



Genomförda utredningar och försök med längre och tyngre tåg i Sverige

Ragnar Hedström

Förord

Denna rapport är en underlagsrapport inom projektet ELVIS – demonstrationsprojekt för längre och tyngre tåg. I ELVIS-projektet analyseras hur järnvägssystemet kan effektiviseras genom att utnyttja längre eller tyngre godståg. Projektet genomförs av VTI och Linköpings universitet i samarbete med flera skogsindustriföretag, Skogsindustrierna och Trafikverket. Projektet finansieras av Energimyndigheten.

Underlagsrapporten redovisar vad som gjorts tidigare i form av utredningar och försök med långa och tunga tåg i Sverige.

Ragnar Hedström, VTI, har varit ansvarig för underlagsrapporten.

Stockholm , i april 2013

Inge Vierth,

t.f. forskningschef, projektledare för ELVIS-projektet

Kvalitetsgranskning

Extern peer review har genomförts 30 augusti 2012 av Anders Ekmark, Trafikverket. Ragnar Hedström har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus 14 februari 2013. Projektledarens närmaste chef Gunnar Lindberg har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 11 mars 2013.

Quality review

External peer review was performed on 30 August by Anders Ekmark, Swedish Transport Administration. Ragnar Hedström has made alterations to the final manuscript of the report 14 February 2013. The research director of the project manager Gunnar Lindberg examined and approved the report for publication on 11 March 2013.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte.....	11
1.3 Angreppssätt.....	11
1.4 Rapportens disposition	11
2 Litteraturgenomgång - Tidigare utredningar/försök.....	12
2.1 Längre tåg.....	12
2.2 Tyngre tåg.....	16
2.3 Projekt som avser elförbrukning	25
2.4 Övriga projekt – några exempel.....	25
2.5 Sammanfattning – längre respektive tyngre tåg.....	26
3 Avslutande diskussion och slutsatser	28
Referenser, intervjuer	30

Genomförda utredningar och försök med längre och tyngre tåg i Sverige

av Ragnar Hedström
VTI
581 95 Linköping

Sammanfattning

Det svenska järnvägsnätet började byggas upp i mitten av 1800-talet och under årens lopp har en kontinuerlig utbyggnad skett vilket resulterat i en infrastruktur med varierande egenskaper och kvalitet. Under årens lopp har kraven på effektivare järnvägstransporter ökat och i dag gäller andra förutsättningar, bland annat med avseende på axellaster och tåglängder, än vad som tidigare var fallet.

Syftet med denna rapport är att redovisa genomförda studier i Sverige och försök för att köra längre tåg respektive tyngre tåg sedan början på 1990-talet. Materialet till rapporten bygger på utredningar som genomförts av Banverket (numera Trafikverket) i samarbete med bland andra SJ Gods (numera Green Cargo), Jernbaneverket, MTAB/LKAB, Ovako, Länsstyrelserna Gävleborg och Dalarna, SSAB. Kompletterande information har inhämtats via muntliga intervjuer med personer från Trafikverket som tidigare arbetade i Banverket.

Utifrån det material som redovisas i föreliggande rapport kan följande slutsatser lyftas fram inför fortsatt utvecklingsarbete med tunga respektive långa tåg:

- Det har genomförts ett mycket begränsat antal konkreta försök i Sverige och utredningar med avseende på tunga respektive långa tåg. Det underlagsmaterial som varit möjligt att få fram inom ramen för detta projekt beskriver försök/utredningar genomförda sedan början av 1990-talet.
- När det gäller trafik med tyngre tåg är bankroppens och broarnas bärighet en begränsande faktor för trafik med höga axellaster (t.ex. stax 25 ton) och största tillåtna vagnvikt per meter (stvm) motsvarande 8 ton/meter eller mer. I avvaktan på uppgradering av spår och broar kan begränsningarna hanteras genom hastighetsnedsättning på de banavsnitt där bärigheten är försvagad.
- Begränsningarna för långa tåg är i huvudsak kopplad till längden på och antalet mötesspår som krävs för att trafikera med till exempel 750 meter långa tåg eller längre. Spårlängden på rangerbangårdarna är också en faktor som begränsar möjligheten att sätta samman och upplösa långa tåg.

Investigations and tests with longer and heavier trains performed in Sweden

by Rune Hedström

VTI, (Swedish National Road and Transport Research Institute)

SE-581 95 Linköping

Summary

The Swedish railway network, which was started in the mid-1800s, has expanded continuously over the years into an infrastructure with varying features and quality. Over these years, the requirement for more efficient rail transport has increased and today other conditions, such as axle loads and train lengths, apply.

The purpose of this report is to give an account of the studies and tests carried out in Sweden with longer and heavier trains since the early 1990-ties. The material for this report is based on investigations carried out by the Swedish Rail Transport Administration (Banverket, since 2010 Trafikverket) in cooperation with i.e. the Swedish States Railways (SJ Gods, since 2000 Green Cargo) and other rail operators (MTAB) and shippers (i.e. LKAB, SSAB, Ovako), the Norwegian Rail Administration (Jernbaneverket) and the Swedish counties Gävleborg and Dalarna. Additional information has been obtained through interviews with people from Trafikverket who have previously worked at Banverket.

Before any further development work is carried out, the following conclusions, from the material presented in this report, are highlighted for consideration:

- There have been a very limited number of specific tests for heavy and long trains in Sweden. The supporting documents, obtained within the framework of this project, describe tests and investigations which were carried out since the early 1990s.
- With regard to heavier trains, embankment and bridge bearing capacity is a limiting factor for trains with high axle loads (e.g. stax 25 tonnes) and tonnes per metre (e.g. stvm 8 tons/m or more). Pending upgrade of tracks and bridges, these limitations can be handled by introducing speed restrictions on the sections with weak bearing capacity.
- The limitations for long trains are mainly linked to the length and number of sidings required to operate 750 metre (or longer) trains. The available track length at the shunting is also a factor that limits the possibilities to assemble and dismantle long trains.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Uppbyggnaden av det svenska järnvägsnätet började för mer än 150 år sedan. Inledningsvis byggdes infrastrukturen utifrån de hastigheter och axellaster som då gällde. Efterhand som järnvägsnätet byggdes ut uppstod även krav och behov av högre axellaster. Denna uppbyggnadsprocess som pågått under lång tid har därmed skapat ett järnvägsnät där ”äldre” delar av infrastrukturen inte klarar de axellaster och hastigheter som nyare delar av järnvägsnätet är dimensionerat för. Detta faktum har medfört att det förekommer begränsningar med avseende på axellast och hastighet på vissa delar av järnvägsnätet. Begränsningen för ökad axellast är kopplad till bl.a. spårkonstruktionens bärighet, dvs. geotekniska förhållanden, men också till vilken belastning som befintliga broar klarar. Spårets horisontalgeometri i form av exempelvis små kurvradier är också en begränsande faktor för största tillåtna hastighet (sth).

Största tillåtna axellast (stax) på det svenska järnvägsnätet varierar mellan 16 och 30 ton men större delen av nätet tillåter trafik med stax 22,5 ton, förutom några enstaka sträckor där stax 16 ton gäller. På Malmbanan tillåts 30 ton och på sträckan Luleå – Borlänge som trafikeras av ”Stålpendeln” är största tillåtna axellast 25 ton. Ytterligare några sträckor finns där trafik med stax 25 ton är tillåten, bl.a. sträckan Borlänge – Göteborg.

En annan faktor som också måste beaktas är banans största tillåtna vikt per meter (stvm), dvs. fordonets vikt dividerad med fordonets längd uttryckt i ton per meter. Största tillåtna vikt per meter används främst för att specificera den hållfasthet som broar och banvallar skall klara. I Sverige är största tillåtna vagnvikt normalt 6,4 ton/m, i Europa gäller vanligtvis stvm 8 ton/m och på Malmbanan är gällande stvm 12 ton/m.

I de utredningar för tunga godståg som under åren genomförts har det funnits ett generellt önskemål från godstransportkunder och tågoperatörer om att höja axellasten till 25 ton på fler sträckor än vad som gäller i dagsläget (bl.a. Banverket, 2003; Banverket, 2003a; Banverket, 2002). Det har även framkommit önskemål från dessa grupper om att kunna köra längre tåg än vad som för närvarande är vanligt. I dagsläget är möjliga tåglängder på det svenska järnvägsnätet ca 600 - 700 meter. Tåglängden begränsas bl.a. av längden på mötesspår (ute på linjen vid enkelspår) och spåren på rangerbangårdar samt stationsområden.

För närvarande (Södergren 2012) gäller att helt nybyggda spår dimensioneras för godståg med stax 25 ton, stvm 8 ton/m och som kan framföras med en hastighet av 100 km/h. Beträffande mötesspår gäller att dessa så långt det är möjligt utformas för tåg med en längd av minst 750 meter.

Bakgrunden till de önskemål som har framförts och fortfarande framförs är den hårda konkurrensen på transportmarknaden som ställer höga krav på en fortgående kostnads-effektivisering. Detta kan ske genom utökad lastprofil, högre axellast samt en ökning av största tillåtna vagnvikt per meter vilket totalt sett möjliggör transporter med tyngre eller längre tåg. En ökad tåglängd från 630 meter till 750 meter ökar lastvikt/lastvolym med knappt 20 procent (Skoglund & Bark, 2007).

Från tågoperatörernas och godstransportkundernas sida har det även framförts önskemål om att godstrafiken koncentreras till vissa strategiska stråk i syfte att skapa effektiva transporter med hög frekvens. Det är dock enligt dessa grupper viktigt att dessa stråk ges prioritet med avseende på nyinvesteringar och underhåll. Anslutande banors

funktion måste också beaktas när åtgärder planeras eftersom godstransporternas start- och målpunkter ofta ligger utanför de strategiska godsstråken.

