftserie

Sammanfattande rapporter

0502 Effektiva tågssystem för godstransporter – Sammanfattning på svenska, KTH Järnvägsgrupp 2005

0503 Efficient train systems for freight transport – Summary in English, KTH Railway Group 2005

0504 Effektiva tågssystem för godstransporter – En systemstudie (Huvudrapport) av Bo-Lennart Nelldal (red.), KTH Järnvägsgrupp 2005

0505 Efficient train systems for freight transport – A system study (Principal report in English) by Bo-Lennart Nelldal (ed.), KTH Railway Group 2005

Underlagsrapporter

0506 Fordon och infrastruktur för effektiva godstransporter

- A. Dual system locomotives for future rail freight operation av Stefan Östlund
- B. Löpverk för högre axellast och hastighet av Per-Anders Jönsson
- C. Ökade laster med hänsyn till spårnedbrytning av Sebastian Stichel
- D. Lätta konstruktioner för högre nyttolast av Per Wennhage
- E. Noise and vibration aspects on railway goods transportation av Ulf Carlsson
- F. Infrastruktur för effektivare godstransporter på järnväg av Gerard James
- G. Industrispår – förutsättningar för utveckling av Lars Ahlstedt och Bo-Lennart Nelldal

0507 Automatkoppel av Rune Bergstedt, KTH Järnvägsgrupp 2005

0508 Bromssystem av Rune Bergstedt, KTH Järnvägsgrupp 2005

0509 IT-teknik för effektiva tågssystem för gods, KTH Järnvägsgrupp 2005

- A. Intelligent informationssystem av Rune Bergstedt
- B. Fördelad dragkraft och fjärrstyrda lok av Rune Bergstedt

0510 Effektiva tågssystem för vagnslast- och systemtåg av Peter Bark, KTH Järnvägsgrupp 2005

0511 Transportmarknadens struktur och järnvägens konkurrenskraft av Jakob Wajsman, KTH Järnvägsgrupp 2005

0512 High-speed rail freight av Gerhard Troche, KTH Järnvägsgrupp 2005

0513 Konkurrenskraftiga kombitransportsystem av Bo-Lennart Nelldal, Peter Bark, Jakob Wajsman och Gerhard Troche, KTH Järnvägsgrupp 2005

0201 Branschbeskrivningar för den svenska godstransportmarknaden, Peter Bark, Haide Backman, Hans Bolin och Magnus Olsson, Tfk för KTH-ToL oktober 2001

0202 Analys av marknad samt utvecklingstendenser för paket, stycke- och partigods, Peter Bark, John Landborn och Fredrik Sundberg, Tfk för KTH-ToL november 2001

• Effektiva tågssystem för framtida godstransporter – nuläge och framtid. OH-bilder från seminarium på KTH 30 maj 2002

• Marknadsanalys och prognoser för nya godstransportsystem på järnväg, Jakob Wajsman och Bo-Lennart Nelldal (del av Järnvägsutredningen SOU 2003:104, bilaga 1)