En annan, inte helt oväsentlig aspekt är kopplingen mellan tunga/långa tåg och kapaciteten på spåret. För att klara konflikten mellan ett 750 meter långt godståg med sth 100 km/h och ett snabbtåg (sth 200km/h) med 1-timmestrafik krävs förbigångsmöjligheter var 120:e kilometer (Banverket, 2003). Med förbigångsmöjligheter var 40:e kilometer kan en än mer flexibel tågplan skapas och på sträckor med stor andel snabb persontrafik bör det vara högst 20 kilometer mellan förbigångarna.

Ett annat problem med tunga/långa tåg kan vara i de fall en olycka (t.ex. en urspårning) inträffar eftersom återställningsarbetet av fordon och infrastruktur efter urspårningen kan bli både besvärligt och omfattande på grund av antalet vagnar alternativt tyngre laster.

Ytterligare ett problem som diskuteras gäller kraftförsörjningen, speciellt för tunga tåg. Behovet av kraftförsörjning bestäms förutom av tågvikten av bl.a. antalet tåg på en och samma sträcka vilket i sin tur påverkar kraven på installerad effekt och överföringsförmåga av effekt i elkraftsystemet.

Diskussioner om behov av och förutsättningar för att kunna köra tyngre/längre tåg på det svenska järnvägsnätet har pågått åtminstone under de senaste 15-20 åren. Den senaste tidens hårdnande konkurrens på transportmarknaden och EU:s arbete med att öka järnvägssektorns konkurrenskraft, bl.a. genom att verka för inrättande av transnationella transportkorridorer har aktualiserat frågan ytterligare (Trafikanalys 2010). Potentialen för gränsöverskridande trafik bygger på att förutsättningarna är desamma i de olika länderna. I nedanstående tabell 1, redovisas exempel på tågdimensioner och vikter för några länder (Melin & Ståhle, 2010). De tabellvärden som står inom parentes avser maximalt tillåtna värden. Det skall också påpekas att redovisade tabellvärden är en generalisering och gäller därför inte för alla spår i de angivna länderna.

Tabell 1 Vanliga tåglängder, axellaster (stax) och största tillåtna vagnmetervikt (stvm) i några olika länder. Tabellvärden inom parentes avser maximalt tillåtna värden (Melin & Ståhle, 2010).

Land	Tåglängd (m)	Stax (ton)	Bredd (m)	Höjd (m)	Stvm (ton/m)
Sverige	650 (700)	22,5 (30)	3,6	4,65 (4,83)	6,4 (12,2)
Finland	(925)	22,5	3,40	5,30	8
Danmark	835	22,5	3,15	4,65	8
Tyskland	740	22,5	3,15	4,65	8
Australien	(1800)	22,7	2,5 - 3	6,3	
Sydafrika	(2500)		3,05	3,96	
USA		(35,7)		(Triple stacks) ¹⁾	

1) Avser höjden av tre containrar staplade ovanpå varandra.

1.2 Syfte

I ELVIS-projektet studeras hur godstransporterna på järnväg kan effektiviseras genom trafik med längre eller tyngre godståg. Syftet med föreliggande underlagsprojekt är att redogöra för tidigare försök i Sverige med tyngre och längre tåg med avseende på vilka frågor som då diskuterades och analyserades samt resultatet av dessa försök.

1.3 Angreppssätt

En litteratursökning har genomförts i databaserna TRID, TRAX, UIC och Web of Science från och med 1990 och framåt. Sökning har även skett i Trafikverkets biblioteksdatabas under motsvarande tidsperiod. Som komplement har åtta ¹ personer som på olika sätt varit med i diskussionerna om längre/tyngre tåg intervjuats. Urvalet av dessa personer har gjorts mot bakgrund av deras medverkan i projektgrupper eller referensgrupper i samband med tidigare genomförda utredningar avseende långa/tunga tåg. Flera av dem har dock under årens lopp bytt arbetsuppgifter och därmed inte varit inblandade i de fortsatta diskussionerna om längre respektive tyngre tåg².

Syftet med litteratursökningen är att hitta utredningar och/eller forskningsrapporter som beskriver genomförda försök med längre eller tyngre tåg. I första hand med avseende på svenska erfarenheter. Även om liknande försök och/eller utredningar har genomförts i andra länder är dessa erfarenheter inte alltid direkt överförbara till svenska förhållanden.

Det redovisas även i vilken grad olika försök har blivit permanenta lösningar.

1.4 Rapportens disposition

Efter detta inledande kapitel redovisas i kapitel 2 utredningar/forskningsrapporter som har påträffats i ovan nämnda databaser. Här redovisas möjligheter och förutsättningar som under olika tidsperioder diskuterats i samband med tyngre eller längre tåg.

Avsnittet avslutas med en kortare sammanfattning samt redovisning av några aspekter som måste beaktas i samband med tunga respektive långa tåg. Rapportens avslutande diskussion redovisas i kapitel 3.

¹ Se referenslista nedan.

² I ELVIS projektet tar Trafikverket fram information om infrastrukturen (stomnätet, kapillära nät, terminaler, mm.) elförsörjningen trafikeringen, tider för att sammansätta och köra tåg (dvs. ansvar för tåglägen), relevanta händelser (t.ex. störningar och följd effekter för andra tåg). Trafikverket säkerställer att respektive experter på Trafikverket är tillgängliga för att diskutera möjliga upplägg och lösningar med övriga parter. Trafikverket tar fram underlagsrapport som innehåller förslag på åtgärder, inklusive kostnader, inom infrastruktur, elförsörjning och trafikering med syfte att möjliggöra trafik med längre/tyngre tåg på kort och medellång sikt.

2 Litteraturgenomgång - Tidigare utredningar/försök

Det finns ett flertal interna rapporter från Banverket som beskriver utvecklingsbehovet för längre/tyngre tåg utifrån olika perspektiv. Enstaka rapporter har påträffats som redovisar att praktiska försök har genomförts men de innehåller ingen utförlig beskrivning av hur försöken genomförts, vad resultatet blev eller hur frågan om tyngre/längre tåg fortsättningsvis har behandlats.

Några av rapporterna har formen av förstudier/utredningar inför att beslut skall tas om att tillåta trafik med i första hand tyngre tåg men även längre tåg. En förklaring till att inga renodlade ”försöksrapporter” har påträffats kan vara att det faktiskt inte genomförts några mer omfattande försök. En annan anledning kan vara att de försök som eventuellt har genomförts inte har dokumenterats i annan form än som internt Banverksmaterial och därmed inte sökbara i officiella databaser. För att minska detta problem har intervjuer genomförts med flera inblandade nyckelpersoner på Trafikverket och inom industrin. Via intervjuer har även en uppföljning gjorts med avseende på i vilken utsträckning genomförda försök har blivit permanenta. I efterföljande textavsnitt redovisas varje utredning/försök för sig.

2.1 Längre tåg

2.1.1 Utvecklingsprojekt långa tåg (1994)

Framtida mål för tåglängd och *Utbyggnadsstrategi för infrastrukturen* var två frågeställningar som analyserades i ”Utvecklingsprojekt långa tåg” (Banverket, 1994) och var ett gemensamt utvecklingsprojekt mellan dåvarande Banverket och SJ Gods. Utifrån perspektivet att strömförsörjningen skulle komma att förstärkas i framtiden och att lokens dragkraft skulle öka var bedömningen att dåvarande tåglängd skulle vara en begränsande faktor. Eftersom ett systemskifte av denna karaktär är både omfattande och långsiktig ansågs det viktigt att i kommande utbyggnadsstrategier beakta behovet av framtida tåglängder. Genom olika utvärderingar och praktiska prov fastslogs att den framtida tåglängden för enkla godståg borde vara 750 meter för ”enkeltåg” (dvs. med ett lok) som enligt rapporten (Banverket, 1994) var den minsta tågspårlängd som EU då rekommenderade på internationella huvudlinjer. Ur SJ Gods perspektiv fanns också ett behov av att kunna köra multiplar av 750 meter långa tåg, dvs. koppla ihop två ”enkeltåg” till ett tågsätt om 1500 meter och två lok. En förutsättning för att köra kopplade tåg var att det fanns ett lok även i mitten av tåget som hade radioförbindelse med det främre loket.

Inom ramen för utvecklingsprojektet konstruerades en alternativ tågplan. I denna tågplan analyserades möjligheten att slå samman lämpliga tåg som trafikerade järnvägsnätet från området Ånge/Sundsvall ner mot Skåne och Göteborg. Resultatet av denna ”fiktiva” tågplan var att 44 långa tåg/dygn kunde bildas. Hur långa dessa tåg var och hur många tåg som trafikerade denna del av järnvägsnätet i den ”verkliga” tågplanen framgår tyvärr inte av rapporten. I den fiktiva tågplanen togs inte hänsyn till lokens dragkraft eller längden på de fiktiva tågsammansättningarna.

Lokens dragkraft och tågens längd innebär dock begränsningar om det skulle gälla en ”verklig” tågplan. Beroende på tågens sammansättning och linjeförhållanden kan alternativt tågvikt eller tåglängd avgöra tågens storlek. I rapporten redovisas ett exempel baserat på nedanstående förutsättningar för att belysa problematiken:

- 4-axlig vagn, lastvikt 60 ton, bruttovikt 85 ton
- 1 Rc-lok som drar 1400 ton
- 2 Rc-lok som drar 2400 ton

Med 22 lastade vagnar blir tågets längd 650 meter och tågvikten 1870 ton (22*85). Ett Rc-lok klarar inte att dra detta tåg och med 2 lok utnyttjas andra loket för endast 470 ton. Med 750 m mötesspår kan tåget ta 25 vagnar med en tågsvikt av 2125 ton (25*85). Vilka vagnlängder och vilken stvm man utgick från framgår inte av rapporten.

För att tågföringen vid 750 meter långa tåg skall bli effektiv bör, enligt rapporten, stationerna vara anpassade för att klara samtidig infart. Med hänsyn till säkerhetssträckor krävs en ”stationssträcka” på ca 1400-1500 meter mellan infartssignalerna för 750 meter långa tåg. För tåg med längden 1500 meter krävs en stationssträcka motsvarande ca 2 200-2 300 meter.

I den föreslagna tågplanen gavs de långa tågen en största tillåtna hastighet (sth) på 90 km/h. Ur ett säkerhetsperspektiv måste dock sth anpassas utifrån signalsystemet, även vid oregelbromsningar som exempelvis radiobortfall. Med speciell ”*bromslåda*” placerad mellan främre och bakre delen av tåget kan man säkerställa att bakre tågdelen bromsas vid viss trycksänkning i främre delen. Med denna bromslåda kan tåg upp till 1200 meters längd klara sth 90 km/h med gällande försignalsavstånd, 800 m. För att klara 1500 meter långa godståg krävs ett förssignalsavstånd på minst 1000 meter.

En förutsättning för att kunna köra långa tåg är att det finns mötesstationer med tillräcklig spårlängd som möjliggör tågmöten. En annan viktig förutsättning är att de bangårdar där tågen skall bildas och upplösas har spårsmöjligheter för detta.

Inom ramen för projektet genomfördes följande två provkörningar:

Provkörning 1 genomfördes 930929 med två hopkopplade Rc-lok i början av tåget och med tomvagnar om 840 meters tåglängd. Tåget framfördes mellan Gävle och Borlänge med en största tillåtna hastighet av 70 km/h.

Provkörning 2 genomfördes 931015 med ett främre RC-lok, tomvagnar, ett mellan Rc-lok och därefter ytterligare tomvagnar med den totala tåglängden 1480 meter. Även detta prov genomfördes på sträckan Gävle – Borlänge och med sth 70 km/h.

Båda provkörningar genomfördes utan problem bortsett från ett smärre läckage i bromssystemet vid den andra provkörningen. Resultatet visade inte på några otillåtna longitudinella krafter i spåret men det kan ha varit en effekt av att proven genomfördes med olastade vagnar.

I den fiktiva tågplanen som konstruerades i projektet utgick man från att tågen skulle framföras med en hastighet av 90 km/h men i verkligheten framfördes tågen med en hastighet av 70 km/h. Anledningen till den lägre hastigheten var att provkörningarna genomfördes med bromsläge G³ medan den antagna hastigheten (90 km/h) i tågplanen förutsatt bromslägen P. Anledningen till att proven genomfördes med lägre hastighet berodde således på broms- och signaltekniska aspekter.

De slutsaster som lyfts fram i ovanstående nämnda projekt är bl.a.

³ Bromsläge G, dvs. godstågsbroms innebär att den totala tillsättningen av tågets bromsar är längre jämfört med bromsläge P (persontågsbroms).

- Påfrestningar på **dragkrok och koppel** kan vara begränsande för hur tunga tågen kan vara och normalt är de ryck som kan uppkomma dimensionerande. I hoptryckta tågsätt slackar kopplarna och kan ackumuleras i tågsättet. I samband med igångsättning av tåget kan detta leda till ett kraftigt ryck mellan vagnarna vilket kan resultera i att kopplet brister. På grund av lokens dragkaraktär kan loket under vissa betingelser komma i "motsvängning" med hög belastning på kopplarna som resultat. På rangerbangårdar kan problem uppstå i samband med att vagnarna kopplas ihop. I de fall rangerspåret ligger i kurva kan det vara svårt att dra ihop kopplarna. När vagnarna sedan kommer ut på rakspår är kopplet inte helt spänt vilket kan resultera i slack, exempelvis i samband med inbromsning av tåget.
- Om fler än ett lok används kan **lokens placering i tåget** ge upphov till problem, speciellt under vinterperioder. För lok som går långt bak i tåget finns risk för att uppvirvlande snö som via ventilationsluften kommer in i motorerna som då blir fuktiga vilket kan resultera i kortslutning eller överslag.
- Risken för **hjulskador på vagnar** är ett annat vinterproblem, speciellt för vagnar som går långt bak i tåget. Problemet är att bromsfunktionen kan påverkas till följd av bl.a. läckage som uppstår med frusna och stela packningar i slangkopplingar, isbildning i bromssystemet som en effekt av kyla och rå luft.
- En annan aspekt som gäller **tillsättnings-/lossningstid för bromsar**. För vagnar som går långt bak i tåget ansätts bromsarna senare jämfört med främre vagnar vilket beror på att den tryckändring som krävs i bromssystemets huvudledning regleras från förarplatsen via tågbrömsventilen. Tryckändringen behöver en viss tid att fortplanta sig bakåt i tåget vilket ger en viss tidsskillnad i broms-tillsättningen. Lossningstiden för bromsarna ökar generellt med tåglängden, huvudsakligen beroende på att det blir fler förrådsluftbehållare och därmed även en större luftvolym. Risken för läckage i slangkopplingarna ökar ju fler vagnar tåget har. Tillsättnings- och lossningstid samt bromsvikten kan ändras manuellt på fordonen. På godsvagnar finns i regel möjlighet till omställning mellan läge P (persontågsbroms) och läge G (godstågsbroms). Hoptryckningskrafterna blir flera gånger högre för vagnar med bromsar i P-läge än i G-läge. Med lok i P-läge fås ytterligare större krafter. P-läge ger snabbare bromsansättning och motiveras av högre sth vid rådande försignalavstånd. Stora tryckkrafter kan vid ogynnsamma spårgeometrier (snäva kurvor eller så kallade s-kurvor) resultera i urspårningar. Speciellt gäller detta för lätta tvåaxliga vagnar vid passage genom växlar. Kraftig inbromsning i låga hastigheter ger störst hoptryckningskrafter i mittre delen av tåget. Krafternas storlek påverkas även av buffertar och draganordningarnas utformning, ansättning och underhållsstatus.
- Uppgifter om **bromssträckor** och tillsättningsstid för bromsarna för tåg av aktuell längd måste finnas tillgängliga. Framtagna bromstabeller har ännu inte gjort det möjligt att fullt ut bedöma vilka förändringar av försignalavstånd och ATC-information som krävs. Dimensionerande signalavstånd är ofta avståndet på driftplatsen (station) mellan infartssignal och inre utfartssignal.

2.1.2 Systemanalys för 750 meter långa tåg – underlagsrapport från Godstrafikgruppen (2003)

I början av 2003 kom rapporten ”*Systemanalys för 750 meter långa tåg*” (Banverket, 2003) som var en underlagsrapport från Godstrafikgruppen inom Banverket. Avsikten med systemanalysen var att beskriva och analysera olika banors funktion där resultatet sedan skulle vara vägledande för åtgärdsplaneringen under perioden 2004-2015. Underlaget till systemanalysen bygger på erfarenheter samt externa önskemål och Banverkets egna bedömningar angående 750 meter långa tåg. Externt fanns önskemål om att kunna köra 750 meter långa tåg på Malmbanan. Även Green Cargo hade intresse av att utveckla möjligheten att köra 750 meter långa tåg, i första hand från Hallsberg till Göteborg samt Malmö/Öresund och vidare ut i Europa.

Som framgår av ovanstående var önskemålen i början av 2000-talet att kunna köra 750 meter långa tåg och inte 1500 meter långa tåg som önskemålen (Banverket 1994) var i mitten av 1990-talet.

I systemanalysen redovisas följande lägesanalys med avseende på 750 meter långa tåglängder:

- På Ofotenbanan i Norge mellan Narvik och Vassijaure sker en anpassning till 750 meter långa tåg på samma sätt som Malmbanan när det gäller malmtrafiken från Kiruna. På banor från svenska gränsen vid Kornsjö och Charlottenberg in till Oslo är 750 meter långa tåg tillåtna. Botniabanan som började byggas i augusti 1999 är anpassad för 750 meter långa tåg. (Invigningen av Botniabanan skedde i augusti 2010).
- I södra Finland på stråket via Åbo/Hangö – Helsingfors – Kouvola var tillåten tåglängd 725 meter. Vidare mot ryska gränsen gäller 925 meters tåglängd på sträckan Kouvola – Luzhaika mot St. Petersburg. Stora delar av det danska järnvägsnätet var det tillåtet med tåglängder upp till 835 meter. I Tyskland var tillåten tåglängd på banorna från danska gränsen via Puttgarden – Lübeck och Flensburg ned till Hamburg (Maschen) endast 510 respektive 560 meter. I övrigt gällde tåglängden 750 meter på stora delar av det tyska bannätet.
- ARE-tågen (Arctic Rail Express) transporterar bl.a. fisk och färsk frukt på sträckan mellan Narvik och Oslo där rutten går via Sverige och Malmbanan. Under en period körde man med tåglängder på 600- 630 meter. Dessa tåglängder gjorde att tågets totalvikt blev hög vilket påverkade hastigheten och orsakade därmed problem med punktligheten. Effekten av detta blev att tåglängden minskades till 550 meter. Bedömningen var dock att det fanns en potential för att köra längre tåg förutsatt att lokens dragkraft kunde ökas. Även om lokens dragkraft kunde ökas och tågen kunde göras längre fanns det begränsningar i infrastrukturen. Speciellt i norra Sverige var lutningarna (dvs. vertikalgeometrin) en begränsande faktor enligt Banverkets bedömning.

Exemplet med ARE-tågens transportupplägg visade att det fanns viss potential för att knyta ihop nät för 750 meter långa tåg i ett sammanhängande system från Malmbanan via Botniabanan, Bergslagen/Hallsberg och vidare västerut, speciellt med tanke på att det finns förutsättningar på den norska sidan för trafik med 700 meter långa tåg både i norr och söder.

I och med den fasta broförbindelsen över Öresund efterfrågades anpassningar till 750 meter långa tåg även för andra transportupplägg än ARE tågen.

Möjligheten att köra med längre tåg och högre axellaster och hastigheter byggde dock på att det fanns utbyggda och sammanhängande godsstråk. En strategi för hantering av långa godståg utgjorde därför en faktor som på sikt skulle kunna påverka utvecklingen av gränsöverskridande järnvägstransporter, främst över Öresund.

Längder på hanteringsspår på bangårdarna i Hallsberg, Malmö och Göteborg (Sävenäs) var kritiska punkter i ett system anpassat för tåglängd 750 meter. Ingen av bangårdarna hade då kapacitet att hantera 750 meter långa tåg i mer omfattande trafik. I Hallsberg fanns endast ett fåtal 750 meter långa riktningsspår⁴. I Göteborg är ankomstspåren 750 meter men endast enstaka riktningsspår hanterar så långa tåg och i Malmö är ankomstspåren långa men riktningsspåren är som längst 600 meter.

En annan aspekt som tas upp i rapporten är kopplingen mellan antalet förbigångsspår (mötespår) och kapaciteten. Generellt anses en kapacitetsökning på 40 procent vara möjlig om antalet mötesmöjligheter fördubblas på en sträcka som trafikeras av kombinationen X2000 tåg i 200 km/h och godståg med 100 km/h. Bedömningen är därför att nya förbigångsstationer bör prioriteras framför förlängning av befintliga. För att göra förbigångarna effektiva krävs dock minst 1:15 växel vilket medger sth 80 km/h. Konsekvensen av att ha en mindre växel 1:9 blir att förbigången tar ca 2 minuter extra. Detta ger även effekt när tåget lämnar stationen eftersom tåget inte får köra fortare än 50 km/h fram till att hela tåget har passerat växeln vilket tar ytterligare ca 1 minut.

2.1.3 Tunga, långa och breda godståg – en utredning inför åtgärdsplaneringen 2010 – 2021 (2008)

Rapporten ”*Tunga, långa och breda godståg*” (Banverket, 2008) var en utredning inför åtgärdsplaneringen 2010 – 2021. Syftet med rapporten var att beskriva situationen och peka på en tänkbar utbyggnad av infrastrukturen med avsikt att förbättra möjligheten för tyngre, längre och bredare tåg. Enligt rapporten fanns behov av att kunna framföra tunga tåg främst inom skogs-, stål- och gruvnäringen.

Att långa tåg kan framföras bygger, enligt utredningen på att det finns förutsättningar att framföra minst tre dubbelturer på aktuell sträcka, med tillräcklig robusthet för att inte hindra annan trafik. Teoretiskt sett kan i princip hur långa tåg som helst framföras om inga andra tåg är i vägen⁵. En annan aspekt som utredningen påpekar är att befintliga mötesstationer för det mesta klarar tåg med 630 meters längd men nämner samtidigt att ett tåg med maxlängden 700 meter trafikerar sträckan mellan Hallsberg och Göteborg. Utredningen redovisar inga genomförda försök.

2.2 Tyngre tåg

2.2.1 Ståltåget mellan Luleå och Borlänge (1991)

Projektet ”*Ståltåget*” var en utredning om ståltransporterna mellan Luleå och Borlänge (Banverket, 1992). Utredningen genomfördes under perioden april 1990 till december 1991 och var ett samarbetsprojekt mellan dåvarande Banverket och SJ. Bakgrunden till

⁴ Riktningsspår är en grupp av spår på en rangerbangård där godsvagnar samlas upp (rangeras) för att bilda nya tågsätt.

⁵ Enligt Järnvägsstyrelsens trafikföreskrifter (Transportstyrelsen 2010) rörande tågbronsar gäller dock att största längd för fordonssätt är 730 meter vid bromsgrupp P/R och 880 meter vid bromsgrupp G.

projektet var att man hade upptäckt skador av en hel ny karaktär på infrastrukturen. De skador man hade upptäckt vara bl.a. trummor som kollapsat, förändringar och sättningar i bankroppen samt sprickbildning i broar och räler. Det fanns misstankar om att skadorna vara orsakade övergången från stax 18-20 ton till stax 22,5 ton och den ökande trafiken av stålämnen mellan Luleå och Borlänge. Målet med projektet var att utreda orsaken till uppkomna skador samt föreslå åtgärder för att eliminera och förbygga skadorna. Ett flertal delprojekt genomfördes som fokuserade på broar, banunderbyggnad, banöverbyggnad, vagnunderhåll, terminalhantering och övervakningssystem.

Banöverbyggnaden var dimensionerad och byggd för ett största axeltryck av 18-20 ton men trots detta hade spåret trafikerats med 22,5 tons axellast och de skador man hade upptäckt ansågs vara en effekt av mångårig tung trafik. De långsiktiga skadorna gällde utmattning och nedbrytning av spåröverbyggnaden liksom broar och banvallar. Man konstaterade också att banans geometriska utformning med många kurvor och lutningar i kombination med tung trafik och vinterförhållanden innebar stora påfrestningar på infrastrukturen.

De parametrar som påverkade brokonstruktionen var tågens hastighet och vikt. Horisontella påkänningar hade observerats när tågen körde från tillfartsbanken upp på bron. Speciellt om en svacka (sättning) finns i spåret alldeles intill uppstår orolig tåggång med ökade dynamiska påkänningar på brospannet. Ett annat problem var trummorna, som i flera fall låg i siltiga jordar och utsattes för stora vertikalkrafter på grund av ökad trafik och successivt höjda axellaster. Ytterligare en väsentlig påverkande faktor var frost och risken för uppfrysning, vilket gör spåret stumt (mindre elastiskt) med ökade påfrestningar på spåret som resultat.

Man konstaterade även att en ökning av axellasten från 18-20 ton till stax 22,5 ton hade medfört en ökning av antalet skador på hjulens löpbanor. Denna typ av skador har en negativ inverkan på axellagens livslängd och ökar risken för varmgång. Faktorer som kan påverka lagren är överlast och dynamiska toppbelastningar orsakade av ojämnheter i spåret, t.ex. växelkorsningar och skador på hjulens löpbanor. I utredningen konstaterades att skador på hjulringar i form av hjulplattor oftare uppstod vid terminalhantering än ute efter linjen. Vid lastningshanteringen av stålämnen i Luleå uppkom 70 % av all hjulplattor vid terminalen och 30 % efter linjen enligt SJ.

En slutsats från projektet var att tåg med stax 22,5 ton inte skulle framföras med högre hastighet än 90 km/h⁶ på den aktuella sträckan. Slutsatsen grundades på att standarden på banunderbyggnad, banöverbyggnad och broar i vissa fall var mycket dålig på den aktuella sträckan. Utifrån de mätningar och analyser som gjordes i projektet var bedömningen att 90 km/h skulle reducera påfrestningarna på trummor och landfästen vid broar. Beträffande banöverbyggnaden var rekommendationen från projektet att på linjer med tung godstrafik och med en trafikvolym större än 6-7 miljoner brutton per år (Mbrt/år) skulle bl.a. följande spårstandard/underhåll gälla:

Räler av typ UIC60 och betongsliprar med fjädrande befästningar. Kurvradier > 800 meter och lutningar < 10 promille. Rälssmörjning i kurvor med radie mindre än 800 m, slipning av räler och spårväxlar då vågdjupet går mot 0,1 mm. Prioritet för tunga tåg på huvudtågväg och på stationer nära motlut.

⁶ Stax 18-20 ton medgav hastigheten 100 km/h.

2.2.2 Projekt 30 ton på Malmbanan/Ofotbanan (1997)

”Projekt 30 ton på Malmbanan/Ofotbanan” (Banverket, 1997) genomfördes under mitten av 1990-talet där syftet var att studera de tekniska och ekonomiska konsekvenserna av en ökad axellast, från 25 ton till 30 ton på Malmbanan/Ofotbanan. Avsikten var också att ändra transportkonceptet genom att köra med längre, tyngre och snabbare men färre tåg. Utredningen var ett samarbetsprojekt mellan MTAB/LKAB, Banverket och Jernbaneverket. Projektet var uppdelat i följande fyra delprojekt: Trafiksimuleringar, Vagnar, Infrastruktur och Underhåll och resulterade i ett 30-tal delrapporter.

Bakgrunden till projektet var att utvärdera ett kostnadsmässigt mer effektivt utnyttjande av infrastruktur och rullande materiel bland annat med avseende på:

- Nödvändig transportkapacitet beroende av förväntad produktion och försäljningsvolym för LKAB.
- Vilka konsekvenser trafikupplägget får för stationer med hänsyn till förväntad övrig trafik, bl.a. ARE-tågen (Arctic Rail Express) och persontrafik.
- Om det krävs förstärkningar av infrastrukturen (järnvägstekniska delar) och vad eventuella förstärkningsåtgärder skulle kosta.
- I vilken omfattning ökad axellast, från 25 ton till 30 ton, kombinerad med nya vagnar och ändrat transportkoncept påverkar underhållet på infrastruktur och fordon.

Framkomna resultat visade att det skulle vara tekniskt möjligt att höja axellasten från 25 till 30 ton. Den ökade axellasten skulle dock påverka valet av spårkomponenter och underhållsmetoder för att få en bättre anpassning till tung trafik. Bland annat var det frågan om att använda räler med större och härdat rälshuvud, liksom slipning av räler och förbättrade rutiner/tekniska lösningar och ökad smörjning av räler. Inom projektet genomfördes flera mätningar/prov som visade att många järnvägsbroar i verkligheten tål högre laster än vad bronormerna anger. Man fick alltså via detta analysarbete en ökad kunskap om broars hållfasthet och därmed underlag för att utveckla befintliga beräkningsmodeller. Det visade sig också att en del branta slänter och befintliga trummor var tvungna att åtgärdas för att klara stax 30 ton.

Rent generellt visade resultaten att högre axellast (stax 30 ton) skulle innebära en ökad nedbrytning av spåret. Därmed skulle framtida underhåll behöva förändras med avseende på strategi, typ och frekvens av åtgärder, besiktning etc. Trots detta var den totala bedömningen att en höjning av axellasten från 25 ton till 30 ton både var möjlig och ekonomiskt försvarbar. Vilken kalkyl som bedömningen grundar sig på framgår inte av rapporten.

2.2.3 Projekt STAX 25 ton på sträckan Hofors - Hällefors (1997)

I början av 1997 (Banverket, 1997a) startade **Projekt STAX 25 ton** vars syfte var att trafikera sträckan Hofors – Hällefors med fordon som hade 25 tons axellast. Projektet genomfördes i samverken mellan Banverket, SJ Ovako, samt Länsstyrelsen i Dalarna och Gävleborg. Inom projektet genomfördes mätningar avseende bl.a. trafikeringen, spårållage och sättningar i banöverbyggnaden. I en första delrapport redovisas resultatet av de mätningar som genomfördes under två månader efter det att transporten startade

1997-01-08. Under de två första månaderna trafikerades sträckan av 80 tågsätt med förhöjd axellast vilket totalt motsvarade 34 884 ton. I rapporten redovisas följande statistik gällande för januari och februari månad 1997, tabell 2.

Tabell 2 Statistik för januari och februari månad 1997.

	Januari 1997	Februari 1997
Antal vagnar	194	196
Antal tågsätt	45	35
Ant. vagn./tågsätt	4,3	5,6
Max. axellast	25	25
Min Axellast	14,5	15,5
Medelvärde axellast	23,5	23,8

(Källa: Banverket 1997a)

Som framgår av tabell 2 översteg medelvärdet av axellasten aldrig 24 ton. Under den aktuella perioden förekom dock ett antal enstaka vagnar med en axellast över 24 ton. Under januari månad 1997, hade 104 vagnar en axellast över 24 ton vilket motsvarade 54 % av totala tonnaget. Under februari 1997, ökade antalet vagnar lastade över 24 ton till 130 st. motsvarande 66 % av totala tonnaget.

Utvärderingen av mätningarna under perioden januari-februari 1997 visade inte på någon ökad nedbrytning eller förekomst av akuta fel som kunde kopplas till den ökade axellasten. Mätningarna visade att inte heller några onormala förändringar av spår läget. Rent generellt noterades ett antal höjd- och skevning fel till följd av den växlande väderleken men samtidigt hade vissa fel som uppstått under januari månad avtagit eller försvunnit helt vid mätningarna i februari. Resultatet från de två inledande månaderna visade på små förändringar som inte äventyrade bibehållen funktion och säkerhet, varken med avseende på infrastrukturen eller rullande materiel.

Det har inte varit möjligt att få fram någon slutrapport från projektet men av ovan nämnda delrapport framgår att beslut togs om att projektet skulle fortsätta enligt fastlagd plan. Hur länge försöksstrafiken pågick finns ingen information om.

I dagsläget (dvs. 2012) trafikerar den aktuella sträckan av 6 tåg per vecka där axellasten är 25 ton (Ekmark, 2012).

2.2.4 STAX 25 ton på sträckan Borlänge - Göteborg (1997)

Avsikten med Projektet ”*STAX 25 ton på sträckan Borlänge - Göteborg*” var att ta fram underlagsmaterial för stomplanarbetet. Den sträckning som studerades i projektet var Borlänge – Avesta/Krylbo – Hallsberg – Göteborg. Syftet med projektet var bl.a. att utreda de tekniska och ekonomiska konsekvenserna (Banverket, 2000) för spåröverbyggnaden vid en ökad axellast från 22,5 ton till 25 ton samt en ökning av största tillåtna vagnmetervikt (stvm) från 6,4 ton/m till 8 ton/m på den aktuella sträckan. Speciellt skulle konsekvenserna av blandad trafik, gods- och persontrafik i normal och

hög hastighet beaktas. Flera fördjupade studier genomfördes i projektet, bl.a. med avseende på spåröverbyggnaden (Banverket, 2000a; Banverket, 2001; Banverket, 2000b) samt buller och vibrationer (Banverket, 2002a). I början av januari 2000 började man permanent köra med 25 tons axellast på sträckan Borlänge-Avesta/Krylbo-Hallsberg-Göteborg.

Ett delmoment som genomfördes i projektet vara att studera eventuella skillnader i buller och vibrationsnivåer i marken mellan godståg med stax 22,5 ton respektive 25 ton axellast. Resultatet av de mätningar som genomfördes gav inga signifikanta skillnader på buller- eller vibrationsnivåer. En viss ökning av ljudtrycksnivån förekom dock vid passage av godståg med högre axellast. För spåröverbyggnaden utvecklades en teknisk/ekonomisk nedbrytningsmodell (Banverket, 2001) som tog hänsyn till bl.a. axellast, fordonstyp och hastighet. Resultatet från beräkningarna visade att kostnaden för vidmakthållande skulle öka med 1,4 till 4,8 % om stax ökad från 22,5 ton till 25 ton på sträckan. Orsaken till variationen i kostnadsökningen berodde bl.a. på spårets olika egenskaper på sträckan mellan Borlänge och Göteborg och andelen godståg av totala tonnaget längs sträckan.

Avslutningsvis kan nämnas att under senare delen av 2010-talet har en omfattande uppgradering genomförts på sträckan Borlänge – Ställdalen – Kil – Göteborg vilket medfört att en stor del av den tunga godstrafiken som tidigare gick på sträckan Borlänge – Avesta/Krylbo – Hallsberg – Göteborg numera är överflyttad till sträckan väster om Väneren (Söderberg, 2012). Viss trafik går nu även Borlänge – Ställdalen – Frövi istället för över Krylbo (Ekmark, 2012)

2.2.5 Systemanalys Tunga godståg (2002)

I den marknadsanalys som gjordes inom ramen för *Systemanalys Tunga godståg 2002* (Banverket, 2002) framkom önskemål från tågoperatörer och godstransportkunder om förbättrad kraftförsörjning för att höja vagnvikterna och öka kvaliteten i tågföringen. Det fanns även önskemål om att kraftförsörjningen på näten för fjärrgodståg och systemtåg inte skulle medföra begränsningar för att köra med multipel Rc-lok, dvs. tågvikterna efter två Rc-lok bör vara det dubbla av tågvikten efter ett Rc-lok.

I Banverkets rapport nämns att det pågår försöksverksamhet med att höja den tillåtna vagnvikten för vissa tunga transporter. Detta gäller SSAB:s ståltransport (norra och södra stålpielen) och Stora Ensos papperstransporter (BasePort-systemet) även större lastprofil. I dessa försök har vagnvikten successivt höjts och effekter på fordon och bana observerats extra noggrant. Vilka vagnvikter det varit frågan om liksom vilka effekter som observerats framgår inte av rapporten.

En annan aspekt som berördes var att kraftförsörjningen skulle behöva förbättras på bandelar där trafik med blandad tung godstrafik och nya regionaltåg förekom. Anledningen var att regionaltågens elektroniska utrustning var känslig för eventuellt spänningsfall som kan uppkomma när tunga godståg startar.

Näringslivets önskemål var främst högre axellaster och utökad lastprofil. I visionen om det framtida tungtrafiknätet var slutmålet bl.a. 30 tons axellast på viktiga godsstråk. Målet på kortare sikt var stax 25 ton på huvuddelen av detta tungtrafiknät. Steget från stax 22,5 till stax 30 bedömdes dock som mycket stort varför en satsning på stax 25 ton bedömdes som mer realistisk, bl.a. utifrån erfarenheterna från Malmbanan. Vilket övrigt underlag bedömningen grundar sig på framgår inte av rapporten.

Ett problem som lyfts fram i systemanalysen var att marknadens behov växlar över tiden och att de åtgärder som är aktuella att genomföra, alternativt är planerade att genomföras verkligen utnyttjas av transportörerna. Det som ansågs angeläget för godstrafikens utveckling var att koncentrera godsflödena till vissa speciella stråk.

Man konstaterade att det var inte enbart åtgärder som Banverket genomförde som skulle göra det möjligt att köra tyngre tåg. Tillåtna vagnvikter och tillåten hastighet vid viss vagnvikt kunde höjas genom att använda modernare lok med bättre dragkraft. Ett annat exempel som lyftes fram var att förse loken med någon form av slirregleringssystem. Vissa farhågor uttrycktes även för att operatörer i en framtid kan komma att trafikera det svenska järnvägsnätet med utländska lok av annan typ än de som då fanns i Sverige. Sammantaget gjordes bedömningen att konsekvenserna av en förnying och modernisering av lokparken var komplicerad att överblicka.

De åtgärder som Banverket ansåg sig kunna arbeta med för att möjliggöra tyngre godståg och effektivare trafik var bland annat:

- Förbättrad kraftmatning
- Elektrifiering av oelektrifierade banor
- Reducera stigningar och förbättra spårgeometrin
- Lokalisering av mötesstationer

Kraftförsörjning och stigningar är två faktorer som har stor betydelse för den tillåtna vagnvikten. Behovet av kraftförsörjning bestäms förutom av tågvikten, av bl.a. antalet tåg på en viss sträcka. Stigningar över 10 promille är brister i systemet som reducerar tillåten vagnvikt. Övriga möjliga åtgärder är exempelvis signalåtgärder och rätning av snäva kurvor.

2.2.6 Systemanalys för höjd axellast och utökad lastprofil – underlagsrapport från Godstrafikgruppen (2003)

Rapporten ”*Systemanalys för höjd axellast och utökad lastprofil*” (Banverket, 2003a) redovisar en sammanställning av nuläget, erfarenheter och externa önskemål och interna bedömningar angående höjd axellast och utökad lastprofil. Dokumentet är en underlagsrapport från Godstrafikgruppen inom Banverket, projekt Framtidsplan för järnvägen. I rapporten ges en översikt av de utredningar och beslut som lett fram till den pågående satsningen om höjda axellaster och utökad lastprofil.

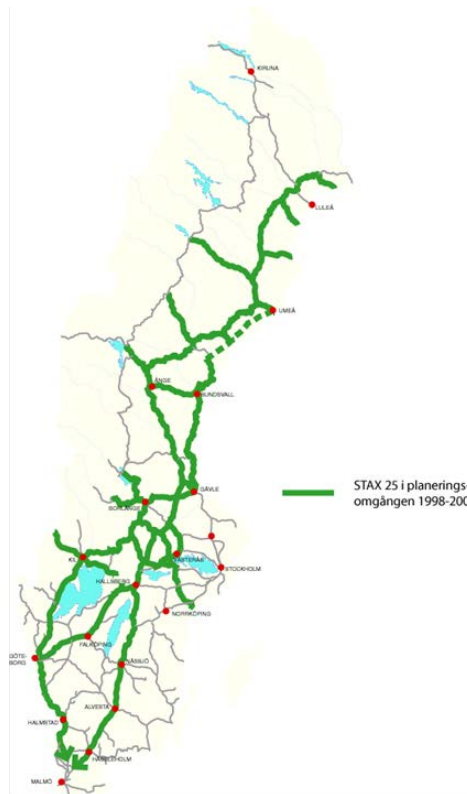
I inriktningsplaneringen inför planeringsomgången 1998 – 2007 var näringslivets efterfrågan av effektivare och billigare transporter den viktigaste utgångspunkten. Främst gällde detta högre axellaster och utökad lastprofil. Det fanns en vision om ett framtida tungtrafiknät där slutmålet var stax 30 ton på viktiga godsstråk. Steget från stax 22,5 ton till stax 30 ton bedömdes dock vara för långsiktigt men en satsning på stax 25 ton var mer realistisk.

Inriktningsplaneringen gav underlag till ”*Infrastrukturinriktning för framtida transporter* (prop. 1996/97:53) där regeringens bedömning var att:

- En höjning av axellasten från 22,5 till 25 ton på sträckor med omfattande inrikes systemtransporter och att enstaka vagnar borde kunna framföras med samma axellast på övriga nätet där så är kostnadseffektivt.
- Lastprofilen på i första hand 25-tonsbanor borde utvidgas till en rektangulär profil där bredden ökas från 3400 till 3600 mm och att höjden ökas från 4560 till 4800 mm där så kan ske utan några mer omfattande ingrepp i infrastrukturen.

- Störningstillfällen borde minst halveras på bandelar där godstrafiken drabbas av oacceptabelt många störningstillfällen till följd av otillräcklig bankapacitet på enkelspår.

I Stomnäsplan 1998-2007, som fastställdes av regeringen i juni 1998, presenterades ett nät som visade vilka banor som var aktuella för prövning av Stax 25 ton, se figur 1.



Figur 1 Banor som i planeringsomgången 1998-2007 bedömdes som aktuella för prövning av Stax 25 ton. (Banverket, 2003a)

Höjningen av axellast som efterfrågas (Banverket, 2003a) är först och främst till stax 25 ton men på sikt även 30 ton. Höjningen av metervikten är först och främst från stvm 6,4 ton/m till stvm 8,0 ton/m. Det finns emellertid en efterfrågan från aktörer inom gods-transportsektorn på höjning till stvm 10,0 ton/m. Tanken med att höja metervikten är att vagnar för transport av tunga varuslag kan göras kortare och därmed normalt lättare än långa vagnar. Detta leder då till att andelen nyttolast i tågen kommer att öka och det utlastade tonnaget ökar per givet transporttillfälle. Samtidigt konstateras att det finns en efterfrågan på att kunna transportera volymkrävande gods (t.ex. timmer) med lastprofil C, hög axellast (stax 30 ton) och låg metervikt, dvs. stvm under 6,4 ton/m.

Beroende på kundefterfrågan kan uppgradering av största tillåtna axellast, största tillåtna vikt per meter och utökad lastprofil vara intressanta var för sig. Av den anledningen var det inte nödvändigt att genomföra åtgärderna samlat. I första hand skulle man dock sträva efter att skapa förutsättningar för trafik som kräver högre bärighet och utökad lastprofil. Samtidigt skulle hastighetsnedsättningar och andra restriktioner inte få finnas i en sådan omfattning att funktionella upplägga hindras eller att annan trafik drabbas påtagligt negativ.

2.2.7 Framtidsplan för järnvägen (2004)

Banverket fick i ett planeringsdirektiv den 14 mars 2002 Regeringens uppdrag att upprätta en nationell banhållningsplan för järnvägen för perioden 2004 – 2015. Denna ”*Framtidsplan*” (Banverket, 2004) redovisar Banverkets förslag till strategier och åtgärder för perioden 2004 – 2015. I rapporten ges exempel på några sträckor på vilka transporter kan framföras med ökad axellast och utökad lastprofil:

- järnmalm på Malmbanan (stax 30 ton), kopparslig från Aitik (söder om Gällivare) till Skellefteå (stax 25 ton),
- stål/stålämnen på sträckorna Hofors – Hällefors och Avesta – Göteborg (stax 25 ton),
- papper på sträckorna Borlänge – Göteborg, Grums – Göteborg och Hyltebruk – Göteborg (stax 25 ton och lastprofil C).

Vid ingången av planperioden pågår dessutom uppgradering för att möjliggöra effektivare transporter av:

- stål/stålämnen på sträckorna Luleå – Borlänge och Borlänge – Oxelösund (stax 25 ton),
- rundvirkestransporter på sträckorna Vansbro/Mora – Gävle, Ljusdal–Gävle – Vallvik (norr om Gävle), Bensjöbacken/ Östavall (vid Ånge) – Töva (väster om Sundsvall) och runt Väneren samt Herrljunga – Borås och Falköping – Nässjö (stax 25 eller högre och lastprofil C).

Därutöver planeras uppgradering för effektivare transporter av papper på sträckan Nymölla – Halmstad – Göteborg (stax 25 ton och lastprofil C) under planperiodens första del.

2.2.8 Tunga, långa och breda godståg - en utredning inför åtgärdsplaneringen 2010 – 2021 (2008)

Rapporten ”Tunga, långa och breda godståg” (Banverket 2008) är en utredning inför åtgärdsplaneringen 2010 – 2021. Syftet med rapporten är att beskriva dagens situation och peka på en möjlig utbyggnad av infrastrukturen med avsikt att förbättra möjligheten för tyngre, längre och bredare tåg. Behovet av att framföra tunga tåg finns främst inom skogs-, stål- och gruvnäringen.

I rapporten redovisas bl.a. följande förslag till åtgärder:

- Åtgärda sträckor som trafikeras idag och har hastighetsnedsättningar som hämmar såväl transporttiden som kapaciteten. Anpassa Ostkustbanan så att trafikering med stax 25 ton från Umeå blir möjlig längs Botniabanan – Ådalsbanan ner till Gävle.
- Anpassa södra stambanan för att kunna medge tunga timmertransporter. Anpassa även så att Helsingborg och Karlshamn kan nås med tunga tåg, dvs. stax 25 ton och stvm 8 ton/m

Vilka sträckor med restriktioner som bör åtgärdas i ett första skede redovisas i rapporten. Det rör sig om knappt 20 bandelar. I rapporten redovisas även samhälls-ekonomisk kalkyl för tunga tåg, långa tåg respektive breda tåg. Kalkylerna baseras på en grov uppskattning av kostnaderna i 2008 år prisnivå. I tabell 3 redovisas investeringskostnad, samhällsekonomisk nytta samt nettonuvärdeskvoten för de föreslagna åtgärderna med avseende på tunga tåg, långa tåg samt breda tåg.

Tabell 3 Sammanställning av investeringskostnad, samhällsekonomisk nytta samt nettonuvärdeskvot för de åtgärdsförslag som ligger till grund inför åtgärdsplaneringen 2010–2021.

	Investeringskostnad (Mkr)	SEK-nytta (Mkr)	NNV-kvot
Tunga tåg	404	841	0,8
Långa tåg	500	1088	1,1
Breda tåg	260	355	0,3
	1164	2284	

(Källa: Banverket 2008)

De sträckor som kalkylen i tabell 3 grundar sig på de sträckor som redovisas i nedanstående tabell 4.

Tabell 4 Sammanställning av de bandelar som är föreslagna att åtgärdas i ett första skede i samband med åtgärdsplaneringen 2010–2021 och som ligger till grund för den samhällsekonomiska bedömningen i tabell 3.

Stråk	Tunga tåg delsträcka	Långa tåg delsträcka	Breda tåg delsträcka
Stambanan genom övre Norrland	Ls-Anundsjö,		Le-Uå
Norra Stambanan	Kls-Bn, Gä-Ob, Ob-Sv		
Söderhamn-Kilafors	Kls-Shm		
Godsstråket genom Bergslagen	Sv-Fs, Fv-Km, Ör-Ms, Ms-Kla	Hallsberg-Mjölby	
Bergslagsbanan	Stl-Fv, Fln-Sv, Blg-Fln, Stl-Hlf		
Södra Stambanan		Mjölby-Malmö	Grödingebanan, K-Nr
Västra Stambanan		Hallsberg-Göteborg	
Norge/Vänerlänken			Ko-MI
Godsstråket genom Skåne		Malmö-Trelleborg	

2.3 Projekt som avser elförbrukning

En aspekt som diskuteras i samband med tunga/långa tåg är energiförbrukningen per tonkm som beror på tågets längd, vikt och trafikering (antal stopp mm)⁷.

2.3.1 CATO

CATO (Computer Aided Train Operation) är ett forsknings- och utvecklingsprojekt som leds av Transrail och finansieras av Trafikverket tillsammans med Malmbanan MTAB. Syftet med projektet, som påbörjades 1999, är att effektivisera tågtrafiken, bl.a. genom att punktligheten förbättras, minskad energiförbrukningen samt minskat slitage på fordon (bromsar) och räls. Grundtanken är att utnyttja tidsluckorna i tidtabellen och de tidsluckor som kan uppstå i den dagliga trafiken. Väntetid framför signaler eller vid mötesstationer är exempel på tid som kan användas för optimering av driften. Systemet utnyttjar beslutsstödsfunktioner som samverkar med tågledningssystemet och via simulering och omplanering ge förslag på förändrad körning av tågen (Joborn, 2012). Systemet har provats på Malmbanan och resultaten visar på en energibesparing på ca 20 %. Systemet är även tänkt att införas på sträckan Stockholm – Arlanda (Arlanda Express).

2.3.2 Gångmotstånd och energiförbrukning för malmtåg i Sverige

Exempel på faktorer som påverkar tågets elförbrukning är spårets geometri (horisontellt och vertikalt), kontaktytan mellan hjul/räl (mekaniskt rullmotstånd), fordonets dragkraft, tågets längd och tyngd, antalet tåg ute på linjen som påverkar effektuttaget, trafiklednings-/signalsystem. Generellt gäller att lägre hastigheter innebär att luftmotståndet får lägre betydelse för den totala energiförbrukningen (Lukaszewicz, 2009). Enligt en simulering av energibehoven för godståg utgörs 80 till 90 procent av motstånd på grund av mekaniskt rullmotstånd, luftmotstånd och höjdskillnader medan resterande 10-20 procent beror på den extra energi som behövs för att åter accelerera ett tågsätt efter det att det bromsats in (Bai, Zhou, Ding, & Dong, 2009).

En viktig aspekt när det gäller tågens energiförbrukning är förarens möjligheter/förmåga att framföra fordonet på ett energieffektivt sätt. Bai, Zhou, Ding, & Dong, 2009 visade i en simulering att ca 9 procent kan sparas om man undviker onödiga inbromsningar samt om man förbättrar beräknat bromsavstånd och att besparingen skulle kunna bli ca 7 procent genom att, i den mån det går, hålla en någorlunda jämn hastighet utan att tidsåtgången påverkas i någon större grad. Eftersom elförbrukningen ökar ju tyngre tågen är får dessa stopp allt större betydelse (Andersson & Lukaszewicz, 2006).

2.4 Övriga projekt – några exempel

2.4.1 MARATHON

Långa/tunga tåg studeras även i projektet MARATHON som finansieras av EU och som startade i april 2011 med planerat avslut i april 2014. I projektet studeras möjligheten att integrera teknik för rullande materiel och innovativa operativa logistiklösningar för att kunna köra med längre, tyngre och snabbare tåg på de större europeiska transportkorridorerna. Tanken är att man via rangerbangårdar/terminaler kopplar samman vagnar med olika metervikt (stvm) som skall till samma destination till längre/tyngre tåg. En

⁷ I dagsläget gäller att tågoperatören betalar en schablonkostnad för elen eller betalar enligt förbrukning.

kombination av olika vagnar i samma tåg för att maximera både vikt och längd kan ge möjligheter till väsentligt ökat utnyttjande och därmed transporteffektivisering. Minskningen av driftskostnaderna beräknas kunna uppgå till mellan 30-50 procent.

2.4.2 835 m långa tåg mellan Padborg och Hamburg

Mellan Maschen i Tyskland och Padborg i Danmark inleddes 2011 försök med 835 meter långa godståg⁸. En anledning till försöket var att i Danmark var det möjligt att trafikera järnvägsnätet med 835 meter långa tåg. Genom att införa denna tåglängd även i Tyskland skulle den internationella trafiken mellan Tyskland och Danmark förstärkas. I samband med försöken gjordes vissa uppgraderingar av infrastrukturen, bl.a. med avseende på förlängning av mötesspår. Trafiken är reguljär sedan slutet av 2012.

2.5 Sammanfattning – längre respektive tyngre tåg

Mot bakgrund av de utredningar och den försökstrafik som genomförts under de senaste 15 åren kan man konstatera att det funnits starka önskemål från näringslivets sida att skapa förutsättningar för trafik med stax 25 ton, stvm 8 ton/m och bredare tåg genom lastprofil C. Detta har resulterat i att en stor del av det järnvägsnät som trafikeras med godstrafik har uppgraderats och tillåter idag 25 tons axellast.

När det gäller önskemål/behov att kunna framföra trafik med 750 meter långa tåg eller mer har utvecklingen inte varit lika omfattande som höjningen av axellasten. En anledning är att det krävs mer omfattande åtgärder för att anpassa infrastrukturen till långa tåg jämfört med anpassning för höjd axellast.

I ett europeiskt perspektiv (jmf tabell 1) tillåts högre axellaster och större lastprofil på det svenska järnvägsnätet. Beträffande långa tåg tillåter flera länder trafik med längre tåg jämfört med Sverige.

⁸ (http://www.db-netz.de/fahrweg-de/start/technik/innovationen/2359020/laengere_gueterzuege.html).

Tabell 4 Sammanställning av genomförda försök sedan 1992.

Projekt/utredning	Tidpunkt	Partners	Tågslag	Frågeställning	Sträcka	Resultat
Ståltåget	1992	BV, SSAB	Tunga tåg	Ökning från stax 18-20 ton till 22,5 ton	Luleå/Borlänge	Uppgradering har genomförts, Numera gäller stax 25 ton, stvm 8 ton/m
Långa tåg	1994	BV, SJ Gods	Långa tåg	750 meter alt, 1500 meter	Gävle/ Borlänge	Försök med 840 m respektive 1480 m långt tåg. Numera förekommer inte tåg över 700 m i Sverige.
30 ton på Malmbanan /Oftobanan	1997	BV, LKAB	Tunga tåg	Från stax 25 ton till 30 ton. Stvm 12 ton/m	Luleå/Narvik	Numera gäller stax 30 ton, stvm 12 ton/m
Stax 25 ton	1997	BV, SJ, Ovako	Tunga tåg	Från stax 22,5 ton till 25 ton	Hofors/ Hällefors	Uppgradering har genomförts, Numera gäller stax 25 ton
Stax 25 ton	2000	BV	Tunga tåg	Från stax 22,5 ton till 25 ton	Karlstad/Hyltebruk/ Fors/Borlänge/ Göteborg	Uppgradering har genomförts, Numera gäller stax 25 ton, stvm 8 ton/m
Tunga godståg	2002	BV	Tunga tåg	Från stax 22,5 ton till 30 ton. Lastprofil C	Generellt på tungtrafiknätet	Ökning till 25 ton ansågs möjlig, till 30 ton ansågs inte realistiskt. Lastprofil C förekommer.
Höjd axellast/ utökad lastprofil	2003	BV	Tunga / breda tåg	Från stax 22,5 ton till 25 ton. Stvm från 6,4 ton/m till 8 ton/m	På sträckor med omfattande systemtransporter	Önskemål om att lastprofil C skulle gälla för sträckor med stax 25 ton. Efterfrågan på kombinationen: stax 30 ton, lastprofil C och stvm 6,4 ton/m.
Tunga, långa och breda tåg	2008	BV	Tunga , långa och breda tåg	Till stax 30 ton, lastprofil C, 750 m långa tåg	Generellt	Utredning inför åtgärdsplaneringen 2010-2014 som skulle peka på tänkbara utbyggnadsmöjligheter.

3 Avslutande diskussion och slutsatser

Utbyggnaden av det svenska järnvägsnätet har pågått kontinuerligt sedan mitten av 1800-talet. Utbyggnaden har skett utifrån omvärldens krav på ökade axellaster men också högra hastigheter. Ny teknik/kunskap, kraftigare spårkomponenter, förändrade arbetsmetoder är exempel på faktorer som successivt använts vid utbyggnaden av nya järnvägssträckor och uppgradering av befintliga sträckor. Den kontinuerliga utbyggnadsprocessen har medfört att dagens järnvägsnät inte har en homogen uppbyggnad utan det finns stora variationer mellan olika bandelar med avseende på spårtekniska parametrar. Detta faktum innebär samtidigt att exempelvis största tillåtna axellast, största tillåtna vagnvikt per meter samt förekomst av långa mötesspår varierar över hela landet.

Som framgått av tidigare avsnitt finns tydliga önskemål från tågoperatörernas och godstransportkundernas sida om att skapa förutsättningar för att dels höja tillåten axellast till 25 ton (på sikt till 30 ton), dels att höja största tillåtna vagnmetervikt till 8 ton/m eller mer. Önskemål finns även om att kunna framföra tåg med längden 750 meter eller mer.

Största tillåtna axellast på det svenska järnvägsnätet varierar mellan 16 och 30 ton men på större delen av nätet gäller 22,5 tons axellast. Största tillåtna vagnvikt per meter är normalt 6,4 ton/m men det förekommer sträckor som tillåter en högre vagnvikt, exempelvis gäller 12 ton/m på Malmbanan. Det skall dock noteras att alla transporter med axellast över 22,5 ton och/eller metervikt över 6,4 ton hanteras som specialtransport. I samband med den uppgradering av järnvägsnätet som sker med avsikt att bl.a. höja axellasten till 25 ton görs ofta även en uppgradering av stvm till 8 ton/m. Ett specialfall är Malmbanan som tillåter stax 30 ton och stvm 12 ton/m.

Möjligheten att köra tunga respektive långa tåg är beroende av vilka förutsättningar som gäller med avseende på infrastruktur respektive fordon, enskilt eller i kombination med varandra. Generellt när det gäller infrastrukturen är bankropens bärighet, tillgången och längden på förbigångsspår både ute på linjen och inom driftplatsområdena liksom möjlighet till rangering påverkande faktorer. Vissa bärighetsproblem kan eventuellt hanteras genom nedsättning av hastigheten på partier där bärigheten är försämrad, exempelvis broar eller på svagare partier i bankroppen. Effekten av detta kan dock bli att kapaciteten på spåret försämras.

Tillgången och längden på befintliga mötesspår är i många fall en begränsande faktor för att köra 750 meter långa tåg eller längre och ha betydelse för kapaciteten på spåret med tanke på kombinationen snabba tåg och godståg. Spårlängd och antal spår på rangerbangårdar måste också beaktas för att möjliggöra rangering av långa tåg på ett effektivt sätt. Möjligheten att förlänga spåren på rangerbangårdarna är beroende av tillgängligt utrymme inom eller i anslutning till rangerbangårdens område.

Att kraftförsörjningen är tillräcklig för att köra tunga respektive långa tåg är en aspekt som måste hanteras gemensamt av infrastrukturförvaltare och godstransportör eftersom det finns en koppling mellan lokens dragkraft och strömförsörjningen. Andra faktorer som kan vara begränsande är fordonens dragkrok och koppel samt bromssystem vilket måste hanteras av godstransportören/fordonsägaren.

Mot bakgrund av vad som tidigare redovisats i föreliggande rapport kan följande noteringar lyftas fram i det fortsatta arbetet med tunga respektive långa tåg:

- Det har genomförts ett mycket begränsat antal konkreta försök med avseende på tunga respektive långa tåg. Det underlagsmaterial som varit möjligt att få fram inom ramen för detta projekt beskriver försök/utredningar genomförda i början och mitten av 1990-talet.
- När det gäller trafik med tyngre tåg kan bankroppens och broarnas bärighet vara en begränsande faktor för trafik med höga axellaster (t.ex. stax 25 ton) och stvm 8 ton/m eller mer. I avvaktan på uppgradering av spår och broar kan begränsningarna hanteras genom hastighetsnedsättning på de banavsnitt där bärigheten är försvagad.
- Begränsningarna för långa tåg är i huvudsak kopplade till längden på och antalet mötesspår som krävs för att trafikera med 750 meter långa tåg eller längre. Spårlängden på rangerbangårdarna är också en faktor som begränsar möjligheten att sätta samman och upplösa långa tåg.

Referenser, intervjuer

- Andersson, E., & Lukaszewicz, P. (2006). Energy consumption and related air pollution for Scandinavian electric trains, Report KTH/AVE 2006:46. Stockholm: KTH (Report KTH/AVE 2006:46).
- Bai, Y., Zhou, F., Ding, Y., & Don, C. (2009). Energy-efficient driving strategies for freight trains based on power consumption analysis. *Journal of Transport System Engineering & IT*, 9 (3), 43-50.
- Banverket. (1992). Projekt Ståltåget. Slutrapport 1992-03-24.
- Banverket. (1994). Projektrapport Utvecklingsprojekt långa tåg. Rapport P 1994:4. Banverket Planeringsavdelning & SJ Godsdivisionen. Gävle och Borlänge.
- Banverket. (1997). 30 ton på Malmbanan/Ofotbanan. Huvudrapport.
- Banverket. (1997a). Projekt STAX 25 Hofors – Hällefors. Delrapport februari 1997.
- Banverket. (2000). Stax 25 ton på sträckan Borlänge/Göteborg. Rapport 5.1 Ekonomisk nulägesanalys. December 2000.
- Banverket. (2000a). Stax 25 ton på sträckan Borlänge/Göteborg. Rapport 5.2 Tekniska Nulägesanalys. December 2000.
- Banverket. (2000b). Stax 25 ton på sträckan Borlänge/Göteborg. Rapport 5.5 Spårkonstruktion.
- Banverket. (2000c). Stax 25 ton på sträckan Borlänge/Göteborg. Rapport 5.3 Erfarenheter och litteraturstudie. December 2000.
- Banverket. (2001). Stax 25 ton på sträckan Borlänge/Göteborg. Rapport 5.4 Nedbrytningsmodell för spåröverbyggnad. Juni 2001.
- Banverket. (2002). Systemanalys tunga godståg. Underlagsrapport från Godstrafikgruppen. Projekt Banhållningsplan Rapport 2002-08-22.
- Banverket. (2002a). Stax 25 ton på sträckan Borlänge/Göteborg. Rapport 6.1. En studie av vibrationer och buller före och efter införandet av systemtåget med Stora Enso-boxen. Augusti 2002.
- Banverket. (2003). Systemanalys för 750 meter långa tåg. Underlagsrapport från Godstrafikgruppen, Projekt Framtidsplan för järnvägen. Rapport 2003-03-13.
- Banverket. (2003a). Systemanalys för höjd axellast och utökad lastprofil. Underlagsrapport från Godstrafikgruppen, Projekt Framtidsplan för järnvägen. Rapport 2003-09-16.
- Banverket. (2004). Framtidsplan för järnvägen. Infrastruktursatsningar nationell 2004-2015. Borlänge 2004.
- Banverket. (2008). Tunga, långa och breda godståg. Utredning inför åtgärdsplaneringen 2010-2021. Rapport 2008-12-16.
- Joborn, M.(2012). Energioptimering och rättidighet med CATO på Malmbanan. Presentationsmaterial vid ELVIS-seminarium 2012-03-20. Stockholm.
- Lukaszewicz, P. (2009). Running resistance and energy consumption of ore trains in Sweden. *Journal of Rail and Rapid Transit*, Vol. 223, Part F.

- Mellin, A. & Ståhle, J. (2010). Omvärlds- och framtidsanalys – längre och tyngre väg- och järnvägsfordon. VTI rapport 676, Linköping.
- Skoglund, M. & Bark, P. (2007). Tunga tåg – Studie för Skogstransportkommittén. TFK uppdragsrapport 1/2007, Stockholm.
- Trafikanalys. (2010). Åtgärder för en effektiv europeisk transportpolitik. Rapport 2010:2. Trafikanalys, maj 2010.
- Trafikverket. (2011). Råler – Krav på nya och begagnade. BVS 1524.1 version 1.0.
- Trafikverket. (2012). ERTMS i Sverige – nuläge och viktiga vägval. Rapport 2012-03-15.
- Transportstyrelsen, 2010. Handbok JTF 11- Broms.
- Vierth, I., Haraldsson, M. & Karlsson, R. (2012). Näringslivets perspektiv på Europeiska kommissionens förslag om TEN-T och Connecting Europe Facility. VTI notat 10-2012.

Muntliga källor

- Branzell, Erik, Infrastrukturstrateg, Falun Borlänge-regionen AB, 2011-12-08.
- Ekmark, Anders, Trafikverket 2012-08-30
- Eriksson, Bertil, Spåringenjör, Trafikverket, 2011-12-15.
- Eriksson, Mikael, Trafikverket, 2011-12-08.
- Larsson, Tage, Spåringenjör, Trafikverket, 2010-01-25.
- Stenbacka, Hans, Trafikverket, 2011-12-13.
- Södergren, Björn, Spåringenjör, Trafikverket, 2012-04-10.
- Tirus, Håkan, Spåringenjör, Trafikverket, 2012-04-10.
- Wall, Sven-Erik, Spåringenjör, Trafikverket, 2012-01-17.

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportssystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovsningsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.



HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE

LINKÖPING

POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING

TEL +46 (0)13 20 40 00

www.vti.se

BORLÄNGE

POST/MAIL BOX 920

SE-781 29 BORLÄNGE

TEL +46 (0)243 446 860

STOCKHOLM

POST/MAIL BOX 55685

SE-102 15 STOCKHOLM

TEL +46 (0)8 555 770 20

GÖTEBORG

POST/MAIL BOX 8072

SE-402 78 GÖTEBORG

TEL +46 (0)31 750 26 00